

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

В. И. Коцуба, В. А. Левчук

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Пособие

*для студентов, обучающихся по специальности
углубленного высшего образования
7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства
сельскохозяйственной продукции*

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 62.1/-9(075.8)

ББК 34.44-07я73

К75

*Рекомендовано методической комиссией факультета
механизации сельского хозяйства 23.12.2024 (протокол № 4)
и Научно-методическим советом
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии
26.12.2024 (протокол № 5)*

Авторы:

кандидат технических наук, доцент *В. И. Коцуба*;
кандидат технических наук, доцент *В. А. Левчук*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *И. В. Дубень*;
кандидат технических наук, доцент *А. Е. Маркевич*

Коцуба, В. И.

К75 Методы оценки технического уровня машин и оборудования : пособие / В. И. Коцуба, В. А. Левчук. – Горки : Беларус. гос. с.-х. акад., 2026. – 98 с.
ISBN 978-985-882-787-8.

Приведены общие принципы и методы процедуры оценки качества технических изделий и оценки технического уровня продукции на различных стадиях ее жизненного цикла, система оценки качества продукции, особенности статистического регулирования технологического процесса.

Для студентов, обучающихся по специальности углубленного высшего образования 7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции. Также может быть рекомендовано аспирантам и научным работникам.

УДК 62.1/-9(075.8)

ББК 34.44-07я73

ISBN 978-985-882-787-8

© Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Большое значение в создании эффективных технологических процессов имеет умение принимать обоснованное решение по оценке технического уровня машин и оборудования для их выполнения. В научных исследованиях и в практике возникла необходимость выработки объективных показателей для оценки способностей фирм производить продукцию с необходимыми качественными характеристиками.

Задачи, которые решаются при разработке, проектировании и производстве техники и оборудования, требуют от специалистов знаний по устройству сельскохозяйственных машин и оборудования для переработки сельскохозяйственной продукции, порядку их настройки на заданные условия работы, умения контролировать качество изготовления деталей, узлов и машин в целом, обосновывать параметры рабочих органов и режимы технологических процессов, а также владения методическими и инженерными основами испытаний, современными методами функциональной, энергетической, эксплуатационно-технологической, экономической, инженерной оценок при испытаниях опытных образцов техники и оборудования и их сертификации.

Учебная дисциплина «Методы оценки технического уровня машин и оборудования» является одной из дисциплин специальной подготовки, формирующих у магистрантов компетентность в решении организационно-технических задач по созданию новой техники и нового оборудования, их испытаниям, функциональной, энергетической, эксплуатационно-технологической, экономической и инженерной оценок при испытаниях.

Цель учебной дисциплины «Методы оценки технического уровня машин и оборудования» – формирование у будущих магистров системы знаний, умений и профессиональных компетенций по организационно-техническим положениям создания новой техники и оборудования, методическим и инженерным основам испытаний, современным методам функциональной, энергетической, эксплуатационно-технологической, экономической, инженерной оценок при испытаниях.

1. СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

1.1. Проблема повышения качества и конкурентоспособности

Экономическое развитие государства обусловлено в основном его научно-техническим развитием. При этом очевидно, что проблема повышения качества и конкурентоспособности разнообразных товаров и услуг не просто актуальна, а является одной из важнейших.

Необходимость обеспечения качества отечественной продукции определяется следующими важнейшими обстоятельствами:

- качество продукции становится одним из решающих факторов повышения эффективности производства и интенсивного развития экономики в целом;

- выпуск некачественной продукции наносит большой экономический ущерб как отдельным предприятиям, так и всей национальной экономике;

- изменяются психология потребителя и его требования к качеству продукции;

- качество является одним из важнейших факторов конкурентоспособности продукции в условиях усиления конкурентной борьбы за рынки сбыта;

- осуществляется существенная перестройка государственной системы стандартизации;

- широко распространяется внедрение международных стандартов ISO серии 9000 по системам обеспечения качества как необходимое условие проведения сертификации отечественной продукции и повышение ее конкурентоспособности на мировом рынке.

Существует ряд определений термина «качество продукции».

Качество продукции – это совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности.

Качество продукции – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Из приведенных формулировок следует, что качество можно оценить через количественное измерение реальных свойств продукции и количественную оценку тех потребностей, которым эти свойства должны удовлетворять.

Проблема адекватной количественной оценки качества продукции осложнена установлением единой численной характеристики и всех свойств предполагаемых потребностей. Кроме того, показатели свойств оцениваемой продукции должны быть сведены к обобщенному показателю качества данной продукции.

Одной из категорий квалиметрии является понятие о потребностях людей в определенном качестве продукции и о количественной оценке этих потребностей.

Потребность – это осознанная необходимость, которая носит в основном объективный характер и зависит от уровня материальной и духовной жизни людей.

Способность продукции удовлетворять конкретные потребности характеризуется ее **полезностью**.

Полезность, в свою очередь, оценивается потребительской стоимостью, обусловленной уровнем потребительских свойств. А совокупность основных потребительских свойств составляет качество продукции.

Следовательно, потребность взаимосвязана с качеством через:

- назначение;
- полезность;
- потребительские свойства и потребительскую стоимость продукции.

1.2. Система оценки качества в инженерных задачах

Система оценки качества продукции должна наиболее полно соответствовать особенностям отношений между производителями и потребителями. Для этого предполагается решение следующих задач:

1) объективная оценка качества продукции на различных этапах взаимодействия разработчиков, изготовителей и потребителей с учетом взаимосвязи качества, количества и цены потребления;

2) достаточно полное выявление свойств и показателей, характеризующих качество продукции, а также объективное отражение их в нормативно-технических документах на продукцию;

3) оперативное получение всех необходимых объективных данных о качестве продукции, ее техническом уровне и конкурентоспособности на любом этапе жизненного цикла продукции.

При этом управление качеством имеет тесно связанные направления:

- стандартизация;
- сертификация;
- квалиметрия.

Взаимосвязь этих направлений представлена на рис. 1.1.

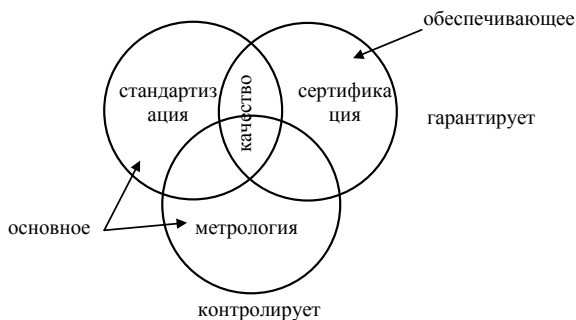


Рис. 1.1. Система оценки качества в задачах управления

Для управления качеством продукции и его повышением необходимо оценить **уровень качества**.

Область деятельности, связанная с количественной оценкой качества продукции, называется **квалиметрией** (от лат. *quails* – какого качества и греч. *metrio* – измеряю).

В связи с большой сферой применения квалиметрии ее считают дисциплиной, изучающей проблему оценки качества любых объектов – предметов и процессов.

В повышении качества продукции определяющая роль принадлежит стандартизации.

Стандартизация – деятельность по установлению в нормативных документах определенных требований (норм, правил и характеристик). Устанавливаемые требования должны быть направлены на обеспечение:

- безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- взаимозаменяемости продукции;
- качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологии;
- единства измерений;
- экономии всех видов ресурсов.

Стандарт регламентирует показатели качества выпускаемой и обрабатываемой продукции, устанавливает комплекс норм, правил, требований к конструкторской и технологической документации, технологическому оснащению и оборудованию, способствует повышению уровня унификации, взаимозаменяемости, развитию автоматизации производственных процессов, росту эффективности эксплуатации и ремонта изделий.

Огромная роль в безусловном обеспечении заданного уровня качества продукции в машиностроении принадлежит метрологии.

Метрология (от греч. metron – мера, logos – учение) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Совершенствование средств и техники измерения во многом определяет уровень и эффективность промышленного производства, качества технических устройств.

Важным направлением работ по повышению технического уровня и качества продукции, обеспечению ее конкурентоспособности на внешнем рынке является сертификация.

Сертификация – система действий, подтверждающих соответствие фактических характеристик продукции требованиям стандартов или иных документов, которые приняты в той или иной стране, в международных организациях. При этом результаты стандартизации по отношению к сертификации первичны.

Таким образом, стандартизация, метрология и сертификация являются инструментами обеспечения качества продукции. Поэтому овладение методами обеспечения качества и оценкой технического уровня продукции, базирующимися на триаде – стандартизация, метрология и сертификация, является одним из главных условий выхода продукции на рынок с конкурентоспособной продукцией.

1.3. Основные положения квалиметрии

Для оценки технического уровня и качества продукции (машин и других изделий) нужна четкая система показателей и методов их определения.

Как уже отмечалось выше, научная и практическая область, в рамках которой занимаются разработкой теоретических основ и методов количественной оценки качества продукции, называется квалиметрией.

Квалиметрия подразделяется на теоретическую и прикладную.

Теоретическая квалиметрия, абстрагируясь от конкретных объектов, обосновывает и разрабатывает принципы и общие методы количественной оценки качества.

Основная задача прикладной квалиметрии – разработка методов количественной оценки качества, учитывающих специфику конкретных видов продукции.

Основные задачи квалиметрии:

- обоснование номенклатуры показателей качества;
- разработка методов определения показателей объектов и их оптимизации;
- оптимизация типоразмеров и параметрических рядов изделий;
- разработка принципов построения обобщенных показателей качества и обоснование условий их использования в задачах стандартизации и управления качеством.

У квалиметрии, как и у всякой научной дисциплины, есть свои **методологические принципы**, содержание которых заключается в нижеследующем:

1) задача квалиметрии – разрабатывать такие методы, приемы и средства оценивания качества продукции, которые учитывают общественные интересы, т. е. интересы потребителей и производителей;

2) приоритет в выборе определяющих показателей для оценки качества продукции всегда на стороне потребителя;

3) квалиметрическая оценка качества продукции не может быть получена без наличия эталона для сравнения – без базовых значений показателей определяющих свойств и качества в целом;

4) показатель любого уровня обобщения, кроме самого нижнего (исходного) уровня, предопределяется соответствующими показателями предшествующего иерархического уровня (критерий оценки);

5) при использовании метода комплексной оценки качества продукции все разноразмерные показатели свойств должны быть преобразованы и приведены к одной размерности или выражены в безразмерных единицах измерения;

6) при определении комплексного показателя качества каждый показатель отдельного свойства должен быть скорректирован коэффициентом его весомости (значимости);

7) сумма численных значений коэффициентов весомостей всех показателей качества на любых иерархических ступенях оценки имеет одинаковое значение (в долях от единицы или по определенной балльной шкале);

8) качество целого объекта (в частности, продукции или процесса) обусловлено качеством его составных частей.

Основные положения квалиметрии заключаются в следующем:

1) продукт труда характеризуется отдельными свойствами – объективными особенностями продукции, которые могут проявляться при ее создании или эксплуатации. Эти свойства могут быть сложными и простыми;

2) качество продукции – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением;

3) пригодность к использованию продукта оценивается с точки зрения интересов общества (потребителя);

4) качество представляется в виде иерархической структуры (дерева свойств), на самом высоком уровне которой находится качество, а на самом низком – простые свойства;

5) отдельные свойства могут быть измерены в определенных единицах измерения. В результате такого измерения определяются абсолютные значения показателей качества;

6) измерение – это установление абсолютных значений показателей качества, которое может производиться:

– на основе физических экспериментов – методами метрологии (измерение геометрических размеров, массы, твердости, электропроводности и т. д.);

– на основе психологических экспериментов – методами экспериментальной психологии (экспертное измерение эстетических и эргономических свойств – вкуса, запаха, цвета);

– на основе построения аналитических моделей функционирования объекта – методами определения эффективности, разработанными в теоретических и экономических науках;

7) кроме абсолютного значения показателя каждое свойство может характеризоваться и относительным значением, выявляющим степень его пригодности для использования по назначению с аналогичным показателем другого продукта. Этот относительный показатель определяется сопоставлением значения показателя с базовым значением, отражающим изменяющийся во времени уровень общественной потребности;

8) наряду с абсолютным и относительными значениями показателя, каждое свойство характеризуется также своей весомостью (значимостью, важностью) среди всех остальных свойств. Показатель качества характеризуется коэффициентом весомости, который является количе-

ственной характеристикой значимости данного показателя качества продукции среди других показателей ее качества;

9) количественной характеристикой качества является уровень качества продукции, основанный на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей.

1.4. Основные термины и определения квалиметрии

Квалиметрия как наука включает ряд понятий и определений.

Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Свойство продукции – объективная особенность продукции, которая может проявляться при ее создании, эксплуатации или потреблении.

Качеством машины называют совокупность свойств, обуславливающих пригодность машины выполнять указанные функции в заданном диапазоне изменения условий эксплуатации. Качество машины принято характеризовать системой показателей, устанавливаемых действующими стандартами.

Уровень качества – это относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей.

Технический уровень продукции – относительная характеристика качества продукции, основанная на сопоставлении значений показателей, характеризующих техническое совершенство оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей. Следовательно, понятие «технический уровень» продукции – это то же, что и «уровень качества», однако применяется оно к техническим изделиям.

При определении численного значения технического уровня учитывают совокупность технических, технологических, эксплуатационных, экономических, экологических и других показателей качества, выражающих степень совершенства продукции и ее соответствие требованиям потребителей (потребностям).

Технический уровень (мощность, КПД, производительность, точность работы, степень автоматизации, экономичность и др.) определяет степень совершенства машины.

Техническое совершенство продукции – совокупность наиболее существенных свойств продукции, определяющих ее качество и характеризующих научно-технические достижения в развитии данного вида продукции.

Оценка уровня качества продукции – совокупность операций, включающая выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми.

Оценка технического уровня продукции – совокупность операций, включающая выбор номенклатуры показателей, характеризующих техническое совершенство оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми.

Осмысление приведенных исходных терминов и их определений позволяет убедиться в том, что оценка технического уровня машин – это подробная количественная оценка их качества. Методы оценки качества продукции и определения численных значений параметров качества основаны на законах квалиметрии.

Базовые образцы – образцы продукции, представляющие передовые научно-технические достижения в развитии данного вида продукции.

Вид продукции – совокупность образцов продукции одного назначения и области применения.

Показатель качества продукции – количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

Единичный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий одно из свойств продукции.

Комплексный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий несколько ее свойств.

Коэффициент весомости показателя качества продукции – количественная характеристика значимости данного показателя качества продукции среди других показателей ее качества.

Обобщенный показатель качества – комплексный среднеарифметический или среднегеометрический показатель, характеризующий несколько близких по значимости (весомости) свойств (параметров).

Средний взвешенный арифметический показатель качества – суммарный комплексный показатель, учитывающий весомость каждого из единичных (абсолютных или удельных) показателей свойств.

Средний взвешенный геометрический показатель – комплексный показатель нескольких существенных свойств продукции, учитывающий взаимовлияние параметров весомости всех входящих в него единичных (абсолютных или удельных) показателей.

Определяющий показатель качества продукции – показатель, по которому принимают решение об оценке качества продукции.

Интегральный показатель качества продукции – отношение суммарного показателя эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

Базовое значение показателя качества продукции – значение показателя качества продукции, принятое за основу при сравнительной оценке ее качества.

Относительное значение показателя качества – отношение значения показателя качества оцениваемой продукции к базовому значению этого показателя.

Индекс качества продукции – комплексный показатель качества разнородной продукции, выпущенной за рассматриваемый интервал времени, равный среднему взвешенному относительных значений показателей качества этой продукции.

Регламентированное значение показателя качества продукции – значение, установленное нормативной документацией.

Номинальное значение показателя качества – регламентированное значение показателя качества, от которого отсчитывается допускаемое отклонение.

Предельное значение показателя качества – наибольшее или наименьшее регламентированное значение показателя качества продукции.

Допускаемое отклонение показателя качества продукции – отклонение фактического значения показателя качества продукции от номинального значения, находящееся в пределах, установленных нормативной документацией.

Оптимальное значение показателя качества – значение показателя качества продукции, при котором достигается либо наибольший эффект от эксплуатации или потребления продукции при заданных затратах на ее создание и эксплуатацию или потребление, либо заданный эффект при наименьших затратах, либо наибольшее отношение эффекта к затратам.

Сертификация продукции – это разновидность оценки качества продукции, состоящая в определении соответствия данной продукции установленным требованиям конкретного стандарта или другого нормативного документа. При сертификации не определяют количественно уровень качества продукции или, в частности, технический уровень промышленных изделий, а только подтверждают, что качество данного образца не хуже предусмотренного действующей нормативной документацией.

1.5. Метрология и ее составляющие

Предметом метрологии являются измерения, их единство и точность. Метрология включает в себя методы выполнения практически всех измерительных работ на производстве, а также их правовые и теоретические основы.

Правовые основы (законодательная метрология) обеспечивают единообразие средств и единство измерений посредством установленных государством правил. Государственное регулирование выполняется посредством правовых актов через федеральные органы исполнительной власти (министерства и ведомства), Государственную метрологическую службу и метрологические службы предприятий и организаций.

Теоретическая (фундаментальная) метрология разрабатывает фундаментальные основы данной науки.

Прикладная (практическая) метрология освещает вопросы практического применения разработок теоретической и положений законодательной метрологий.

Единство измерений – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах величин и погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

Для обеспечения единства измерений выполняются следующие условия:

- применяются только узаконенные правилами единицы измерений;
- устанавливаются допустимые погрешности измерений и пределы, за которые они не должны выходить при заданной вероятности.

Все объекты окружающего мира характеризуются своими свойствами. Свойство – категория качественная. Для количественного опи-

сания различных свойств процессов и физических тел вводится понятие величины.

Величина – это свойство чего-либо, что может быть выделено среди других свойств, оценено тем или другим способом, в том числе и количественно.

Величины можно разделить на два вида: реальные и идеальные (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Классификация величин

Идеальные величины относятся к математике и являются обобщением (моделью) конкретных реальных понятий.

Реальные величины делятся, в свою очередь, на физические и нефизические.

Физическая величина – одно из свойств физического объекта, которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов, отличаясь при этом количественным значением.

Физические величины целесообразно разделить на измеряемые и оцениваемые.

Измеряемые физические величины могут быть выражены количественно в виде определенного числа установленных единиц измерения.

Физические величины, для которых по тем или иным причинам не может быть введена единица измерения, могут быть оценены при помощи шкал.

Шкала величины – упорядоченная последовательность ее значений, принятая по соглашению на основании результатов точных измерений.

Нефизические величины, для которых единица измерения в принципе не может быть введена, могут быть оценены только качественными признаками.

Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Средство измерений – техническое устройство, предназначенное для измерений.

С помощью измерения сопоставляют измеряемую величину с единицей измерения, т. е. если имеется некоторая физическая величина X , а принятая для нее единица $[x]$, то значение физической величины определяется как

$$X = q[x], \text{ например, масса } m = 5 [1 \text{ кг}] = 5 \text{ кг,}$$

где q – числовое значение физической величины в принятых единицах измерения.

Еще одним важным понятием является *измерительное преобразование*, под которым понимают установление однозначного соответствия между размерами двух величин: преобразуемой (входной) и преобразованной в результате измерения (выходной).

Множество размеров входной величины, которая преобразуется с помощью технического устройства, называют *диапазоном преобразований*.

В зависимости от видов физических величин измерительные преобразования делятся на три группы.

Первая группа представляет собой величины, которые определяют отношения: «слабее – сильнее», «мягче – тверже», «холоднее – теплее» и др. Их называют отношениями порядка или отношениями эквивалентности. Такой величиной является, например, скорость ветра.

Ко второй группе относятся величины, для которых отношения порядка определяются не только между значениями величин, но и их диапазоном, т. е. разностью значений крайних величин. Например, разности диапазона температур от плюс 5 до плюс 10 °С и от плюс 20 до плюс 25 °С равны. В данном случае отношение порядка величин плюс 25 °С теплее, чем плюс 10 °С, а отношение порядка разности крайних значений первых величин соответствует разности крайних значений вторых величин. В обоих случаях отношение порядка однозначно определяется с помощью измерительного преобразователя, например, жидкостного термометра, и температура может быть отнесена к измерительным преобразованиям.

Третья группа характеризуется тем, что с величинами возможно выполнение операций, подобных сложению и вычитанию (свойство

аддитивности). Примером может послужить такая физическая величина, как масса: два предмета каждый массой 0,5 кг, поставленные на одну чашу рычажных весов, на другой чаше уравниваются гирей массой 1 кг.

Результаты измерений выражают в различных формах, называемых шкалами.

В практической деятельности необходимо проводить измерения различных величин, характеризующих свойства объектов. Разнообразные проявления любого свойства образуют множества, отображения элементов которых на упорядоченное множество чисел или условных знаков образуют шкалы измерения этих свойств.

В метрологической практике известно несколько разновидностей шкал: шкала наименований, шкала порядка, шкала интервалов, шкала отношений, абсолютные шкалы, условные шкалы.

Шкалы наименований (шкала квалификации). Качественные шкалы, которые не содержат нуля и единиц измерений, называются шкалами наименований. Здесь отсутствуют отношения типа «больше – меньше». Такие шкалы используют для классификации эмпирических объектов, свойства которых проявляются только в отношении эквивалентности. В шкалах наименований отнесение отражаемого свойства к тому или иному классу эквивалентности осуществляется с помощью органов чувств человека – это наиболее адекватный результат, выбранный большинством экспертов.

Примером может служить шкала цветов (атлас цветов). Измерение заключается в визуальном сравнении окрашенного предмета с образцами цветов (эталонными образцами атласа цветов). Так как каждый цвет имеет множество оттенков, такое сравнение под силу эксперту, который имеет не только опыт, но и обладает соответствующими особыми характеристиками возможностей визуального наблюдения.

Шкалы порядка (шкала рангов). Свойства величин описывают как отношением эквивалентности, так и отношением порядка по возрастанию или убыванию количественного проявления свойства. В этих шкалах может иметься нулевая отметка, но отсутствуют единицы измерения, поскольку невозможно установить, в какое число раз больше или меньше проявляется свойство величины.

Операция расстановки размеров в порядке их возрастания или убывания с целью получения измерительной информации по шкале порядка называется *ранжированием*:

$Q_1 > Q_4 > Q_2 > Q_3 > Q_5$ – шкала возрастающего порядка

или

$Q_3 < Q_2 < Q_1 < Q_5 < Q_4$ – шкала убывающего порядка.

Расположенные в порядке возрастания или убывания размеры измеряемых величин образуют шкалы порядка. С целью облегчения измерений по шкале порядка часто некоторые выбранные размеры фиксируют в качестве опорных (реперных).

Например, знания, интенсивность землетрясений и многое другое оценивают по реперным шкалам порядка. Реперным размерам присваиваются цифровые величины, называемые баллами. Баллы – безразмерные численные величины. Оценки по шкалам порядка широко используются в социальной сфере, экономике, в области интеллектуального труда, в искусстве, гуманитарных и медицинских науках, словом, там, где чисто количественные измерения затруднены или пока невозможны.

Шкала интервалов (шкала разностей). Шкала измерений, на которой фиксируются отличия (разница) сопоставляемых размеров, носит название *шкалы интервалов*.

Описывать свойства величин можно не только с помощью отношений эквивалентности и порядка, но и с применением суммирования и пропорциональности интервалов (разностей) между количественными проявлениями данного свойства.

Шкала интервалов состоит из одинаковых интервалов, имеет единицу измерения и произвольно выбранное начало – нулевую точку. По данным шкалы интервалов можно не только определить то, что один размер больше или меньше другого, но и оценить, насколько один размер отличается от другого. На этой шкале можно осуществлять арифметические действия с интервалами: складывать и вычитать их величины.

Математической моделью сравнения между собой двух размеров одной величины служит выражение $Q_i - Q_j = \Delta Q$, в котором при построении шкалы интервалов с размером Q_j сравниваются все другие размеры Q_i .

Начало отсчета (нулевое значение величины) на шкале интервалов выбирается произвольно. Деление шкалы на равные части, т. е. градация шкалы, тоже не регламентируется. Однако градация позволяет выразить результат измерения в числовой мере.

Градация – это установление масштаба на шкале интервалов. При наличии масштаба измерение по шкале интервалов осуществляется путем подсчета числа градаций, имеющих в интервале ΔQ_i . Следовательно, градация здесь служит единицей измерения.

К таким шкалам относится летоисчисление по различным календарям, температурные шкалы Цельсия, Фаренгейта, Рюмера, шкалы времени и длины.

Шкала отношений. Данная шкала описывает свойства эмпирических объектов, которые удовлетворяют отношениям эквивалентности, порядка и аддитивности, а в ряде случаев и пропорциональности.

Шкала отношений – это измерительная шкала, на которой отсчитывается (определяется) численное значение измеряемой величины N как математическое отношение определенного размера Q_i к другому размеру Q_j , т. е.

$$N = Q_i / Q_j.$$

Размер Q_j , выступает в качестве единицы измерения, так как число N показывает, сколько размеров Q_j укладывается в размере Q_i . При необходимости соблюдения единства (тождественности, одинаковости) измерений в качестве размера Q используют узаконенную единицу измерения $[Q]$. В таком случае

$$N = Q_i / [Q].$$

Шкала отношений является шкалой интервалов с естественным началом отсчета. Шкала отношений не имеет отрицательных значений, со значениями N или Q возможны все математические действия. Поэтому шкала отношений является наиболее совершенной и широко применяемой. Шкала отношений имеет естественное нулевое значение, а единица измерений устанавливается по согласованию. Например, шкала весов, начинаясь с нулевой отметки, может быть градуирована по-разному в зависимости от требуемой точности взвешивания.

Абсолютные шкалы всегда имеют определение единицы измерения физической величины.

Условные шкалы – это шкалы физических величин, исходные значения которых выражены в условных единицах, иногда их называют неметрическими. К ним относятся шкалы твердости минералов и металлов.

Шкала средства измерений – это упорядоченная совокупность отметок и цифр, соответствующая ряду последовательных значений измеряемой величины.

В шкале Цельсия за начало отсчета принята температура таяния льда, а в качестве основного интервала (опорной точки) – температура кипения воды. Одна сотая часть этого интервала – градус Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) – является единицей температуры.

2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

2.1. Укрупненная схема основных этапов процедуры оценки уровня качества продукции. Определение цели оценки качества продукции

Основные этапы процедуры оценки уровня качества продукции можно представить в виде схемы (рис. 2.1).

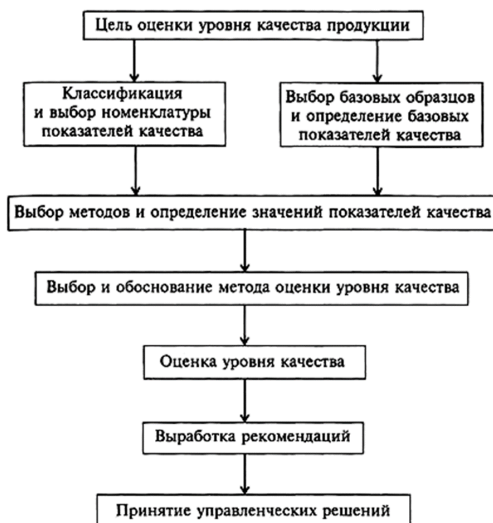


Рис. 2.1. Укрупненная схема основных этапов процедуры оценки уровня качества продукции

Под техническим уровнем (ТУ) продукции понимается относительная характеристика качества продукции, основанная на сопоставлении (соотношении) значений показателей свойств, отражающих техническое совершенство продукции, с соответствующими значениями лучших отечественных и зарубежных (базовых) образцов техники.

Оценка технического уровня продукции состоит в установлении соответствия продукции мировому, региональному (например, европейскому), национальному уровню качества или уровню качества отрасли. Соответствие оцениваемой продукции мировому или другому уровню устанавливается на основе сопоставления значений показателей технического совершенства (качества) продукции и базовых образцов (рис. 2.2).

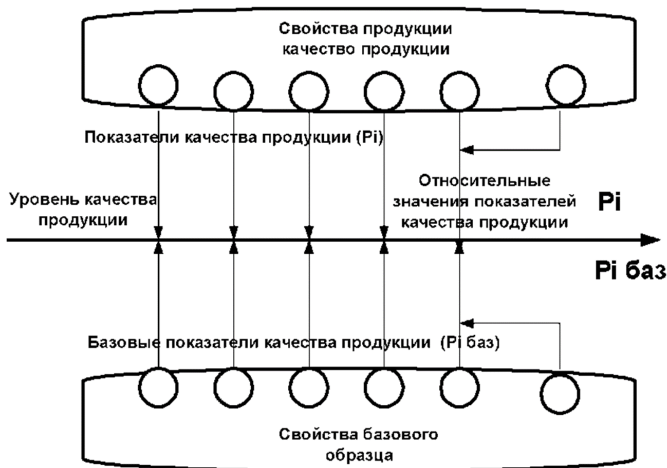


Рис. 2.2. Схема сопоставления свойств оцениваемой продукции и базового образца

В соответствии с Общими методическими рекомендациями по оценке технического уровня промышленной продукции образцы промышленной продукции по результатам оценки их технического уровня относятся к одной из трех градаций:

- продукция превосходит мировой уровень (П);
- продукция соответствует мировому уровню (С);
- продукция уступает мировому уровню (У).

Современная градация технической продукции по уровню качества включает пять уровней (табл. 2.1.).

Таблица 2.1. Градации качества продукции

№ п/п	Градация качества продукции	Качественная характеристика продукции
1	Градация П – превосходный (высший) уровень качества	Превосходит лучшие мировые достижения; соответствует требованиям международных стандартов
2	Градация С – средний уровень качества	Соответствует лучшим мировым достижениям и требованиям международных стандартов
3	Градация У – удовлетворительный уровень качества	Удовлетворяет требованиям потребителей и имеет спрос, но уступает лучшим мировым достижениям; соответствует требованиям стандартов и технических условий; морально устарела, подлежит модернизации
4	Продукция низкого качества	Морально устаревшая, но еще пользуется спросом и поэтому не снятая с производства; изготовлена без отступлений от требований стандартов и технических условий; подлежит снятию с производства
5	Некачественная (бракуемая) продукция	Изготовленная с отступлением от требований стандартов и технических условий

2.2. Классификация продукции и выбор номенклатуры показателей качества

Как уже отмечалось, квалиметрия – научная область, объединяющая методы количественной оценки качества различных объектов.

Объектами квалиметрии являются:

1) производственный процесс (совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления продукции), технологический процесс, технологическая система или ее элементы;

2) продукция: изделие, материал, продукт.

Изделие – единица промышленной продукции, количество которой может измеряться в штуках, экземплярах и других счетных единицах (станки, машины).

Материал – исходный предмет труда, потребляемый для изготовления изделия (сырье, материал).

Продукт – материальный результат труда, предназначенный для потребления, либо обеспечения потребления;

3) услуга, работа;

4) интеллектуальный продукт: технологический метод, программный продукт, научный продукт (концепция, методика), прочие нематериальные продукты (схема, карта и т. п.).

Классификация промышленной продукции. Вся промышленная продукция с целью оценки ее уровня качества (технического уровня) делится на два класса.

Первый класс – потребляемая продукция (продукция, расходуемая при использовании). Подразделяется на три группы:

1-я – сырье и природные топлива, (нефть, газ, уголь, драгоценные металлы, полезные ископаемые и т. п.);

2-я – материалы и продукты (прокат, лесоматериалы, искусственное топливо, масла и смазки, химические продукты, пищевые продукты, моющие средства и др.);

3-я – расходные изделия (жидкое топливо в бочках, баллоны с газами, кабели в катушках, консервы в банках, кондитерские изделия и т. п.).

Второй класс – эксплуатируемая продукция (продукция, расходующая свой ресурс – продукция используется до технического или морального износа). Составляет две группы:

1-я – неремонтируемые изделия (электровакуумные и полупроводниковые приборы, резисторы, конденсаторы, подшипники, шестерни, болты, гайки и т. п.);

2-я – ремонтируемые изделия (технологическое оборудование, автоматические линии, измерительные приборы, транспортные средства и т. п.).

Для выбора методов оценки ТУ и качества промышленную продукцию разделяют на два вида:

- однородная – изделия одного вида, одного класса и назначения;

- разнородная – совокупность изделий, предназначенных для достижения определенной производственной цели. Это могут быть разнобразные технологические машины, составляющие технологический

комплекс или систему машин производственного процесса. Кроме того, если предприятие или фирма выпускает несколько типов изделий, то оно создает разнородную продукцию.

Показатель, параметр и признак качества продукции. Каждый вид продукции обладает рядом специфических свойств (объективная особенность продукции), позволяющих отличать его от любого другого.

Для оценки технического уровня и качества продукции (совокупность свойств) применяются следующие понятия:

- признак продукции $Пр_{п}$;
- показатель качества продукции $П_{кп}$;
- параметр продукции $П_{п}$.

Признак продукции ($Пр_{п}$) – это качественная или количественная характеристика любых свойств или состояний продукции.

К качественным признакам можно отнести цвет материала, форму изделия, наличие на поверхности детали декоративного покрытия, способ крепления деталей (сварка, клепка), способ настройки или регулировки устройств. Качественные признаки могут носить альтернативный характер, т. е. имеют только два взаимоисключающих варианта, и многовариантный.

Количественный признак дает числовую характеристику отдельных свойств (угол заточки резца, грузоподъемность автомобиля и т. д.).

Под параметром продукции ($П_{п}$) понимается количественная характеристика любых свойств или состояний продукции. Это более общее понятие, чем показатель качества продукции.

Показатель качества продукции $П_{кп}$ численно характеризует степень проявления определенного свойства, входящего в состав качества. Показатель качества продукции является основой для оценки качества продукции. Для обобщенной оценки технического уровня и качества продукции число показателей должно быть ограниченным.

Взаимосвязь признаков, параметров и показателей качества продукции. Качественные характеристики тесно связаны с количественными (рис. 2.3).

Для оценки технического уровня и качества продукции (машин и других изделий) нужна четкая система показателей и методов их определения.

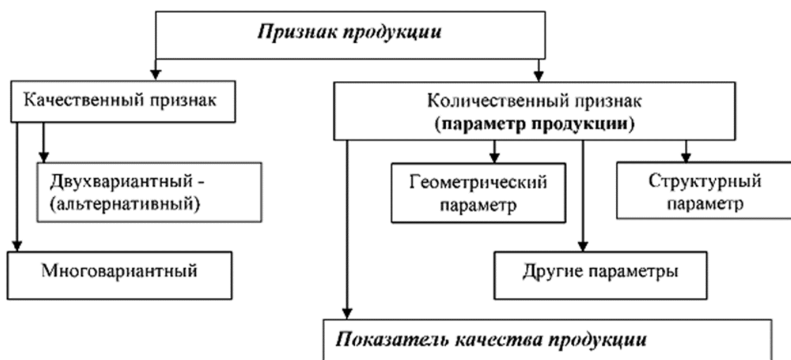


Рис. 2.3. Классификация показателей качества продукции

В зависимости от характера решаемых задач по оценке качества продукции показатели можно классифицировать по различным признакам:

1) по количеству характеризующих свойств:

- единичные;
- комплексные;
- обобщенные;
- интегральные;

2) по характеризующим свойствам:

- назначения;
- надежности;
- экономичности;
- эргономические;
- эстетические;
- технологичности;
- стандартизации и унификации;
- патентно-правовые;
- экологические;
- безопасности;
- транспортабельности;

3) по способу выражения:

- в натуральных единицах (кг, мм и др.);
- в безразмерных единицах (баллы и др.);
- в стоимостных единицах (руб. и др.);

4) по этапам определения значений показателей:

- прогнозные;
 - проектные;
 - производственные;
 - эксплуатационные;
- 5) по однородности характеризуемых свойств:
- функциональные;
 - ресурсосберегающие;
 - природоохранные;
- 6) по форме представления характеризуемых свойств:
- абсолютные;
 - относительные;
 - удельные;
 - регламентированные;
 - оптимальные;
 - базовые;
 - номинальные;
 - предельные.

Первый признак классификации служит для применения показателей качества продукции в различных методах оценки технического уровня и качества продукции.

Единичные показатели, характеризующие одно из свойств продукции, могут относиться как к единице продукции, так и к совокупности единиц однородной продукции, например, наработка изделия на отказ (часы), удельный расход топлива ($\text{г/кВт} \cdot \text{ч}$), мощность (кВт), максимальная скорость движения (км/ч).

Комплексные показатели характеризуют совместно несколько простых свойств или одно сложное, состоящее из нескольких простых, например, коэффициент готовности изделия (K_r), который характеризует два свойства – безотказность и ремонтпригодность.

Деление показателей на единичные и комплексные является условным из-за условности деления свойств продукции на простые и сложные и в разных условиях оценки.

Разновидностью комплексного показателя качества, позволяющего с экономической точки зрения определить оптимальную совокупность свойств изделий, является *интегральный показатель качества продукции*, который отражает отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

Наряду с интегральным показателем качества продукции может использоваться величина, обратная ему, называемая *удельными затратами на единицу эффекта*.

Показатель качества продукции, по которому принимают решение оценивать качество продукции, называется определяющим показателем. Комплексный определяющий показатель качества продукции называют *обобщенным*.

Комплексный показатель, относящийся к определенной группе свойств продукции, называется *групповым*.

Значение показателя качества продукции, принятое за основу при сравнительной оценке ее качества, называется базовым значением показателя качества продукции. В качестве базовых значений могут приниматься значения показателей качества лучших отечественных и зарубежных образцов, по которым имеются достоверные данные об их качестве.

Относительное значение показателя качества продукции определяется отношением значения показателя качества оцениваемой продукции к базовому значению этого показателя и выражается в безразмерных величинах или процентах.

Регламентированное нормативной документацией значение показателя качества продукции, от которого отсчитывается отклонение, называется номинальным значением.

Отклонение фактического значения показателя качества продукции от номинального значения, находящееся в пределах, установленных нормативной документацией, является допусκαемым отклонением показателя качества продукции. Выход фактического значения показателя за установленные пределы означает, что продукция имеет дефект.

Допускаемое отклонение может характеризоваться, например, глубиной и площадью вмятин, царапин на поверхности изделия, а также их числом, если их значения не превосходят предельных – наибольших или наименьших регламентированных значений. При этом номинальные значения, от которых в данном случае отсчитываются допускаемые отклонения, приравниваются к нулю.

Обобщенный показатель качества (Q) – это комплексный среднеарифметический или среднегеометрический показатель, характеризующий несколько близких по значимости (весомости) свойств (параметров).

Средний взвешенный арифметический показатель качества (U) – суммарный комплексный показатель, учитывающий весомость

каждого из единичных (абсолютных или удельных) показателей свойств.

Средний взвешенный геометрический показатель (V) – комплексный показатель нескольких существенных свойств продукции, учитывающий взаимовлияние параметров весомости всех входящих в него единичных (абсолютных или удельных) показателей.

Коэффициент весомости показателя качества продукции – количественная характеристика значимости данного показателя качества продукции среди других показателей ее качества.

Второй признак классификации показателей качества продукции характеризует свойства продукции, входящие в состав ее качества, и служит для выбора и обоснования показателей качества продукции.

Показатели назначения – показатели, характеризующие свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обуславливающие (предопределяющие) область ее применения.

Показатели назначения подразделяются на: классификационные показатели, показатели функциональной и технической эффективности, конструктивные показатели, показатели состава и структуры.

Показатели надежности. Надежность – это свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения эксплуатационных показателей.

Надежность изделия тесно связана с его работоспособным состоянием – состоянием объекта, при котором его параметры находятся в установленных допусках.

Надежность изделия включает следующие количественные характеристики: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Показатели экономичности (экономного использования ресурсов) – это показатели, характеризующие расход материальных ресурсов при изготовлении и эксплуатации изделия: масса изделия, расход топлива на единицу полезного действия, число операторов, обслуживающих агрегат.

Показатели технологичности – это показатели, характеризующие свойства продукции, обуславливающие оптимальное распределение затрат, материалов, труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации изделия.

Эргономические показатели – показатели, характеризующие качество изделия с точки зрения приспособленности его к эксплуатации

человеком. Они делятся на следующие группы: гигиенические, антропометрические, физиологические, психологические.

Эстетические показатели – показатели, характеризующие эстетические свойства изделия (информационно-художественную выразительность, рациональность формы, целостность композиции).

Показатели стандартизации и унификации – показатели, характеризующие насыщенность изделия стандартными, унифицированными и оригинальными составными частями (детали, узлы, агрегаты, комплекты и комплексы).

Патентно-правовые показатели – показатели, характеризующие патентную защиту и чистоту продукции (технических решений, использованных в изделии), ее конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках.

Экологические показатели – показатели, определяющие уровень вредных воздействий на окружающую среду в процессе эксплуатации изделия. Эти воздействия проявляются в виде вредных выбросов в атмосферу, загрязнения воды и земли.

Показатели безопасности – показатели, характеризующие безопасность обслуживающего персонала и сопрягаемых объектов при обращении и эксплуатации изделия (прочность кабины автомобиля, устойчивость трактора и др.).

Показатели транспортабельности – показатели, характеризующие приспособленность продукции к транспортированию, т. е. перемещению в пространстве, а также к подготовительным и другим операциям, связанным с транспортированием. Показатели этой группы выбирают применительно к конкретному виду транспорта (железнодорожному, воздушному, водному, автомобильному и т. д.).

Нормы и требования к показателям качества продукции устанавливаются стандартами, техническими условиями и техническими требованиями. В стандартах нормируются значения показателей качества.

Регламентированное стандартом значение показателей качества продукции, от которого отсчитывается допустимое отклонение, называется **номинальным** значением.

Допускаемое отклонение – отклонение фактического значения качества продукции от номинального. Допускаемое отклонение может характеризоваться, например, глубиной и площадью вмятин, царапин на поверхности изделия, а также их числом.

Отклонения от приведенных в стандарте норм формулируются в виде «не должно быть более» или «должно быть не более».

Полнота номенклатуры нормируемых и контролируемых показателей качества продукции обеспечивается стандартами на номенклатуру показателей качества соответствующих видов продукции.

Показатели качества продукции должны отвечать следующим основным требованиям:

- способствовать обеспечению соответствия качества продукции потребностям народного хозяйства и населения;

- быть стабильными;

- способствовать планомерному повышению эффективности производства, т. е. должны быть оптимальны (т. е. при заданных затратах изготовителя обеспечивается достижение максимально полезного эффекта для потребителя);

- учитывать современные достижения науки и техники и основные направления технического прогресса в отраслях народного хозяйства;

- характеризовать все свойства продукции, обуславливающие ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением;

- отвечать требованию сбалансированности показателей качества сырья, материалов, комплектующих изделий и конечной продукции, поскольку существует взаимозависимость между нормами на различные показатели качества одного вида продукции и между показателями качества различных видов продукции.

Выбор (или назначение) и обоснование номенклатуры (перечня) показателей качества для адекватной оценки интересующей нас продукции осуществляется с учетом целей оценки согласно методическим рекомендациям применяемости основных показателей по классам и группам.

Номенклатура показателей качества продукции бывает: типовой, развернутой и конкретной.

Типовая номенклатура – это полный перечень всех групп и конкретных показателей качества, относящихся к любым изделиям производственного назначения. Такая номенклатура показателей составляется безотносительно к отдельным видам технических изделий. Она является наиболее общей и универсальной для большого класса изделий (машин). Типовая номенклатура служит основой для последующей разработки и выбора адресной и развернутой номенклатуры показателей качества отдельных групп, видов или типов изделий.

Развернутая номенклатура показателей качества составляется и используется при оценке качества определенной группы изделий, имеющих одно название, одинаковую функцию и сходные параметры.

Эта номенклатура включает всю совокупность комплексных и единичных показателей, характеризующих качество данного множества изделий (токарные станки, легковые автомобили, холодильники, телевизоры), и разрабатывается передовыми организациями соответствующих отраслей производств (видов продукции).

Конкретная номенклатура показателей качества (конкретного вида или типа изделий) – уточненная номенклатура показателей для характеристики оцениваемого изделия или ряда изделий. Это наиболее детальная и полная номенклатура показателей, позволяющая адекватно оценить реальное качество изделия с учетом всех характерных признаков.

В практике чаще всего используют развернутую номенклатуру показателей качества, на базе которой составляют конкретную номенклатуру показателей качества (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Типовая номенклатура показателей качества машин

Показатели	Характеризуемые свойства
1	2
1. Показатели назначения (техничко-эксплуатационные показатели)	
1.1. Производительность (т/ч, шт/мин, м ³ /ч)	Количество произведенной продукции в единицу времени
1.2. Рабочая вместимость (м ³ , л)	Технологические или конструктивные возможности оборудования
1.3. Установленная мощность (кВт)	Технологические возможности оборудования
1.4. Максимальная грузоподъемность (т, кг)	Технологические возможности оборудования
1.5. Подача (м ³ /ч, л/с)	Рабочий режим или производительность
1.6. Напор, давление (МПа, кг/мм ²)	Рабочий режим или производительность
1.7. Скорость (м/с, км/ч)	Рабочий режим или производительность
1.8. Масса изделия (кг)	Конструктивная характеристика оборудования (изделия)
1.9. Габаритные размеры (мм)	Конструктивная характеристика оборудования (изделия)
1.10. Занимаемая площадь (м ²)	Конструктивная характеристика оборудования (изделия)
1.11. Площадь поверхности теплообмена (м ²)	Производительность или конструктивные возможности
1.12. Выход годного продукта (%), т/ч, шт/мин)	Качество выполнения операций или содержание брака
1.13. Эффективность обработки сырья (%)	Качество выполнения операций или содержание брака
1.14. Коэффициент автоматизации	Уровень автоматизации
1.15. Показатели состава и структуры	Качество выполнения технологии изготовления

Продолжение табл. 2.2

1	2
2. Показатели надежности	
2.1. Вероятность безотказной работы	Безотказность в работе
2.2. Установленная безотказная наработка (ч)	Безотказность в работе
2.3. Средняя наработка на отказ (ч)	Безотказность в работе
2.4. Срок службы до капитального ремонта (установленный ресурс) (ч, мес., год)	Долговечность
2.5. Среднее время восстановления работоспособного состояния (ч)	Ремонтопригодность
2.6. Удельная суммарная продолжительность (трудоемкость) технического обслуживания (ремонтов) (нормо-ч)	Ремонтопригодность
2.7. Средний срок сохраняемости (ч, мес., год)	Сохраняемость
2.8. Коэффициент готовности	Безотказность и ремонтпригодность
2.9. Коэффициент технического использования	Безотказность и ремонтпригодность
2.10. Износостойкость рабочего инструмента машины (ч, г)	Долговечность
3. Показатели экономного расходования сырья, материалов, топлива, энергии и других ресурсов	
3.1. Коэффициент полезного действия	Эффективность расходования энергоресурсов
3.2. Удельный расход в эксплуатации пара, воды, сжатого воздуха, теплоты и т. п. ($\text{м}^3/\text{ед. гл. параметра}$)	Экономичность расходования ресурсов
3.3. Удельное материалопотребление ($\text{кг}/\text{ед.}$)	Расход материалов при эксплуатации и ремонте изделия
3.4. Удельная занимаемая площадь ($\text{м}^2/\text{ед.}$)	Расход материалов при эксплуатации и ремонте изделия
3.5. Производительность на единицу занимаемой площади ($(\text{кг}/\text{ч})/\text{м}^2$, $(\text{шт}/\text{ч})/\text{м}^2$)	Расход материалов при эксплуатации и ремонте изделия
4. Показатели технологичности эксплуатации	
4.1. Трудоемкость выполнения работ (нормо-ч/год)	Экономичность трудозатрат при работе с изделием
4.2. Удельная трудоемкость (нормо-ч/шт., нормо-ч/км)	Экономичность трудозатрат при работе с изделием
4.3. Тяжесть (напряженность) труда при эксплуатации (балл)	Производительность труда
4.4. Коэффициент блочности	Трудоемкость монтажа
5. Показатели транспортабельности	
5.1. Средняя трудоемкость подготовки изделия к транспортированию (нормо-ч)	Трудоемкость
5.2. Допустимые параметры тряски при транспортировании (мм, Гц)	Сохраняемость

Продолжение табл. 2.2

1	2
6. Эргономические показатели	
6.1. Соответствие изделия эргономическим требованиям к рабочей позе, зоне досягаемости, хватке руки (балл)	Эффективность взаимодействия человека с изделием в процессе его эксплуатации
6.2. Соответствие изделия эргономическим требованиям к объему и скорости рабочих движений человека, его силе, условиям приема, переработки и выдачи информации (балл)	Эффективность взаимодействия человека с изделием в процессе его эксплуатации
6.3. Соответствие изделия эргономическим требованиям к средствам информационного взаимодействия человека и изделия, а также к формированию навыков работы (балл)	Эффективность взаимодействия человека с изделием в процессе его эксплуатации
6.4. Влияние среды использования и влияние изделия через эту среду на эффективность деятельности человека (балл)	Эффективность взаимодействия человека с изделием в процессе его эксплуатации
7. Экологические показатели	
7.1. Содержание вредных примесей, выбрасываемых в окружающую среду (% , г)	Сохранение среды обитания и здоровья людей
7.2. Вероятность выбросов вредных частиц, газов или излучений при хранении, транспортировании, эксплуатации изделия	Сохранение среды обитания и здоровья людей
8. Показатели безопасности	
8.1. Вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени	Безопасность обслуживания изделия
8.2. Время срабатывания защитных устройств (с)	Безопасность обслуживания изделия
8.3. Сопротивление изоляции токоведущих частей (Ом)	Безопасность обслуживания изделия
8.4. Электрическая прочность высоковольтных цепей	Безопасность обслуживания изделия
8.5. Уровни звуковой мощности в октавных полосах частот или звукового давления в октавных полосах частот (дБ)	Безопасность обслуживания изделия
8.6. Корректированный уровень звукомощности или эквивалентный уровень звука (дБ)	Безопасность обслуживания изделия
8.7. Логарифмические уровни вибростойкости в октавных полосах частот (дБ)	Безопасность обслуживания изделия
8.8. Коэффициент безопасности	Безопасность обслуживания изделия
9. Эстетические показатели	
9.1. Информационная выразительность (балл)	Легкость в обучении и управлении работой
9.2. Рациональность формы (балл)	Совершенство конструкции
9.3. Целостность композиции (балл)	Совершенство конструкции

1	2
9.4. Стабильность товарного вида (балл)	Сохраняемость привлекательности
9.5. Комфортность рабочего места (балл)	Повышение работоспособности человека
10. Показатели стандартизации и унификации	
10.1. Коэффициент применяемости (%)	Насыщенность унифицированными составными частями
10.2. Коэффициент повторяемости (%)	Насыщенность унифицированными составными частями
10.3. Коэффициент межпроектной унификации (%)	Насыщенность унифицированными составными частями
10.4. Процент стандартных частей изделий (%)	Насыщенность стандартными составными частями
10.5. Процент оригинальных частей изделий (%)	Насыщенность принципиально новыми частями, прогрессивность
11. Патентно-правовые показатели	
11.1. Показатель патентной защиты	Степень авторской защиты изделия
11.2. Показатель патентной чистоты	Степень воплощения в изделии новых решений, не защищенных патентами
11.3. Показатель территориального распространения	Уровень необеспеченности патентной чистоты
12. Экономические показатели качества	
12.1. Себестоимость производства единицы продукции или работы (руб/шт., руб/км)	Эффективность производства
12.2. Затраты при эксплуатации (руб/год)	Экономичность эксплуатации
12.3. Затраты на жизненный цикл (руб.)	Экономичность эксплуатации
12.4. Цена изделия (руб.)	Потребительная стоимость

Номенклатуру показателей качества продукции устанавливают с учетом назначения и условий ее применения, требований потребителей (заказчиков), основных требований к показателям качества продукции и области их применения.

При выборе номенклатуры показателей качества определяют:

– группу однородной продукции и входящие в нее подгруппы и виды;

– номенклатуру групп показателей качества;

– номенклатуру показателей качества групп и подгрупп.

Исходную номенклатуру показателей качества продукции устанавливают по рекомендациям табл. 2.3.

Таблица 2.3. **Рекомендации по установлению номенклатуры показателей качества машин**

Показатели качества продукции	Первый класс продукции			Второй класс продукции	
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	1-я группа	2-я группа
1. Назначения	+	+	+	+	+
2. Экономичности	+	+	+	+	+
3. Надежности:					
безотказности	-	-	-	+	+
долговечности	-	-	-	+	+
ремонтпригодности	-	+	+	-	+
сохраняемости	+	+	+	+	+
4. Эргономические	-	+	+	+	+
5. Эстетические	-	+	+	+	+
6. Технологичности	+	+	+	+	+
7. Транспортабельности	+	+	+	+	+
8. Стандартизации и унификации	-	-	+	+	+
9. Патентно-правовые	-	+	+	+	+
10. Экологические	+	+	+	+	+
11. Безопасности	+	+	+	+	+

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

3.1. Выбор базовых образцов и определение базовых показателей качества

Одной из основных операций процедуры оценки технического уровня промышленной продукции является определение и принятие, т. е. установление в качестве образцовых численных значений показателей качества образца техники, принимаемого за эталон и соответствующего лучшим научно-техническим достижениям на данный период времени. Данную операцию называют **установлением базового образца**. Однако часто при оценке технического уровня изделия его показатели качества сопоставляют с показателями не одного, а нескольких высококачественных и аналогичных изделий, принятых за базовые (эталонные).

Базовый образец – это реальный образец продукции, соответствующий передовым научно-техническим достижениям на заданный период и принятый в качестве эталона для численного определения технического уровня оцениваемой продукции.

Оценку технического уровня промышленных изделий осуществляют для последующего принятия научно-технических, производственно-технологических, организационных, коммерческих и других управленческих решений в отношении качества рассматриваемой техники на всех этапах ее жизненного цикла. Поэтому в зависимости от конкретной цели оценки технического уровня промышленной продукции устанавливаются для сопоставления различные типы базовых образцов:

- базовые образцы, отражающие перспективные требования, установленные на определенный будущий период – используются для оценки ТУ при планировании, разработке перспективной новой промышленной продукции (модель, образ продукции на будущий период);
- базовые образцы, отражающие высший мировой уровень на настоящий период времени (лучшие реальные образцы) – применяются для оценки технического уровня продукции при постановке ее на производство и при модернизации, а также при аттестации продукции;
- базовые образцы отечественного производства, отражающие наиболее высокие научно-технические достижения и соответствующие потребностям и возможностям народного хозяйства – устанавливаются, если нет зарубежного аналога, а также для оценки производственной возможности предприятия.

Очевидно, что первый тип перспективных базовых образцов – это по существу модель, образ продукции, характеризуемый совокупностью показателей качества и технического уровня, соответствующий передовым научно-техническим достижениям и прогнозируемым производственным возможностям на установленный будущий период.

Численные значения показателей качества перспективных базовых образцов используются для оценки качества (технического уровня) промышленной продукции при планировании выпуска новых видов продукции, при разработке технических заданий на разработку новых перспективных изделий, при проектировании и конструировании техники, при разработке требований стандартов на группы однородной продукции и в некоторых других случаях.

Второй тип базовых образцов применяется для оценки уровня качества технической продукции при постановке ее на производство и при модернизации, а также при аттестации продукции и оценке научно-технического уровня действующих стандартов и других нормативно-технических документов на данную продукцию.

Третий тип базовых образцов устанавливается, если неизвестен или нет зарубежного аналога, а также для оценки производственной возможности предприятия или при обосновании дифференциации продукции по уровню и срокам достижения требуемых значений показателей качества, или для включения во внутривосударственные стандарты соответствующих требований на группы, виды и типы однородной продукции.

Для установления базового образца сначала подбирают группу аналогичных изделий – группу аналогов (8–15 подобных образцов).

Аналог – продукция отечественного или зарубежного производства, подобная сравниваемому изделию, обладающая сходством функционального назначения и условий применения.

Аналоги выбираются из новой продукции, выпускаемой отечественной и зарубежной промышленностью, и разрабатываемых перспективных образцов той же группы однородной продукции. При отсутствии прямых аналогов могут быть рассмотрены косвенные аналоги, близкие по назначению.

Значения параметров аналогов устанавливают следующим образом:

– для зарубежных образцов – по справочникам, каталогам, проспектам ведущих фирм, протоколам измерений, расчетов и испытаний, международным стандартам;

– для отечественных образцов, находящихся в разработке, – на основе требований, установленных в техническом задании, актов экспертных или приемочных комиссий;

– для отечественных образцов, находящихся в производстве – на основе технических условий на поставку.

Все включаемые в группу аналоги и оцениваемая продукция должны иметь одинаковые классификационные характеристики назначения и области применения данного вида продукции. Классификационные характеристики для последующего сопоставления оцениваемого и базовых образцов не используются.

В группу аналогов включают:

а) при оценке разрабатываемой продукции – перспективные и экспериментальные образцы, поступление которых на мировой рынок прогнозируется на период выпуска оцениваемой продукции; значения показателей качества перспективных образцов прогнозируются на период выпуска разрабатываемой продукции;

б) при оценке выпускаемой (производимой) продукции – образцы, реализуемые на мировом рынке; значения показателей качества образ-

цов устанавливаются на основе имеющейся на них документации. При оценке выпускаемой продукции не допускается принимать в качестве аналогов единичные рекламные или экспериментальные образцы продукции, не освоенные производством;

в) при оценке эксплуатируемой продукции – лучшие (по оценкам экспертов) образцы, используемые обычно не менее 5 лет при выполнении тех же функций, которые выполняет оцениваемый образец.

Для каждого аналога должны быть определены значения всех оценочных показателей. При отсутствии значений некоторых показателей у отдельных аналогов допускается их вычисление интерполяционными или экстраполяционными методами по имеющимся значениям показателей других аналогов. На этапе разработки продукции прогноз значений показателей перспективных образцов основывается на анализе сложившихся тенденций изменения значений показателей, а также на патентных исследованиях и оценке сроков реализации перспективных технических решений, направленных на улучшение показателей качества данного вида продукции.

Образованная группа аналогов должна обеспечивать достоверность оценки продукции на заданный период времени (срок до снятия продукции с производства, период до следующей аттестации продукции и т. п.).

Общий порядок установления базового образца включает следующие основные этапы:

- сбор и анализ исходной информации о качестве наиболее известных и высококотирующихся изделиях, формирование требований к базовому образцу исходя из целей оценки технического уровня исследуемого промышленного изделия;

- выбор классификационных показателей качества и аналоговой группы изделий;

- обоснование и принятие метода определения базового образца из группы аналоговых образцов;

- установление совокупности реальных значений классификационных показателей качества или такового обобщенного показателя для образца, принимаемого за базовый.

Требования, предъявляемые к базовым образцам технических изделий, состоят в нижеследующем.

Базовый образец устанавливают для определенного вида однородной продукции, имеющей сходные условия эксплуатации (использова-

ния), одинаковое функциональное назначение, единый принцип действия и предназначенной для известной группы потребителей.

Базовый образец должен соответствовать цели оценки технического уровня продукции и быть по возможности единственным для этой вполне определенной цели оценки.

Перечень показателей качества оцениваемого и базового образцов должен быть одинаковым и соответствовать номенклатуре, официально установленной системой показателей качества продукции (СПКП) данного вида.

Единицы измерения значений показателей качества базового образца и оцениваемой продукции должны быть сопоставлены, т. е. одинаковыми для каждого из соответствующих показателей.

Срок действия установленного базового образца определяется в зависимости от специфики вида продукции, спроса на данную продукцию и т. д.

На этапе сбора и анализа исходной информации используют: сведения из научно-технической литературы и отчетов о прикладных НИР и ОКР; результаты патентных исследований; научно-технические прогнозы развития соответствующих отраслей промышленного производства; сведения о рыночной и конъюнктурной экономической ситуации в отрасли; требования международных, государственных и отраслевых стандартов; данные проспектов и технических паспортов образцов техники; результаты испытаний и эксплуатации отечественных и зарубежных образцов соответствующей техники и т. д.

Базовый образец выбирается из предварительно отобранной группы аналогов, включая оцениваемое изделие.

При отсутствии аналога в основу оценки технического уровня качества продукции положен:

1) принцип максимума полезного эффекта от использования образца продукции, т. е. принцип максимального (минимального) значения обобщенного показателя ТУКП;

2) принцип максимального отношения полезного эффекта от использования образца продукции за заданный срок службы к полным затратам общественно необходимого труда для достижения указанного эффекта, т. е. принцип максимума интегрального показателя качества продукции.

После сбора, анализа и систематизации исходной информации устанавливаются классификационные показатели качества для данной

продукции, которые используются при формировании аналоговой группы образцов данного вида продукции.

Классификационный показатель качества продукции – это показатель, характеризующий принадлежность продукции к определенной классификационной группе – группе аналогов, принятой для последующего выявления базового образца.

Аналоговая группа продукции или группа аналогов – это несколько различных образцов, имеющих одинаковые или близкие значения классификационных показателей качества и выбранных для установления из них базового образца.

Классификационные показатели (или один показатель) выбираются из числа установленных номенклатурой показателей качества для оцениваемой продукции. Например, для двигателей обычно берут за классификационный критерий их мощность или энергетический коэффициент полезного действия.

Установление базового образца осуществляется на основе принятого для этого критерия, которым обычно является интегральный показатель качества продукции, представляющий собой по определению отношение полезного эффекта (выраженного в натуральных единицах измерения) от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

В тех случаях, когда затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию продукции сравниваемых образцов достаточно близки или неизвестны, критерием при установлении базовых образцов служит обобщенный комплексный показатель качества продукции.

За базовый образец принимается тот, у которого наибольшее значение интегрального или обобщенного показателя качества.

Во многих случаях целесообразно за критерий принимать не максимальные значения интегрального или обобщенного показателя качества продукции, а их оптимальные значения.

Так, например, при оптимизации значений интегрального показателя качества за критерий установления базового образца принимается либо наибольший эффект от эксплуатации (использования) промышленной продукции при заданных затратах на ее создание и эксплуатацию, либо заданный эффект при наименьших затратах, либо наибольшее отношение эффекта к затратам.

Выбор базового образца производят расчетно-экспериментальным и (или) аналоговым методами.

Расчетно-экспериментальный метод состоит в сочетании теоретических, экспериментальных и расчетных приемов определения сово-

купности перспективных значений показателей качества продукции на прогнозируемый период.

При аналоговом методе выбора базового образца производят ранжирование образцов аналоговой группы и лучший образец из этой группы принимается за базовый.

Установление базового образца из аналоговой группы может быть осуществлено и экспертным методом, но с учетом значений главного (определяющего единичного), обобщающего или интегрального показателей качества рассматриваемых образцов.

Кроме того, в качестве базовых образцов выделяются лучшие из группы аналогов на основе метода попарного и последовательного сопоставления значений показателей качества всех аналогов.

Выделение базовых образцов методом попарного сопоставления аналоговых образцов осуществляется следующим образом:

– аналог не может быть признан базовым и исключается из последующих сопоставлений, если он уступает другому аналогу по совокупности единичных показателей, т. е. если он уступает другому аналогу хотя бы по одному показателю, не превосходя его ни по каким из остальных;

– оба аналога остаются для дальнейшего сопоставления с другими аналогами, если по одним показателям оказывается лучше первый аналог, а по другим показателям – второй и при этом значения иных показателей у аналогов практически совпадают (находятся в пределах разброса данных).

В результате такого попарного сопоставления аналогов остаются те аналоги, каждый из которых не уступает ни одному из остальных по совокупности единичных показателей. Оставшиеся аналоги и являются базовыми образцами. Обычно их остается два-три или один.

3.2. Методы определения значений показателей качества продукции

Наиболее трудоемким является этап определения (путем измерений, испытаний, расчетов, сбора информации и т. д.) численных значений показателей качества, характеризующих свойства оцениваемого и базового (базовых) образца (образцов). Только после этого производят расчеты показателей качества, а потом уровней качества, т. е. технического уровня оцениваемого и базового (базовых) образцов аналогичной техники.

Методы определения значений показателей качества продукции подразделяются на две группы:

1) по способам получения информации:

- измерительный;
- регистрационный;
- органолептический;
- расчетный;

2) по источникам ее получения:

- традиционный;
- экспертный;
- социологический.

Измерительный метод основан на информации, получаемой с обязательным использованием технических измерительных средств, предусмотренных конструкцией изделия, или дополнительных средств (масса изделия, размер, скорость, сила и др.).

Регистрационный метод основан на информации, получаемой путем подсчета (регистрации) числа определенных событий, предметов или затрат.

С помощью данного метода можно определить показатели технологичности, экономичности, патентно-правовые, стандартизации и унификации.

Органолептический метод основан на информации, получаемой в результате анализа восприятия органов чувств: зрения, слуха, обоняния, осязания и вкуса.

Точность и достоверность данного метода зависит от квалификации специалистов (экспертов), а также от возможности использования специальных технических средств, повышающих разрешающие способности организма человека (микроскоп, лупа, микрофон и т. п.).

Метод применяется при оценке качества предметов потребления (парфюм, табак, кондитерская продукция).

Расчетный метод основан на использовании теоретических или эмпирических зависимостей показателей качества продукции (масса изделия, производительность, мощность, прочность). Применяется при проектировании продукции.

Данные методы могут применяться совместно на различных стадиях жизненного цикла продукции.

Традиционный метод заключается в том, что показатели качества определяются работниками специализированных экспериментальных лабораторий, полигонов, стендов и расчетных подразделений предприятий (КБ, ВЦ).

Информация о показателях качества формируется в процессе испытаний продукции, условия проведения которых должны быть приближены к нормальным эксплуатационным.

Экспертный метод заключается в определении значений показателей качества на основании решения, принимаемого группой специалистов-экспертов (дизайнер, дегустатор).

Метод используют в тех случаях, когда показатели качества продукции не могут быть определены более объективными методами.

Социологический метод основан на сборе и анализе информации о мнении фактических или возможных потребителей продукции.

Сбор информации осуществляется в ходе устного опроса или с помощью распространения анкет, а также путем организации конференций, выставок, аукционов и т. п.

При необходимости данные методы могут использоваться совместно, что повышает достоверность результатов.

4. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОДУКЦИИ

4.1. Классификация продукции и методов оценки ее технического уровня

Первоначально классифицируют оцениваемую продукцию, а потом осуществляют выбор и обоснование метода оценки технического уровня продукции.

Качество технической продукции довольно часто оценивают по одному показателю (полезности), что дает одностороннюю характеристику технического уровня продукции. Так, например, качество трактора оценивают по тяговому усилию, комбайна – по производительности (пропускной способности молотилки), качество автомобильных шин оценивают в основном по их ходимости, качество бензина – по октановому числу, качество бетона – по кубиковой прочности на одностороннее сжатие и т. д. Однако один, даже определяющий показатель дает одностороннюю, ограниченную характеристику продукции, обычно обладающей большим количеством свойств, составляющих качество. Поэтому для оценки технического уровня любой технической продукции, особенно сложной и многофункциональной, необходимо использовать несколько показателей. Для такой оценки разработано несколько методов оценки качества продукции.

Различают методы оценки технического уровня однородной и разнородной продукции.

Под однородной продукцией понимают изделия одного вида, класса и назначения.

Разнородная продукция – это совокупность изделий, предназначенных для достижения определенной (единой) производственной цели (многообразные технологические машины, составляющие технологический комплекс, или система машин производственного процесса; предприятие, выпускающее несколько типов изделий – разнородную продукцию).

Различают следующие **методы оценки технического уровня качества продукции**:

- 1) дифференциальный, комплексный или смешанный методы, применяемые при оценке технического уровня однородной продукции;
- 2) индекс качества и индекс дефектности, применяемые при оценке разнородной продукции.

Кроме того, для оценки продукции, как однородной, так и разнородной, применяют экспертный метод.

4.2. Оценка технического уровня однородной продукции

Дифференциальный метод – это метод оценки, основанный на сравнении единичных показателей качества оцениваемых изделий с такими же показателями качества базового образца.

При этом определяют (исходя из цели оценки):

- достигает ли качество (технический уровень) оцениваемого изделия качество (технический уровень) базового образца в целом;
- какие единичные показатели оцениваемого изделия превосходят (уступают) показателям технического уровня базового образца;
- насколько отличаются друг от друга аналогичные единичные показатели свойств оцениваемого изделия и базового образца.

Первый способ оценки – *аналитический*.

Расчет отдельных относительных показателей технического уровня продукции (q_i) ведется по формуле

$$Q_i = P_i / P_{i.б}$$

или

$$Q_i = P_{i.б} / P_i,$$

где P_i – значение i -го показателя качества оцениваемой продукции;

$P_{i.б}$ – значение i -го базового показателя;

$i = 1, 2, \dots, n$ – количество оцениваемых показателей качества.

Из данных формул выбирают ту, при которой увеличение относительного показателя отвечает улучшению качества продукции. Например, значения относительных показателей производительности, мощности, КПД, срока службы определяются по формуле $Q_i = P_i / P_{i.б}$, а энерго-, материалоемкость, трудоемкость – по формуле $Q_i = P_{i.б} / P_i$.

По результатам расчетов относительных значений показателей технического уровня изделий и их анализа дают следующие оценки:

1) если все значения относительных показателей соответственно $q_i \geq 1$, то технический уровень оцениваемого изделия выше или равен техническому уровню базового образца;

если все показатели $q_i < 1$, то технический уровень оцениваемого изделия ниже технического уровня базового образца.

2) технический уровень оцениваемых изделий, для которых существенно важно значение каждого из рассмотренных показателей, признается ниже технического уровня базового образца, если хотя бы один из относительных показателей меньше единицы;

3) в тех случаях, когда имеется некоторая неопределенность в оценке технического уровня продукции (часть показателей больше 1, а другая часть меньше 1), используют приведенную ниже методику.

Все показатели делят по значимости на две группы: основные и дополнительные.

К *основным показателям* технического уровня качества продукции относят показатели, характеризующие наиболее существенные свойства: назначения или технико-эксплуатационные, надежности, экономного использования сырья, материалов, топлива, энергии, эргономические и эстетические, показатели технологичности, транспортабельности, стандартизации и унификации.

К *дополнительным показателям* обычно относят второстепенные показатели: патентно-правовые, безопасности и качества процесса изготовления.

Все показатели первой группы должны быть больше или равны 1, т. е. технический уровень не ниже базового.

Оценка в целом – это качественная оценка, которая дает следующие результаты:

$Q > 1$ – технический уровень оцениваемого изделия выше технического уровня базового образца;

$Q = 1$ – технический уровень соответствует уровню базового образца;

$Q < 1$ – технический уровень оцениваемого изделия ниже технического уровня базового образца.

Приближенное значение итогового показателя технического уровня качества продукции находят как среднеарифметическое значение всех основных показателей:

$$Q = \Sigma q_i / n.$$

Результаты сравнения можно представить в виде графика сравнения показателей качества по шкале отношений (рис. 4.1).

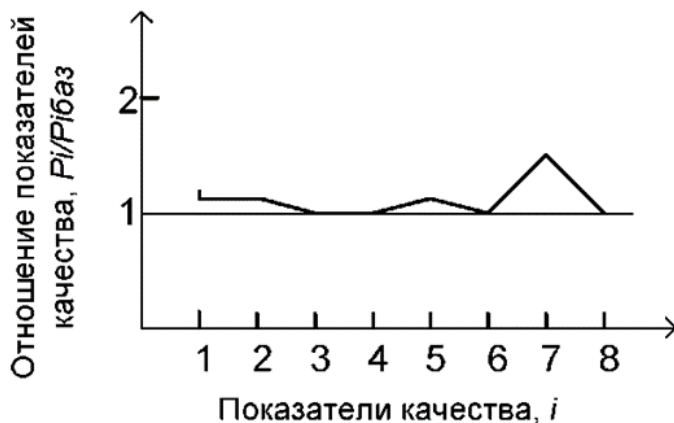


Рис. 4.1. График сравнения показателей качества

Второй способ оценки – **построение таблицы**.

Табличный способ заключается в том, что значение основных показателей изделий заносят в таблицу и определяют отклонение показателя оцениваемого изделия от изделия-аналога в процентах (табл. 4.1).

Третий способ оценки – **построение диаграммы (циклограммы)**.

Оценка выполняется путем сравнения по циклограмме моделей по отдельным показателям, а также сравнения в целом по площади многоугольника.

Для более точной и более информационной оценки технического уровня строят диаграмму сопоставления показателей качества (циклограмму), на которой наглядно видно, по какому показателю следует принимать управленческие и технические решения (рис. 4.2).

Таблица 4.1. Показатели технического уровня изделий

Показатель	Значение показателя			Отклонение показателя оцениваемого изделия от аналога, %	
	1-й аналог	2-й аналог	Оцениваемое изделие	Сравнение с 1-м аналогом	Сравнение с 2-м аналогом
1-й показатель	p_{11}	p_{21}	p_1	или	или
2-й показатель	p_{12}	p_{22}	p_2
...
n -й показатель	p_{1n}	p_{2n}	p_n

- Примечания: 1. Остальные ячейки заполняются по аналогии.
 2. Выбор формулы осуществляется так же, как и при аналитическом способе.
 3. Знак «+» или «-» в ячейках отклонений показателя будут означать, что эти отклонения, соответственно, либо в лучшую сторону, либо в худшую.

Построение исходной координатной сетки для циклограммы технического уровня изделия рассмотрим на примере изделия – микроволновой печи, которую можно оценить по пяти показателям: объему камеры, потребляемой мощности, уровню мощности излучения, мощности гриля, цене.

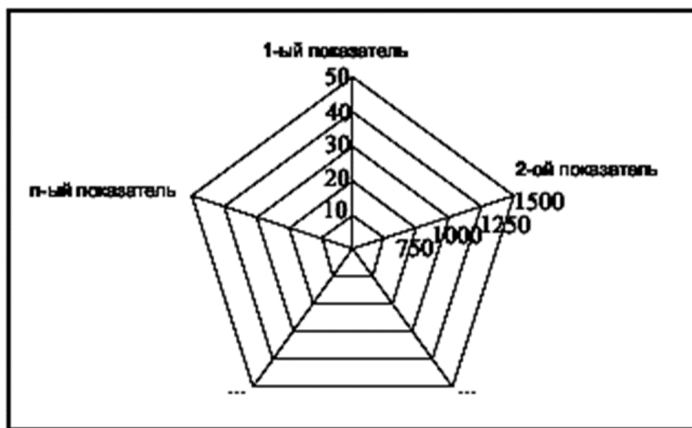


Рис. 4.2. Построение циклограммы оценки технического уровня

Пять основных показателей технического уровня изделий представлены на циклограмме в виде лучей, проведенных из центра. На лучах, как на шкалах, откладывают значения показателей для каж-

дого изделия. Проставленные на отрезках лучей абсолютные значения показателей определяют масштаб показателя по каждому лучу.

Очевидно, что направленность показателей на координатной сетке различна: от центра к периферии возрастают значения показателей, соответствующих улучшению качества изделия (мощность и т. п.), а расходные значения показателей снижаются (цена).

Точки соединяют между собой и получают многоугольники, характеризующие совокупность свойств каждого изделия (для большей наглядности желательно все многоугольники обвести разным цветом).

Таким образом, дифференциальный метод оценки технического уровня продукции, хотя и дает представление о характере и значениях показателей отдельных свойств, что позволяет принимать конкретные решения по управлению техническим уровнем продукции, вместе с тем он не дает ответа на вопрос, какой из двух образцов изделия лучше и должен быть принят для постановки на производство.

Определение весомости показателей качества, применяемое при дифференциальном методе оценки уровня качества, зависит от субъективного подхода. Погрешности, получающиеся при определении весомости показателей качества, могут значительно превосходить погрешности определения самих показателей с помощью измерительных средств. Следовательно, дифференциальный метод оценки уровня качества недостаточно точен и малоперспективен.

Комплексный метод оценки технического уровня основан на применении комплексного (обобщенного) показателя технического уровня продукции, который представляет собой функцию от единичных показателей.

Данный метод применяют в тех случаях, когда наиболее целесообразно оценивать технический уровень только одним числом.

Обобщенный показатель представляет собой функцию, зависящую от единичных показателей, которые характеризуют однородную группу свойств:

$$Q = f(p_i).$$

Вид зависимости может определяться любым из возможных методов, в том числе и экспертным.

Комплексный показатель качества должен отвечать нескольким требованиям:

1) репрезентативность (представительность) – представленность в нем всех основных характеристик изделия, по которым оценивается его качество;

2) монотонность – изменения комплексного показателя изделия при изменении любого из единичных показателей качества при фиксированных значениях остальных показателей;

3) нормированность – расположение численного значения комплексного показателя между наибольшим и наименьшим значениями относительных показателей качества. Данное требование определяет размах шкалы комплексного показателя качества;

4) критичность (чувствительность) к варьируемым параметрам – согласованное реагирование комплексного показателя на изменение каждого из единичных показателей; определяется первой производной функции комплексного показателя от единичных показателей. При выходе за допустимые пределы единичного показателя комплексный показатель качества должен значительно уменьшить свое значение;

5) сравнимость – сопоставимость результатов комплексной оценки качества, т. е. единичные показатели должны быть выражены в безразмерных величинах.

Перевод натуральных размерностей в безразмерные единицы измерения осуществляют путем соответствующего преобразования.

1. Если имеем линейную зависимость вида

$$q = k \cdot P,$$

где q – значение показателя в безразмерных единицах (баллах, частях);

P – значение показателей в натуральных единицах;

k – коэффициент преобразования,

тогда коэффициент преобразования вычисляется по формуле

$$k = \frac{q_{\text{в}} - q_{\text{н}}}{P_{\text{в}} - P_{\text{н}}},$$

где $q_{\text{в}}$, $q_{\text{н}}$, $P_{\text{в}}$, $P_{\text{н}}$ – верхние и нижние значения диапазонов измерения показателей в безразмерных и натуральных единицах соответственно. Часто принимают $q_{\text{в}} = 1,10$ и т. п., а $q_{\text{н}} = 0$.

2. В ряде случаев необходимо принимать нелинейную зависимость функции $q = f(P)$, форма которой выводится на основе экспериментов или наблюдений за характером изменения показателя P .

Уровень качества по комплексному методу определяется отношением обобщенного показателя качества оцениваемого изделия $Q_{\text{оц}}$ к соответствующему обобщенному показателю базового образца $Q_{\text{ба}}$, т. е.

$$TV = U = \frac{Q_{\text{оц}}}{Q_{\text{баз}}}$$

Сложность комплексной оценки заключается в объективном нахождении обобщенного показателя.

Комплексный (обобщенный) показатель может быть выражен:

1) главным показателем – показателем, который может, по мнению экспертов, в основном характеризовать качество изделия;

2) средневзвешенным показателем, который нормируется делением показателей оцениваемого изделия и аналогов на соответствующее максимальное значение;

3) интегральным показателем.

Главный показатель определяют в том случае, если имеется необходимая информация для установления функциональной зависимости его от единичных показателей.

Главный показатель отражает основное назначение изделия, его функциональные возможности. Для машин, как правило, главным показателем является производительность.

Главный показатель качества автобуса – годовая производительность ($W_{\text{п}}$, чел. · км):

$$W_{\text{п}} = T_{\text{н}} \cdot v_{\text{э}} \cdot r_{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{п}} \cdot 365\alpha_{\text{н}},$$

где $T_{\text{н}}$ – средняя продолжительность нахождения автобуса в наряде, ч;

$v_{\text{э}}$ – эксплуатационная скорость автобуса, км/ч;

$r_{\text{н}}$ – номинальная вместимость автобуса, чел.;

$\gamma_{\text{в}}$, $\beta_{\text{п}}$, $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициенты.

Средневзвешенный показатель строится как зависимость, аргументами которой являются показатели качества q_i и параметры их весомости β_i .

Обычно используют следующие средневзвешенные показатели:

– средневзвешенный арифметический показатель:

$$Q_{\text{а}} = \sum_{i=1}^{i=n} (b_i p_i);$$

– средневзвешенный геометрический показатель:

$$Q_{\text{г}} = \sum_{i=1}^{i=n} (p_i)^{\beta_i},$$

где p_i – значение i -го показателя качества продукции;

β_i – параметр весомости i -го показателя качества продукции;

n – число показателей качества продукции.

Параметры весомости могут быть размерными и безразмерными.

Безразмерные параметры называются коэффициентами весомости.

Они должны удовлетворять условию $\sum \beta_i = 1$.

Параметры (коэффициенты) весомости определяют одним из следующих методов:

– метод параметрических и стоимостных регрессионных зависимостей;

– метод предельных и номинальных значений;

– метод эквивалентных соотношений;

– экспертный метод.

Недостатком среднего взвешенного показателя является субъективность коэффициентов весомости.

Интегральный (обобщенный) показатель – показатель, характеризующий в наиболее общей форме эффективность работы изделия.

Данный показатель принимают для расчета тогда, когда установлены суммарный полезный эффект и суммарные затраты на создание и эксплуатацию изделия.

Его рассчитывают как отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации продукции (машины), выраженного в натуральных единицах измерения, к суммарным затратам на его создание и эксплуатацию за весь срок службы (до одного года). Определяется по формуле

$$И = \frac{ПЭ_T}{\sum_{t=0}^T (З_{ct} + З_{эт})}$$

где $ПЭ_T$ – суммарный полезный эффект от эксплуатации технического устройства за расчетный период;

T – расчетный период;

$З_{ct}$ – затраты на создание технического устройства в году t ;

$З_{эт}$ – затраты на эксплуатацию технического устройства в году t .

Интегральный (обобщенный) показатель может рассчитываться так же, как обратное отношение затрат к полезному эффекту:

$$И = \frac{\sum_{t=0}^T (З_{ct} + З_{эт})}{ПЭ_T}$$

где ПЭ – полезный эффект, т. е. количество единиц продукции или выполненной изделием работы за весь срок эксплуатации изделия (число произведенных заготовок или деталей и т. д.).

Очевидно, что в первом случае интегральный показатель качества характеризуется полезным эффектом, приходящимся на одну денежную единицу суммарных затрат, а во втором – суммой затрат в рублях, приходящихся на единицу полезного эффекта.

Технический уровень в этом случае определяется отношением интегрального показателя оцениваемого изделия к интегральному показателю базового образца:

$$U = I_{\text{оц}} / I_{\text{баз.}}$$

Недостатками интегрального показателя являются трудность применения к изделиям сферы потребления, неприменимость для сырья и материалов, а также то, что он не учитывает эргономические, эстетические и некоторые другие свойства. Данный показатель применим для изделий, эффект от эксплуатации которых выражается в натуральной или денежной форме.

Применение комплексного метода оценки технического уровня продукции связано с принципиальными трудностями:

первая из них заключается в содержательном описании сложного свойства продукции, которое лучшим образом отражает совокупность элементарных свойств, образующих качество этой продукции;

вторая трудность состоит в выборе комплексного показателя качества, т. е. показателя указанного сложного свойства и его размерности;

третья трудность заключается в установлении функциональной зависимости комплексного показателя качества от единичных показателей, которая во многих случаях неизвестна.

Преодоление указанных трудностей осуществляется следующим образом. Установление сложного свойства, характеризующего качество оцениваемой продукции и показателя этого свойства, выполняется экспертами на основе глубокого изучения требований населения, народного хозяйства, нужд страны, с одной стороны, и физических, химических и других свойств продукции, с другой.

Например, станок обладает рядом свойств, из которых для потребителя важны производительность, точность, энергопотребление, безотказность.

Точность станка будет сказываться на доле производимой дефектной продукции, поэтому для комплексной оценки можно объединить производительность и точность станка в более сложное свойство производительности годных изделий.

Безотказность и производительность годных изделий также можно объединить в производительность годных изделий с учетом простоев из-за отказов.

Наконец, производительность можно отнести на единицу энергопотребления, т. е. целесообразно принять за комплексный показатель качества рассматриваемого станка количество годных единиц продукции, произведенное им за это время и отнесенное к единице потребляемой энергии.

Применительно к этому должен строиться учет других показателей качества станка и анализ его технического уровня и качества.

При комплексном методе оценки уровня качества требуется определять комплексные показатели качества, которые можно принимать за обобщенные. Для сложных изделий это затруднительно. В самом деле, если при расчете комплексного показателя попытаться учесть, например, показатели, характеризующие эстетические свойства, то точность комплексного показателя может резко понизиться. Это объясняется тем, что показатели эстетических свойств пока оцениваются непосредственно ощущениями без применения приборов.

Во всех случаях, когда имеется возможность выявления характера взаимосвязей между учитываемыми показателями и коэффициентами их связей с обобщающими показателями качества оцениваемой продукции, следует определить функциональную зависимость $Q = f(p_i)$.

Дифференциальный и комплексный методы оценки качества продукции не всегда решают поставленные задачи.

При оценке сложной продукции, имеющей широкую номенклатуру показателей качества, с помощью дифференциального метода практически невозможно сделать конкретный вывод, а использование только одного комплексного метода не позволяет объективно учесть все значимые свойства оцениваемой продукции. В этих случаях для оценки уровня качества продукции применяют единичные и комплексные показатели качества, одновременно используя и дифференциальный и комплексный методы, т. е. оценку производят смешанным методом.

Смешанный метод основан на одновременном использовании единичных и комплексных показателей оценки технического уровня продукции.

Данный метод применяется в следующих случаях:

– когда единичных показателей достаточно много и с помощью дифференциального метода практически невозможно сделать конкретного (обобщающего) вывода;

– когда использование только одного комплексного метода не позволяет объективно учесть все значимые свойства оцениваемой продукции.

Сущность и последовательность оценки данным методом заключается в следующем:

1) часть единичных показателей объединяют в группы и для каждой определяют соответствующий комплексный показатель;

2) наиболее важные показатели применяют как единичные;

3) численные значения единичных и комплексных показателей сравнивают с соответствующими значениями базовых показателей, т. е. применяют принцип дифференциального метода или оценку производят по формулам:

$$U = \sum \frac{P_i}{P_{i. \text{ баз}}} \cdot \frac{1}{n} + \frac{Q}{Q_{\text{ баз}}} ; \quad U = \sum \beta_i \frac{P_i}{P_{i. \text{ баз}}} + \frac{U}{U_{\text{ баз}}} ; \quad U = \sum \beta_i \frac{P_i}{P_{i. \text{ баз}}} + \frac{V}{V_{\text{ баз}}} .$$

Единичные показатели качества обычно определяются с помощью измерений (но не всегда).

Патентно-правовые и экономические показатели, а также показатели стандартизации и унификации получают расчетным путем. Расчетным путем можно найти и комплексные показатели (как было рассмотрено раньше).

Сравнение показателей качества, значения которых измерены или получены расчетным путем, может производиться по шкале интервалов либо по шкале отношений.

При сравнении показателей качества как по шкале интервалов, так и по шкале отношений учитывается характер их динамики.

Например, при сравнении показателей качества по шкале отношений характер их динамики учитывается следующим образом: отношение числовых значений показателей качества составляется так, чтобы при повышении качества по сравнению с исходным оно было больше единицы, при снижении – меньше единицы.

Метод экспертной оценки технического уровня продукции основан на использовании суждений экспертов (на использовании опыта и интуиции специалистов-экспертов) о качестве продукции, выраженных в количественной или качественной форме.

Экспертом (от лат. «опытный») является квалифицированный специалист, отвечающий требованиям профессиональной и квалиметрической компетентности, заинтересованности в участии в работе экспертной комиссии, деловитости и объективности.

Экспертизу осуществляют путем принятия группового решения компетентным методом (решения различных советов, конференций, совещаний, комиссий, экзаменаторов и т. п.).

Данный метод оценки технического уровня продукции используется в тех случаях, когда невозможно или нецелесообразно использование расчетных или измерительных методов определения значений единичных или комплексных показателей качества продукции. Этот метод не может быть использован, если технический уровень продукции можно оценить более точно другими методами.

Однако следует отметить, что метод экспертной оценки многих показателей качества технической продукции является единственно возможным и применяется достаточно широко. Для этого разработаны соответствующие методики.

Экспертный метод применяется:

- при общей оценке качества продукции;
- при классификации оцениваемой продукции;
- при определении номенклатуры показателей качества продукции;
- при определении коэффициентов весомостей;
- при оценке органолептическим методом;
- при выборе базовых образцов;
- при аттестации продукции и сертификации и т. д.

Объектом экспертизы являются потребительские свойства в их совокупности, т. е. качество изделия.

Критерии, по которым осуществляется экспертиза качества, подразделяется на общие (сложившиеся в обществе представления и нормы) и конкретные (реальные требования к качеству продукции данного вида, установленные в нормативно-технических документах).

Экспертные комиссии, создаваемые для оценки качества продукции, состоят из двух групп: рабочей и экспертной.

Рабочая группа занимается организацией и проведением экспертной оценки качества, обработкой полученной от экспертов информации и анализом результатов. В состав рабочей группы входят организатор, консультант по оцениваемой продукции и технические работники.

Экспертная группа выполняет оценочные операции, и ее члены освобождаются от всех операций не оценочного характера.

Последовательность основных этапов работы экспертной комиссии:

- назначение лиц, ответственных за организацию и проведение работ по экспертной оценке технического уровня продукции;
- формирование экспертной и рабочей групп (7–20 чел.);
- разработка классификации и определение номенклатуры показателей технического уровня и качества оцениваемой продукции;
- подготовка анкет и пояснительных записок для опроса экспертов;
- оценка и опрос экспертов;
- обработка экспертных оценок;
- анализ и оформление результатов экспертной оценки технического уровня продукции.

При экспертном методе оценку технического уровня или показателя того или иного свойства продукции определяют в безразмерных единицах (часто в баллах).

Применяются два метода:

- метод последовательного сравнения;
- метод полных попарных сравнений.

Если результат оценки качества эксперты представляют в виде ранжированного ряда, то численное определение оценок экспертов состоит в следующем (метод последовательного сравнения):

- 1) все изделия (свойства) нумеруются произвольно, т. е. каждому свойству присваивается номер;
- 2) эксперты ранжируют свойства по возрастающей шкале порядка (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Пример ранжирования свойств изделия

Эксперты	Ранг 1	Ранг 2	Ранг 3	Ранг 4	Ранг 5
Э1	P1	< P4	< P2	< P3	< P5
Э2	P1	< P2	< P4	< P5	< P3
Э3	P2	< P1	< P5	< P3	< P4
Э4	P2	< P1	< P3	< P4	< P5
Э5	P1	< P4	< P2	< P5	< P3

Место объекта в ранжированном ряду называется его рангом. Численное значение ранга в ряду возрастающей шкалы порядка увеличивается от 1 до n (n – количество оцениваемых объектов).

Ранги – символы, указывающие положение каждого объекта в построенном ряду предпочтения по отношению к другим объектам;

3) определяют суммы рангов каждого объекта экспертной оценки:

$$P_1 = 7; P_2 = 10; P_3 = 21; P_4 = 16; P_5 = 21 \text{ и } \Sigma P = 75;$$

4) строят обобщенный ранжированный ряд на основании полученных сумм:

$$P_1 < P_2 < P_4 < P_3 = P_5;$$

5) рассчитывают коэффициенты весомости по формуле

$$\beta_i = \frac{\sum P_i}{\sum P_{i,n}}.$$

Например: $\beta_1 = \frac{7}{75} = 0,09$; $\beta_2 = 0,13$; $\beta_3 = 0,28$; $\beta_4 = 0,21$; $\beta_5 = 0,28$.

Анализируя данные, полученные экспертным методом оценки качества, можно указать, не только какой объект лучше или хуже других, но и насколько.

Если ранжирование объектов по их качеству осуществлять в табличной форме, то сопоставления и расчеты производятся по следующей методике (метод полных попарных сравнений):

1) составляется таблица, по которой каждый эксперт осуществляет сопоставление и оценку рассматриваемых изделий: Каждое i -е изделие сопоставляется с другими j -ми изделиями сравнения; если при попарном сопоставлении i -е изделие признается качественнее j -го, то оно обозначается цифрой 1; противоположная оценка обозначается как -1 , равнокачественная обозначается цифрой 0 (табл. 4.3).

Из табл. 4.3 видно, что предпочтительные оценки получили изделия в такой последовательности: изделие № 1; изделие № 3; изделие № 5;

Таблица 4.3. Таблица применения метода полных попарных сравнений (эксперт 1)

Изделие i	Изделие j						Оценка изделия
	1	2	3	4	5	6	
1	0	1	0	1	1	1	4
2	-1	0	-1	0	-1	1	-2
3	0	1	0	-1	1	1	2
4	-1	0	1	0	-1	-1	-2
5	-1	1	-1	1	0	1	1
6	-1	-1	-1	1	-1	0	-3

2) суммируются данные о предпочтениях всех экспертов и рассчитываются обобщенные предпочтения одних изделий над другими, т. е. рассчитывается экспертный показатель качества изделия в виде частоты его предпочтений.

Частота предпочтения изделия определяется по формуле

$$Q_{i,j} = N / n,$$

где N – число предпочтений экспертов i -го изделия;
 n – число экспертов.

В нашем примере число оцениваемых изделий $m = 6$, пусть число экспертов $n = 7$, а число предпочтений изделий экспертами

$$N_1 = 5; N_2 = 2; N_3 = 3; N_4 = 0; N_5 = 4; N_6 = 1.$$

Тогда частоты предпочтений каждого объекта будут следующими:

$$Q_1 = 5/7 = 0,71; Q_2 = 2/7 = 0,29; Q_3 = 3/7 = 0,43;$$

$$Q_4 = 0; Q_5 = 4/7 = 0,57; Q_6 = 1/7 = 0,14.$$

Общее число положительных оценок

$$C = m(m - 1) / 2 = 6(6 - 1) / 2 = 15.$$

Весомость показателя качества одного изделия по отношению к показателям качества других изделий рассчитывается по формуле

$$\beta_{i,j} = Q_{i,j} / C = Q_{i,j} / [m(m - 1) / 2],$$

где C – общее количество учитываемых оценок, связанное с числом изделий экспертизы.

$$\beta_1 = (0,71 / 15) - 7 = 0,33; \beta_2 = (0,29 / 15) - 7 = 0,13; \beta_3 = (0,43 / 15) - 7 = 0,2;$$

$$\beta_4 = (0 / 15) - 7 = 0; \beta_5 = (0,57 / 15) - 7 = 0,27; \beta_6 = (0,14 / 15) - 7 = 0,07.$$

Сумма всех показателей весомости качества изделий

$$\sum \beta_i = 0,33 + 0,13 + 0,2 + 0 + 0,27 + 0,07 = 1.$$

Таким образом, получили ранжированный по качеству ряд исследованных изделий:

$$\text{№ 1} > \text{№ 5} > \text{№ 3} > \text{№ 2} > \text{№ 6} > \text{№ 4}.$$

4.3. Оценка технического уровня разнородной продукции

Под разнородной продукцией понимают совокупность изделий, предназначенных для достижения определенной (единой) производственной цели.

Это могут быть разнообразные технологические машины, составляющие технологический комплекс или систему машин производственного процесса; кроме того, если предприятие выпускает несколько типов изделий, то оно создает разнородную продукцию.

Данный метод применяют при оценке деятельности предприятий:

- при оценке уровня качества разнородной продукции, выпускаемой одним предприятием (выпускаемой несколькими предприятиями);
- при анализе динамики качества разнородной продукции за несколько лет;
- при сравнении работы предприятий по повышению уровня качества продукции;
- при обработке информации о качестве продукции в автоматических системах управления.

Для оценки технического уровня разнородной продукции используются индексы качества и дефектности.

Индекс качества продукции – комплексный показатель качества разнородной продукции, выпущенной за рассматриваемый интервал, равный среднему взвешенному (арифметических или геометрических) относительных значений показателей качества оцениваемой и базовой продукции.

Приведем примеры двух вариантов определения индексов качества.

Пример 1. Имеется S различных видов продукции, для каждого из которых определен комплексный показатель качества в рассматриваемом периоде K_i , где $i = 1, 2, \dots, S$, а также соответствующие базовые

значения показателей $K_{i.б}$. Тогда коэффициент весомости β_i вычисляют по формуле

$$\beta_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^s C_i},$$

где C_i – стоимость продукции i -го вида в рассматриваемый период.

Индекс качества продукции (U) за этот период вычисляют по формуле

$$И_k = U = \sum_{i=1}^s \beta \frac{K_i}{K_{i.б}}.$$

Пример 2. Для всех видов продукции установлены три группы качества, определяемые баллами B_1, B_2, B_3 . Если в рассматриваемый период была выпущена продукция этих групп на суммы соответственно C_1, C_2, C_3 , то коэффициент весомости β_i будет равен

$$\beta_i = \frac{C_i}{C_1 + C_2 + C_3}.$$

Средний балл продукции ($B_{ср}$) определится по формуле $B_{ср} = \beta_1 B_1 + \beta_2 B_2 + \beta_3 B_3$, а индекс качества (I) – по формуле

$$I = \frac{B_{ср}}{B_{б.ср}},$$

где $B_{б.ср}$ – средний балл продукции за базовый период.

5. ГОДНАЯ И ДЕФЕКТНАЯ ПРОДУКЦИЯ. СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

5.1. Индекс и коэффициент дефектности продукции

Индекс дефектности продукции – комплексный показатель качества разнородной продукции, выпущенной за рассматриваемый интервал, равный среднему взвешенному коэффициентов дефектности этой продукции.

Пусть предприятие выпустило за определенный период S видов продукции, стоимость продукции каждого вида C_i . Тогда коэффициент весомости можно вычислить по формуле

$$\beta_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^S C_i},$$

а индекс дефектности (U) по формуле

$$И_{д} = U = \sum \beta_i \cdot Q_i,$$

где Q_i – относительный коэффициент дефектности продукции i -го вида, являющийся показателем качества изготовления продукции.

Он обычно определяется при выборочном инспекционном контроле готовой продукции. Для этого предварительно определяют номенклатуру дефектов и для каждого вида дефектов находят коэффициент весомости.

Коэффициент дефектности продукции – среднее взвешенное количество дефектов, приходящееся на единицу продукции.

Для определения коэффициента дефектности берется выборка из n единиц продукции и в ней подсчитывают все дефекты, разбитые заранее на k видов. Для каждого вида дефекта устанавливается коэффициент весомости r_i , где $i = 1, 2, \dots, k$.

Коэффициент дефектности (D) вычисляют по формуле

$$D = \frac{1}{n} \sum_1^k m_i \cdot r_i,$$

где n – число проверенных деталей;

r – коэффициент весомости i -го вида дефектов;

m – количество дефектов i -го вида.

Коэффициент r_i может быть определен экспертным методом или по стоимости устранения дефекта данного вида.

Относительный коэффициент дефектности (Q) можно вычислить по формуле

$$Q = D / D_6,$$

где D_6 – базовое значение коэффициента дефектности, соответствующее определенному базовому периоду производства.

Примечание. При подсчете D и D_6 могут учитываться недостатки, допускаемые нормативной документацией, например, царапины, мелкие вмятины, сколы и др.

5.2. Классификация годной и дефектной продукции

Годная продукция – продукция, удовлетворяющая всем установленным требованиям.

Дефектная продукция – продукция, не удовлетворяющая всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией.

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям.

Дефектное изделие – изделие, имеющее хотя бы один дефект.

Годная продукция не содержит дефектов, препятствующих ее приемке, но, как правило, имеет допускаемые отклонения показателей качества или параметров.

Понятие «годная продукция» следует отличать от более узкого понятия «работоспособная продукция», применимого к такой продукции, которая при ее использовании по назначению расходует свой технический ресурс. Такая продукция, будучи годной, является не только работоспособной, но и исправной, так как она удовлетворяет всем требованиям нормативной документации.

Однако работоспособная продукция не всегда является годной, поскольку она может иметь дефекты, не оказывающие существенного влияния на функционирование продукции, но исключающие возможность поставки ее потребителю.

Следует учитывать, что в ряде случаев годная продукция не только должна состоять из годных единиц (в частности, годных изделий), но также должна иметь удовлетворительные показатели однородности.

Если рассматриваемая единица продукции имеет дефект, то это означает, что по меньшей мере один из показателей ее качества или параметров вышел за предельное значение или не выполняется (не удовлетворяется) одно из требований нормативной документации к признакам продукции.

Несоответствие требованиям технического задания или установленным правилам разработки (модернизации) продукции относится к конструктивным дефектам.

Несоответствие требованиям нормативной документации на изготовление или поставку продукции относится к производственным дефектам.

Примерами дефектов могут быть выход размера детали за пределы допуска, неправильная сборка или регулировка (настройка) аппарата (прибора) (царапина на защитном покрытии изделия, высокое содержание вредных примесей в продукте, наличие заусенцев на резьбе и т. д.

Термин «дефект» связан с термином «неисправность» но не является его синонимом. Неисправность представляет собой определенное состояние изделия. Находясь в неисправном состоянии, изделие имеет один или несколько дефектов.

Термин «дефект» применяют при контроле качества продукции на стадии ее изготовления, а также при ее ремонте, например, при дефектации, составлении ведомостей дефектов и контроле качества отремонтированной продукции.

Термин «неисправность» применяют при использовании, хранении и транспортировании определенных изделий. Так, например, словосочетание «характер неисправности» означает конкретное недопустимое изменение в изделии, которое до его повреждения было исправным (находилось в исправном состоянии).

В отличие от термина «дефект» термин «неисправность» распространяется не на всякую продукцию, в том числе не на всякие изделия, например, не называют неисправностями недопустимые отклонения показателей качества материалов, топлива, химических продуктов, изделий пищевой промышленности и т. п.

Термин «дефект» следует отличать также от термина «отказ».

Отказом называется событие, заключающееся в нарушении работоспособности изделия, которое до возникновения отказа было работоспособным. Отказ может возникнуть в результате наличия в изделии одного или нескольких дефектов, но появление дефектов не всегда означает, что возник отказ, т. е. изделие стало неработоспособным.

Дефекты могут классифицироваться по ряду признаков.

1. *По возможности обнаружения:* явный дефект, скрытый дефект.

Явный дефект – дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.

Скрытый дефект – дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.

Разделение дефектов на явные и скрытые имеет важное значение при анализе качества продукции, установлении причин неисправностей и при решении правовых вопросов управления качеством.

Деление дефектов на явные и скрытые обуславливается предусмотренными правилами, методами и средствами контроля качества продукции.

К правилам контроля относят его распорядок (регламент, график), к методам – технологию (способы, приемы, последовательность операций), объем (число контролируемых показателей или параметров) и точность.

К средствам контроля относят используемое оборудование (стенды, испытательные машины, оснастку позиций и площадок на полигонах и т. п.), измерительную и регистрационную аппаратуру, а также инструменты и приборы.

Многие явные дефекты выявляются при внешнем осмотре (визуально). Однако если нормативной документацией предусмотрена проверка отсутствия какого-либо дефекта инструментом, прибором или разборкой контролируемого изделия, то такой дефект относится к категории явных, несмотря на невозможность его визуального обнаружения.

Скрытые дефекты, как правило, выявляются после поступления продукции к потребителю или при дополнительных ранее не предусмотренных проверках в связи с обнаружением других (явных) дефектов.

2. По значимости: критический, значительный, малозначительный.

Критический дефект – дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недопустимо.

Значительный дефект – дефект, который, существенно влияет на использование продукции по назначению и (или) на ее долговечность; но не является критическим.

Малозначительный дефект – дефект, который существенно не влияет на использование продукции по назначению и ее долговечность.

Такое разделение дефектов имеет большое значение при обосновании планов, методов и средств контроля.

При разработке нормативной документации, главным образом при установлении методов контроля изготавливаемой или ремонтируемой продукции, все возможные дефекты могут подразделяться на критические, значительные и малозначительные. Такое разделение основано на оценке степени влияния каждого рассматриваемого дефекта на эф-

фективность и безопасность использования продукции с учетом ее назначения, устройства показателей ее качества, режимов и условий эксплуатации.

Указанное разделение дефектов производится для последующего выбора вида контроля качества продукции (выборочный или сплошной) и для назначения такой характеристики выборочного контроля, как риск потребителя (заказчика).

Чтобы не пропустить критический дефект, контроль продукции должен быть сплошным и в ряде случаев – неоднократным. Контроль отсутствия значительного дефекта допускается осуществлять выборочно только при достаточно низком назначении риска потребителя. Отсутствие малозначительного дефекта может контролироваться выборочно при относительно высоком значении риска потребителя.

Для некоторых видов продукции определенные совокупности дефектов, каждый из которых при отдельном его рассмотрении является малозначительным, могут быть эквивалентны значительному или даже критическому дефекту и должны относиться к соответствующей категории. Совокупности же значительных или значительных с малозначительными дефектов аналогичным образом могут быть эквивалентны критическому дефекту и должны относиться к категории критических.

В отдельных отраслях промышленности может при необходимости производиться более детальная классификация дефектов по степени их влияния на эффективность использования продукции.

В соответствии с приведенной классификацией дефектов иногда по результатам контроля продукции различают следующие ее единицы (в частности, изделия):

- критически дефектные, т. е. имеющие хотя бы один критический дефект;
- значительно дефектные, т. е. имеющие один или несколько значительных дефектов, но не имеющие критических дефектов;
- малозначительно дефектные, т. е. имеющие один или несколько дефектов малозначительных по отдельности и в совокупности, но не имеющие значительных и критических дефектов.

3. По возможности устранения: устранимый, неустраиваемый.

Устранимый дефект – дефект, устранение которого технически возможно и экономически целесообразно.

Неустраиваемый дефект – дефект, устранение которого технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Имеет существенное значение при обосновании допусков на изготовление продукции и при разработке технологических процессов.

Устранимость и неустранимость дефекта определяют применительно к рассматриваемым конкретным условиям производства и ремонта с учетом необходимых затрат и других факторов.

Один и тот же дефект может быть отнесен к устранимым или неустраняемым в зависимости от того, обнаружен он на ранних или на заключительных этапах технологического процесса производства (ремонта).

Неустраняемые дефекты могут переходить в категорию устранимых также в связи с усовершенствованием технологии производства (ремонта) продукции и снижением затрат на исправление брака.

4. По причинам возникновения: конструктивный, технологический, эксплуатационный.

Имеет существенное значение при анализе причин возникновения дефектов и принятия мер по устранению этих причин.

С понятием «дефект» связано понятие «брак» – продукция, передача которой потребителю не допускается из-за наличия дефектов.

Понятие «брак» совпадает с понятием «забракованная продукция», если продукция состоит из одной единицы, оказавшейся дефектной, или из нескольких единиц, в каждой из которых имеется хотя бы один дефект.

Если продукция, состоящая из нескольких единиц (например, партия изделий), забракована по результатам выборочного контроля, то в ней, кроме дефектных единиц (дефектных изделий), могут содержаться также и годные единицы (годные изделия). В этом случае брак может выделяться из забракованной продукции при ее разбраковке методом сплошного контроля. Продукция, состоящая из годных единиц, может быть забракована в связи с получением при испытаниях неудовлетворительного значения показателя однородности.

В приведенных случаях понятия «брак» и «забракованная продукция» не совпадают.

Понятие «брак» относится, как правило, к условиям создания продукции. Однако если брак обнаруживается при эксплуатации или потреблении продукции, то ответственность за выпуск брака и поставку его потребителю несет изготовитель (поставщик) продукции.

Аналогично делению дефектов на устранимые и неустраняемые отнесение брака к исправимому и неисправимому зависит от ряда факто-

ров, например, от принятой технологии изготовления продукции, величины затрат на исправление брака и т. п.

Исправимый брак – брак, все дефекты в котором, обусловившие забракование продукции, являются устранимыми.

Неисправимый брак – брак, в котором хотя бы один из дефектов, обусловивших забракование продукции, является неустранимым.

Сорт продукции – градация продукции определенного вида по одному или нескольким показателям качества, установленная нормативной документацией.

5.3. Контрольная карта как инструмент статистического регулирования технологического процесса

Статистическое регулирование технологического процесса – это корректирование параметров процесса по результатам выборочно-го контроля параметров изготавливаемой продукции для обеспечения требуемого уровня ее качества и предупреждения брака. Основным инструментом регулирования является контрольная карта. На контрольной карте отмечается диапазон неизбежного разброса значений показателя.

Контрольные карты – это представление полученных данных в виде графика в порядке поступления в ходе технологического процесса во времени. Они позволяют контролировать текущие рабочие характеристики процесса и показывают отклонения от стандарта, целевого или среднего значения, а также уровень статистического контроля процесса в течение определенного времени. Их можно использовать для изучения возможностей процесса, чтобы помочь определить достижимые цели качества и выявить изменения средних характеристик и изменчивость процесса, которые требуют корректирующего действия.

Контрольные карты основываются на трех положениях:

- все процессы с течением времени отклоняются от заданных характеристик;
- отклонения отдельных точек являются непрогнозируемыми;
- стабильный процесс изменяется случайным образом, но так, что группы точек стабильного процесса имеют тенденцию находиться в прогнозируемых границах;

– нестабильный процесс отклоняется в силу неслучайных факторов, и неслучайными обычно считаются те отклонения, которые находятся за пределами прогнозируемых границ.

Контрольные карты позволяют использовать текущие данные процесса, чтобы установить статистически нормальные границы (границы регулирования), в которых должны находиться характеристики процесса. Постоянное использование контрольной карты может помочь определить факторы, вызывающие отклонения процесса от заданных требований и исключить их влияние.

Результаты измерений процесса в течение определенного времени сравниваются с требованиями к процессу для установления, что процесс:

- выходит за установленные границы, но позволяет удовлетворить требования потребителя (процесс требует наладки, настройки);
- находится в установленных границах, но не позволяет удовлетворить требования потребителя (необходимо улучшение процесса);
- выходит за установленные границы и не позволяет удовлетворить требования потребителя (процесс требует наладки (настройки) и, кроме того, необходимо общее улучшение процесса).

Для оценки контрольных границ применяется трехкратное среднее квадратическое отклонение (правило «трех сигм»).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (p - \bar{p})^2}{n}}$$

или

$$\sigma = \sqrt{p^2 - (\bar{p})^2},$$

где p – количество (или доля) дефектных изделий в выборке;

\bar{p} – средняя доля дефектных изделий;

n – число наблюдений.

Общий вид контрольной карты представлен на рис. 5.1.

Если точки, наносимые на контрольную карту, не входят за границы регулирования, то технологический процесс протекает стабильно. Если точки на контрольной карте выходят за контрольные границы, то считается, что в технологическом процессе возникли какие-то технологические погрешности, которые должны быть выявлены и устранены.

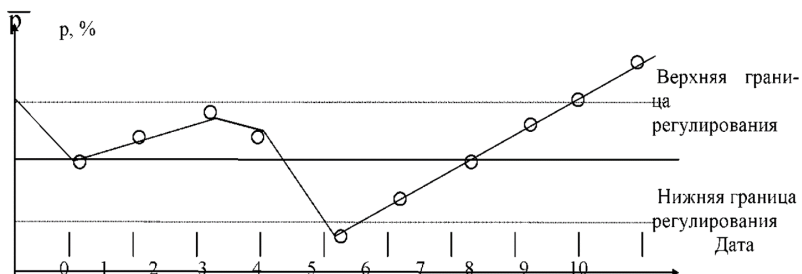


Рис. 5.1. Общий вид контрольной карты

Каждый выход за регулировочные границы должен фиксироваться и тщательно анализироваться.

6. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОДУКЦИИ

6.1. Составление карты технического уровня продукции

Карта уровня входит в состав технической документации на вновь осваиваемую продукцию, модернизируемую продукцию, отражая ее техническое совершенство.

Она используется в следующих целях:

- обоснование целесообразности разработки продукции;
- постановка (снятие) ее на производство или модернизация;
- сертификация и определение конкурентоспособности;
- анализ соответствия основных показателей лучшим мировым образцам;
- государственная регистрация.

Карта технического уровня включает приведенные ниже формы.

Общие данные: назначение, область применения и характеристика продукции; организация-разработчик; предприятие-изготовитель; данные об аттестации качества изделия; страны, в которых продукция обладает патентной чистотой и др.

Определение уровня качества изделия: наименование показателей; значения показателей оцениваемой продукции, базового, перспективного и заменяемого образцов, лучших отечественных и зарубежных аналогов.

Данные об аналогах: код продукции; страна и предприятие-изготовитель; год постановки продукции на производство.

Сведения о представителях типоразмерного ряда, группы продукции: наименование представителя продукции, наименование и значение показателей технического уровня продукции и др.

Планируемое изменение показателей качества изделия: наименование показателя, величина показателя имеющаяся и планируемая, год достижения.

Выводы и предложения: результаты государственных испытаний, данные о сертификации.

Карту уровня разрабатывает и ведет головной разработчик продукции, начиная с этапа подготовки технического задания и заканчивая снятием продукции с производства.

При составлении карты должны использоваться результаты научно-исследовательских и экспериментальных работ, патентных исследований, учитываться требования международных и национальных стандартов на аналогичную продукцию, результаты государственных испытаний опытных образцов, чтобы своевременно вносить изменения и дополнения.

Карту уровня подписывают:

- разработчик – на этапе составления технического задания;
- заказчик продукции – одновременно с согласованием технического задания. Один экземпляр передается для государственной регистрации.

На основе анализа делаются выводы о качестве (техническом совершенстве) оцениваемой продукции.

6.2. Оценка технического уровня продукции на различных стадиях ее жизненного цикла

Технический уровень и качество продукции закладываются при ее разработке, обеспечиваются при изготовлении и поддерживаются при эксплуатации, т. е. на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Исходя из этого положения устанавливаются цели и содержание оценки на указанных стадиях жизненного цикла. Кроме того, принципы оценки технического уровня зависят от характера продукции (однородная, разнородная).

На этапе разработки проводятся научно-исследовательские работы и подготовка технического задания, оценивается уровень разрабатываемой техники, в результате этого устанавливаются требования к

качеству машин и производится нормирование показателей в нормативно-технической документации.

Так, конструкторская разработка заканчивается выпуском конструкторской документации, включающей чертежи элементов и машины в целом, а также технические условия на изготовление этих элементов и машины в целом.

В конструкторской документации сформулированы требования к отдельным показателям качества, которые в совокупности призваны обеспечить требуемое качество машины.

Стадия разработки продукции включает:

- подготовку и оформление технического задания;
- разработку эскизного проекта;
- изготовление и испытание опытных образцов;
- разработку рабочего проекта и полного комплекта технической документации, необходимой для постановки продукции на производство.

Цель оценки на этой стадии заключается в определении меры соответствия значений показателей технического уровня и качества разработанной продукции достижениям научно-технического прогресса.

При этом используются значения показателей качества, полученные как расчетными методами, так и в результате испытаний.

По этим значениям оформляются карты ТУ и осуществляется всесторонний технико-экономический анализ.

Основным принципом оценки технического уровня и качества однородной продукции на стадии разработки является получение заключения об уровне качества продукции в целом в результате сравнения совокупности значений единичных показателей ТУ оцениваемого образца продукции с соответствующей совокупностью базовых значений тех же показателей (т. е. установление обобщенного (комплексного) показателя ТУП).

Требования к качеству машины, сформированные при конструкторской разработке, должны быть обеспечены при ее производстве.

На этапе производства определяются фактические значения показателей качества продукции по результатам контроля и испытаний, оценивается уровень качества изготовления продукции и принимаются соответствующие решения при управлении качеством.

На этапе изготовления машин особое внимание обращают на важнейший показатель качества – точность всех параметров изготовления деталей машин.

Цель оценки качества на стадии изготовления заключается в определении меры соответствия фактических значений показателей технического уровня и качества продукции (до начала ее эксплуатации) установленным требованиям чертежей и стандартов, технических условий и другой нормативно-технической документации.

В основу оценки технического уровня и качества продукции на стадии производства положен принцип минимума доли дефектности. Мерой оценки принято считать коэффициент дефектности, который представляет собой характеристику средних потерь, связанных с наличием дефектов, приходящихся на единицу продукции.

Данным методом пользуются для оценки качества изготовления продукции на ведущих отечественных и зарубежных предприятиях.

На этапе эксплуатации оценивается уровень качества изготовленной продукции и по результатам эксплуатации ее принимаются управленческие решения, направленные на сохранение или повышение уровня качества продукции.

Цель оценки технического уровня и качества при эксплуатации продукции заключается в определении меры соответствия требованиям нормативно-технической документации фактических значений показателей качества в процессе эксплуатации.

Мерой соответствия фактических значений показателей качества после определенного срока эксплуатации значениям тех же показателей до начала эксплуатации считают различные меры близости скалярных и векторных величин.

Сопоставление значений показателей технического уровня и качества можно осуществлять как дифференциальным, так и комплексным или смешанным методом.

Эта оценка проводится для выявления путей более полного использования всех полезных свойств продукции, заложенных при ее создании.

Процесс эксплуатации продукции сопровождается постепенным ухудшением значений показателей качества, достигнутых при разработке и изготовлении. Поэтому оценка качества изделий в процессе их эксплуатации в ряде случаев сводится к оценке показателей их надежности, т. е. в основу оценки следует положить принцип максимума показателя долговечности или сохраняемости продукции.

Содержание операций оценки технического уровня и качества на различных стадиях жизненного цикла продукции и последовательность их проведения показаны на рис. 6.1.

Стадии жизненного цикла продукции		
Разработка продукции (формирование показателей ТУ)	Производство продукции (обеспечение показателей ТУ)	Эксплуатация продукции (поддержание показателей ТУ)
Этапы и цели оценки качества продукции		
Установление цели оценки ТУ при проектировании продукции	Установление цели оценки ТУ при изготовлении продукции	Установление цели оценки ТУ при эксплуатации продукции
<ol style="list-style-type: none"> 1. Установление класса и группы продукции 2. Выбор и обоснование номенклатуры показателей качества 3. Выбор базового образца 4. Выбор метода определения значений показателей ТУКП и определение численных значений показателей ТУК оцениваемой продукции и базового образца 5. Выбор метода оценки и определение обобщенного показателя ТУКП 6. Сравнение и оценка ТУП. Составление карты ТУП 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установление методов и средств контроля качества 2. Выбор метода определения показателей качества 3. Определение фактических значений показателей качества по результатам контроля и испытаний 4. Оценка уровня качества изготовления по показателям дефектности 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установление условий эксплуатации продукции 2. Установление способа сбора и получения информации о качестве 3. Определение фактических значений показателей качества 4. Определение суммарного полезного эффекта и суммарных затрат 5. Оценка рекламаций (претензий по поводу низкого качества). Комплексная (интегральная) оценка ТУП
Получение результатов оценки и принятие решения		

Рис. 6.1. Операции оценки технического уровня и качества продукции

7. СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

7.1. Показатели назначения

Показатели назначения – это показатели, характеризующие степень соответствия изделия его целевому назначению, а также свойства, определяющие основные функции, для выполнения которых оно предназначено. При определении показателей назначения выбирают для анализа и оценки технического уровня продукции только наиболее существенные, характеризующие важнейшие свойства продукции.

Показатели назначения подразделяются на следующие подгруппы: классификационные, функциональной и технической эффективности, конструктивные, состава и структуры продукции.

Классификационные показатели характеризуют принадлежность данной продукции к определенной классификационной группе. К ним

относятся: мощность двигателя, передаточное число редуктора, содержание углерода и легирующих элементов в стали и др.

Классификация (разряд, группа) – это разделение множества объектов на подмножества по их сходству и (или) различию в соответствии с принятыми методами классификации.

На практике используют два основных метода классификации – фасетный и иерархический.

Фасетный метод (*facette* – грань отшлифованного камня) представляет параллельное разделение множества объектов на независимые классификационные группы – фасеты. Фасеты указывают на принадлежность объектов к одной группе, и объекты объединены по одному из присущих им свойств, т. е. каждая фасета характеризует только одну из сторон классифицируемых объектов.

Иерархический метод (*hierarchia* – расположение частей или элементов целого в порядке от высшего к низшему) – это последовательное по структуре разделение множества объектов на соподчиненные классификационные группы. Здесь каждая последующая ступень классификации конкретизирует признак вышестоящей ступени.

Примером может служить классификация машин: в зависимости от функционального назначения все машины классифицируют по роду, классу, виду, разновидности, типу, типоразмерам.

Род – это совокупность специальных машин, применяемых в конкретной отрасли производства, которые характеризуются общностью выполняемых функций, технологических процессов и технических принципов их действия, а также общностью особенностей производственного процесса, в котором эти машины используются (сельскохозяйственные машины, металлообрабатывающие станки и т. п.).

Класс машин – это машины определенного рода, отличающиеся характером выполняемой работы и предназначенные для выполнения специальных работ в определенной области производства. Например, классом сельскохозяйственных машин являются почвообрабатывающие машины или зерноуборочные.

Вид машин составляют машины, входящие в определенную группу и отличающиеся некоторыми техническими признаками (тракторы пропашные и др.).

Разновидность машин – совокупность определенного вида машин, характеризующая общностью непосредственного эксплуатационного назначения (токарные станки для обработки деталей диаметром до 400 мм).

Тип машин – машины определенного вида или группы, отличающиеся конструктивными особенностями. Однотипные машины взаимозаменяемы.

Типоразмеры машин – машины определенного типа, отличающиеся параметрами некоторых технических характеристик.

Итак, в качестве классификационных показателей принимаются те, по которым можно и необходимо произвести классификацию однородной продукции с целью последующего получения количественной оценки уровня качества изделия.

Показатели функциональной и технической эффективности характеризуют полезный эффект от эксплуатации, а также прогрессивность технических решений, реализованных в данной продукции. Эти показатели являются *эксплуатационными*. К ним относятся: производительность, точность выполнения операций, выходная мощность, удельная энергоемкость работы и др.

Функциональные параметры технических изделий – это те параметры, которые являются выходными и характеризуют техническую эффективность выполнения изделием функции по назначению.

Для анализа и отбора наиболее существенных показателей машины и ее элементов необходимо рассмотреть структуру машины, взаимосвязи ее подсистем и элементов, их иерархию.

Здесь обнаруживаются прямые связи, которые обуславливают соответствующие функциональные характеристики машины, и обратные связи, которые предъявляют определенные требования со стороны внешней по отношению к машине среды к выходным характеристикам машины и требования со стороны выходных характеристик машины к параметрам ее элементов.

О содержании функциональных показателей и показателей технической эффективности нельзя говорить обобщенно, т. е. безотносительно к конкретному объекту исследования и к его назначению. Объект, его сущность, принцип действия предопределяют перечень и смысл показателей, характеризующих функциональную и техническую эффективность объекта исследования.

Конструкторские показатели характеризуют основные проектно-конструкторские решения, удобство монтажа и установки, возможность агрегатирования и взаимозаменяемости продукции.

Для продукции, на которую разработана конструкторская документация, применение конструктивных показателей при оценке уровня качества обязательно.

К конструктивным показателям относятся габаритные и присоединительные размеры, коэффициент сборности (блочности), уровень механизации или автоматизации работы изделия, коэффициент эффективности взаимозаменяемости отдельных частей изделия и т. п.

Показатели состава и структуры продукции выражают количество в обработанных материалах примесных химических элементов и структурные состояния этих материалов.

К ним относятся эффективность обработки сырья или материалов, массовая доля компонент, концентрация различных примесей в газообразных и жидких средах, коэффициент механизации или автоматизации и др.

Показатели состава и структуры технических изделий входят в подгруппу конструктивных показателей, а показатели состава и структуры различных материалов и связь их с потребительскими свойствами рассматриваются самостоятельно в силу их специфичности (процентное содержание одного вещества в другом, концентрация примеси в растворах и др.).

Показатели назначения играют важную роль в оценке качества, на их основе часто строят критерии оптимизации процесса управления качеством продукции, используемые для нахождения наилучших управленческих решений. Следует отметить, что практически невозможно разработать постоянную номенклатуру показателей назначения, пригодную для всех видов продукции. Отраслевые документы по оценке уровня качества содержат перечни наиболее часто употребляемых показателей назначения продукции отрасли.

7.2. Показатели надежности

Важнейшей технической характеристикой качества является надежность.

Понятие «надежность» связано с понятием надежды на длительную и безотказную работу. Кроме того, в самом понятии надежности заключается элемент некоторой неуверенности и неопределенности, поэтому надежность изделий оценивается вероятностными характеристиками, основанными на статистической обработке экспериментальных данных.

Сложность количественной оценки надежности исследуемого изделия состоит в том, что это свойство изделий обычно относится к их будущему существованию, иначе говоря, характеристики надежности

носят по отношению к каждому конкретному изделию прогнозный характер.

Надежность является одним из основных свойств продукции. Чем ответственнее функции продукции, тем выше должны быть требования к надежности. Недостаточная надежность изделия приводит к большим затратам на ремонт и поддержание их работоспособности в эксплуатации. Надежность изделий во многом зависит от условий эксплуатации: влажности, механических нагрузок, температуры, давления и др.

Надежность – это свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения эксплуатационных показателей.

Надежность изделия включает следующие количественные характеристики: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Безотказность – свойство изделия непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени.

Работоспособное состояние (работоспособность) – состояние изделия, при котором его параметры находятся в установленных нормативно-технической документацией допусках.

Показателями безотказности являются (единичные показатели):

- вероятность безотказной работы $P(t)$;
- средняя наработка до отказа $T_{ср}$;
- средняя наработка на отказ T_0 ;
- средняя наработка между отказами T ;
- интенсивность отказов $\lambda(t)$;
- поток отказов восстанавливаемого изделия $\lambda_f(t)$;
- средняя частота отказов $\omega(t)$;
- вероятность отказов $Q(t)$.

Вероятность безотказной работы является одной из наиболее значимых характеристик надежности изделия, так как она охватывает все факторы, влияющие на надежность. Для вычисления вероятности безотказной работы используются данные, накапливаемые путем наблюдений за работой при эксплуатации или при специальных испытаниях.

Для определения значения вероятности безотказной работы изделий используют формулу для среднестатистического значения:

$$P(t) = \frac{N - N_o}{N} = \frac{N_p}{N},$$

где N – число наблюдаемых изделий;

N_o – число отказавших изделий за время t ;

N_p – число работоспособных изделий к концу времени t испытаний или эксплуатации.

Расчет среднестатистического времени наработки до отказа (среднего времени безотказной работы) по результатам наблюдений определяют по формуле:

$$T_{cp} = \frac{\sum t_i}{N},$$

где t_i – время безотказной работы i -го изделия;

N – число наблюдаемых изделий.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов.

Показатели долговечности:

– средний ресурс (т. е. среднее время работы до достижения предельного состояния) T_p ;

– гамма-процентный ресурс $T_{p, \gamma}$;

– назначенный ресурс $T_{p, n}$;

– установленный ресурс $T_{p, y}$;

– средний срок службы (календарное время до достижения предельного состояния) T_{cl} ;

– гамма-процентный срок службы $T_{cl, \gamma}$;

– назначенный срок службы $T_{cl, n}$;

– установленный срок службы $T_{cl, y}$.

Средний ресурс изделия определяется по формуле

$$T_p = \frac{\sum T_{p, i}}{N},$$

где $T_{p, i}$ – ресурс i -го объекта;

N – число изделий, поставленных на испытания или в эксплуатацию.

Средний срок службы определяется по формуле

$$T_{cl} = \frac{\sum T_{cl, i}}{N},$$

где $T_{cl, i}$ – срок службы i -го изделия.

Надежность и долговечность обусловлены наступлением таких событий, как повреждение или отказ, а также наработка и технический ресурс.

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправности изделия.

Отказ – событие, в результате которого происходит полная или частичная утрата работоспособности изделия.

Отказы классифицируются по следующим признакам:

- причинам возникновения;
- характеру возникновения;
- характеру проявления;
- возможности устранения.

Наработка – продолжительность (час, цикл) или объем работы изделия (т, км и т. п.).

Ресурс – суммарная наработка изделия от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.

Предельное состояние – состояние изделия, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима по требованиям безопасности или по экономическим соображениям. Предельное состояние наступает в результате исчерпания ресурса или в аварийной ситуации.

Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации изделий или ее возобновления после ремонта от начала его применения до наступления предельного состояния.

Ремонтопригодность – это свойство изделия, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния.

Восстановление – процесс обнаружения и устранения отказа (повреждения) изделия с целью восстановления его работоспособности (устранения неисправности). Основным способом восстановления работоспособности является его ремонт.

Показатели ремонтпригодности:

- среднее время восстановления $T_{в}$;
- вероятность восстановления $P_{в}(t)$;
- коэффициент ремонтосложности R .

Время восстановления – основной показатель ремонтпригодности, характеризующий календарную продолжительность операций по восстановлению работоспособного состояния изделия или профилактических операций по техническому обслуживанию.

Среднее время восстановления определяется по формуле

$$T_{\text{в}} = \frac{\sum T_{\text{в.}k}}{m},$$

где $T_{\text{в.}k}$ – время восстановления k -го объекта, равное сумме времени, затраченного на отыскание отказа $t_{\text{о}}$, и времени $t_{\text{у}}$ на его устранение;

m – число отказов изделия за данный срок испытаний или эксплуатации.

Сохраняемость – свойство изделия сохранять работоспособность при хранении и транспортировании или в перерывах между использованием по назначению.

Показатели сохраняемости:

- средний срок сохраняемости $T_{\text{с}}$;
- гамма-процентный срок сохраняемости $T_{\text{с.}\gamma}$;
- назначенный срок хранения $T_{\text{с.н}}$;
- установленный срок сохраняемости $T_{\text{с.у}}$.

Средний срок сохраняемости технического изделия определяется по формуле

$$T_{\text{с}} = \frac{\sum T_{\text{с.}i}}{N},$$

где $T_{\text{с.}i}$ – срок сохраняемости i -го изделия.

Сроком сохраняемости называется календарная продолжительность хранения и (или) транспортирования изделия в заданных условиях, в течение и после которой значения показателей качества остаются в установленных пределах.

Кроме рассмотренных показателей с надежностью изделия связаны следующие понятия: исправность, неисправность.

Исправность – состояние изделия, при котором оно в данный момент времени соответствует всем требованиям, установленным в отношении его параметров качества.

Неисправность – состояние изделия, при котором оно в данный момент времени не соответствует хотя бы одному из требований, характеризующих нормальное выполнение заданных функций.

Итак, безотказность как одна из важнейших составляющих надежности характеризуется закономерностями возникновения отказов, а ремонтпригодность – закономерностями их предупреждения и устранения.

Долговечность определяется интенсивностью и продолжительностью действия этих закономерностей, их постоянными изменениями в допустимых пределах на протяжении всего срока службы.

Для характеристики надежности применяются **комплексные показатели**, которые вычисляются по данным единичных показателей.

Коэффициент готовности K_r – характеризует вероятность того, что изделие окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение изделия не предусматривается:

$$K_r = \frac{T_o}{T_o + T_b},$$

где T_o – средняя наработка изделия на отказ, т. е. показатель безотказности (определяется как отношение суммарного времени работы изделия за период наблюдения t_c к суммарному количеству отказов изделия m за этот период, т. е. $T_o = t_c / m$);

T_b – среднее время восстановления или время вынужденных простоев изделия из-за отказов – показатель ремонтпригодности (определяется суммой средних величин времени, затрачиваемого на отыскание отказа t_o и необходимого для устранения отказа t_y , т. е. $T_b = t_o + t_y$).

Коэффициент оперативной готовности $K_{o.r}$ – вероятность того, что изделие окажется работоспособным в произвольный момент времени и начиная с этого момента будет работать безотказно в течение заданного интервала времени:

$$K_{o.r} = K_r P(t_0 t_1),$$

где $P(t_0 t_1)$ – вероятность безотказной работы изделия в интервале $(t_0 \div t_1)$;

t_0 – момент времени, с которого возникает необходимость применения изделия по назначению;

t_1 – момент времени, когда применение изделия по назначению прекращается.

Коэффициент технического использования $K_{т.и}$ – отношение математического ожидания наработки изделия за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий наработки, продолжительности технических обслуживаний, плановых ремонтов и unplanned восстановлений за тот же период эксплуатации:

$$K_{т.и} = \frac{T_o}{T_o + \tau_{т.о} + \tau_p + \tau_в},$$

где T_o – средняя наработка на отказ;

$\tau_{т.о}$ – продолжительность технических обслуживаний;

τ_p – продолжительность плановых ремонтов;

$\tau_в$ – продолжительность unplanned восстановлений.

7.3. Показатели технологичности

Показатели технологичности – это показатели, характеризующие свойства продукции, обуславливающие оптимальное распределение затрат материалов, труда, финансовых средств и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации изделия.

Обобщенными показателями технологичности изделий служат трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость и себестоимость.

Единичными показателями технологичности могут быть различные характеристики процесса производственного изготовления изделия.

Различают и оценивают технологичность создания и технологичность эксплуатации.

Производственная технологичность – степень соответствия конструкции изделия оптимальным производственно-технологическим условиям его изготовления при заданном объеме выпуска. Технологичной считается такая конструкция изделия, которая удовлетворяет эксплуатационным требованиям и создание которой при необходимом объеме производства происходит с наименьшими затратами и в кратчайшие сроки.

Эксплуатационная технологичность изделия проявляется в сокращении затрат труда и средств на выполнение работ при использовании

изделия по его функциональному назначению, а также на его техническое обслуживание и ремонт.

Основные показатели технологичности представлены ниже.

Показатели трудоемкости. Трудоемкость – количество труда в человеко-часах, затрачиваемое на технологический процесс изготовления продукции или выполнения работ.

Штучная трудоемкость характеризуется штучным временем:

$$t_{\text{шт.}} = t_o + t_b + t_{т.о},$$

где t_o – основное (технологическое) время;

t_b – вспомогательное время;

$t_{т.о}$ – время технологического обслуживания.

Здесь $t_o = F / N$, где F – заданное время работы, N – число изготовленной продукции, шт.

Суммарная трудоемкость равна сумме трудоемкости по отдельным операциям:

$$T = \sum t_i.$$

Удельная трудоемкость

$$T_{\text{уд}} = T / B,$$

где T – трудоемкость изготовления единицы продукции, нормо-ч;

B – основной параметр продукции (т. е. один из показателей назначения).

Относительная трудоемкость

$$T_{\text{отн}} = t_i / T.$$

Показатели материалоемкости изделия. Данные показатели характеризуют количество материала, затраченного на его изготовление.

Суммарная (общая) материалоемкость

$$M = \sum m_i.$$

Удельная материалоемкость

$$M_{\text{уд}} = M / B,$$

где M – масса единицы продукции, кг.

Относительная материалоемкость

$$M_{\text{отн}} = m_i / M.$$

Показатели себестоимости.

Суммарная себестоимость C определяется как полная себестоимость.

Удельная себестоимость определяется делением суммарной (общей) себестоимости на величину главного параметра этого изделия, руб/ед. гл. параметра:

$$C_{\text{уд}} = C / B.$$

Удельные затраты

$$Z_{\text{уд. об}} = Z_{\text{об}} / B,$$

где $Z_{\text{об}}$ – суммарные затраты на профилактическое обслуживание изделия.

Относительная себестоимость

$$C_{\text{отн}} = C_i / C.$$

К основным показателям технологичности промышленной продукции относят:

– коэффициент сборности (блочности) изделия – выражает простоту монтажа изделия и представляет собой долю конструктивных элементов, входящих в специфицируемые блоки, в общем числе элементов, входящих непосредственно в состав изделия;

– коэффициент использования рациональных материалов – определяется в тех случаях, когда в конструкции изделия с технической и экономической точек зрения целесообразно максимально использовать отдельные виды материалов.

В качестве дополнительных могут быть использованы и другие показатели.

7.4. Показатели экономичности

Показатели экономичности (экономного использования ресурсов) – это показатели, характеризующие расход материальных ресурсов при изготовлении и эксплуатации изделия: масса изделия, расход топлива на единицу полезного действия, число операторов, обслуживающих агрегат.

Показатели экономного использования (расходования) ресурсов характеризуют те свойства изделия, которые отражают его техническое совершенство, но только по количеству потребляемых в процессе работы всевозможных ресурсов.

Показатели экономного использования делятся на две подгруппы:

– показатели экономичности энергопотребления – КПД, удельный расход энергии и т. п.;

– показатели экономичности потребления изделием материальных и трудовых ресурсов – удельный расход сырья, удельный расход материалов и т. п.

Коэффициент полезного действия (КПД) характеризует совершенство машинной техники в части экономного расходования энергии при выполнении полезной работы $A_{п}$: $\eta = A_{п} / A_{дв}$ – отношение работы сил полезного сопротивления к работе движущих сил.

Удельная энергоёмкость работы, или удельное энергопотребление изделия,

$$\Theta_y = \frac{W \Theta K_{и.д} K_{в}}{P_3},$$

где W – номинальная мощность двигателя;

Θ – расход энергии (удельной) на единицу мощности двигателя;

$K_{и.д}$ – коэффициент использования двигателей;

$K_{в}$ – коэффициент пересчета единиц времени;

P_3 – эксплуатационная производительность изделия или другой полезный эффект (пробег – для автомобиля, объем выполненной работы – для строительных и дорожных машин).

Показатели экономичности потребления изделием материальных и трудовых ресурсов

$$T_{о.у} = \frac{T + T_{т.о}}{P_3},$$

где $T_{о.у}$ – удельная трудоемкость;

T – годовая трудоемкость эксплуатационного обслуживания;

$T_{т.о}$ – годовая трудоемкость оперативного технического обслуживания;

P_3 – годовая эксплуатационная производительность изделия.

7.5. Эргономические показатели

Эргономические показатели – это показатели, характеризующие качество изделия с точки зрения приспособленности его к эксплуатации человеком.

Данные показатели делятся на следующие группы:

– **гигиенические** – показатели, используемые при определении соответствия изделия гигиеническим условиям работы человека с изделием (освещенность, температура, влажность, излучение, вибрация, шум и т. п.);

– **антропометрические** – показатели, используемые при определении соответствия изделия размерам, форме и весу человека, работающего с этим изделием (угол наклона спинки сидения, расстояния до рычагов управления и т. п.);

– **физиологические** – показатели, характеризующие соответствие изделия силовым, скоростным и другим возможностям человека;

– **психологические** – показатели, характеризующие соответствие изделия возможностям восприятия и переработки информации.

Оценку эргономических показателей осуществляют путем сопоставления определяемых значений с заданными или базовыми значениями. За базовые значения принимают эргономические требования, приводимые в специальных ГОСТ, РД, НТД и других документах.

7.6. Эстетические показатели

Эстетические показатели – это показатели, характеризующие информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство производственного исполнения и стабильность товарного вида.

Показатели информационной выразительности изделия характеризуют степень отражения в форме изделия сложившихся в обществе эстетических представлений и культурных норм:

- *показатель знаковости;*
- *оригинальность формы;*
- *стилевое соответствие;*
- *соответствие моде.*

Показатели рациональности формы характеризуют соответствие формы изделия его назначению, конструктивному решению, особенностям технологии изготовления и применяемым материалам, а также

учтенность в форме изделия способов и особенностей действий человека с изделием:

- *показатель функционально-конструктивной обусловленности;*
- *показатель эргономической обусловленности.*

Показатели целостности композиции характеризуют гармонию единства частей и целого изделия, ограниченность взаимосвязи элементов формы изделия и его согласованность с другими изделиями:

- *показатель органичной объемно-пространственной структуры;*
- *показатель пластичности;*
- *показатель упорядоченности графических изобразительных элементов и др.*

Показатели совершенства изготовления элементов формы и поверхностей:

- *показатель чистоты контуров сопряжений;*
- *тщательность покрытий и отделки;*
- *четкость исполнения знаков и сопроводительной документации.*

Показатели стабильности товарного вида:

- *устойчивость к повреждениям элементов внешнего вида изделия;*
- *сохраняемость цвета и др.*

Оценку значений эстетических показателей качества изделий осуществляют экспертным методом комиссией, состоящей из квалифицированных специалистов в области художественного конструирования и дизайна. Экспертная комиссия оценивает выбранные эстетические показатели в баллах и определяет коэффициент весомости каждого показателя. На основании полученных значений вычисляют обобщенный показатель эстетичности по формуле

$$\lambda = \sum_{i=1}^n m_i K_i,$$

где m_i – коэффициент весомости i -го показателя;

K_i – оценка единичного i -го показателя эстетичности в баллах;

n – число учитываемых единичных эстетических показателей.

7.7. Патентно-правовые показатели

Патентно-правовые показатели – это в первую очередь показатели патентной защиты и патентной чистоты, которые характеризуют патентную чистоту продукции (технических решений, использованных в изделии), ее конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках.

Группу патентно-правовых показателей подразделяют на две подгруппы:

Показатель патентной защиты определяет степень защиты изделия патентами и авторскими свидетельствами в Республике Беларусь и патентами в странах предполагаемого экспорта или продажи лицензий на отечественные изобретения.

Показатель патентной чистоты определяет степень воплощения в изделие, которое предназначено для реализации только внутри страны, технических решений, не подпадающих под действие выданных в Республике Беларусь патентов исключительного права, а для изделия, предназначенного для реализации и за рубежом, технических решений, не подпадающих также под действие патентов, выданных в странах предполагаемого экспорта. Данный показатель позволяет судить о возможности реализации изделия без препятствий в Республике Беларусь и за рубежом.

При определении патентно-правовых показателей учитывают лишь такие составные части изделия, которые достаточно весомо влияют на уровень его технического совершенства и качества.

Используют два показателя патентной защиты изделия: патентная защита в стране и за рубежом.

Показатель патентной защиты изделия внутри страны

$$P'_{п.з} = \frac{\sum m_i N_i}{N},$$

где m_i – коэффициент весомости составных частей изделия, защищенных патентами или авторскими свидетельствами страны;

N_i – количество составных частей изделия, защищенных патентами и (или) авторскими свидетельствами страны;

N – общее количество составных частей изделия.

Показатель патентной защиты отечественного изделия патентами за рубежом

$$P''_{п.з} = \frac{\delta(\sum m'_i N'_i)}{N},$$

где m'_i – коэффициент весомости составных частей изделия, защищенных зарубежными патентами;

N'_i – количество составных частей изделия, защищенных патентами за рубежом;

δ – коэффициент, зависящий от количества стран, в которых получены патенты для экспорта изделия.

Показатель патентной чистоты изделия выражает правовую возможность реализации изделия как внутри страны, так и за рубежом и упрощенно рассчитывается по формуле

$$P_{п.ч} = \frac{N - \sum m_i N_i}{N},$$

где N_i – количество составных частей изделия (по группам значимости), попадающих под действие патентов данной страны.

Показатель патентной чистоты для патентно-чистого изделия в отношении страны экспорта равняется единице. Изделие, не обладающее патентной чистотой внутри страны, и в отношении зарубежных стран не может быть признано изделием высокого технического уровня.

7.8. Показатели транспортабельности

Показатели транспортабельности – это показатели, характеризующие приспособленность изделий к перемещению в пространстве с помощью различных видов транспорта (автомобильного, железнодорожного, водного, воздушного и др.).

Основные показатели транспортабельности определяют затраты на выполнение операций транспортирования, а также подготовительные и другие операции, связанные с транспортированием продукции.

Наиболее полно транспортабельность определяется стоимостными показателями, которые учитывают затраты основных видов ресурсов (материальных, денежных, трудовых, временных), а также квалификацию и число людей, выполняющих работы по транспортированию.

В группу показателей транспортабельности входят характеристики подготовительных и заключительных операций, связанных с транспортированием изделия к месту его назначения:

- допустимая температура при транспортировании;
- допустимая влажность при транспортировании;
- допустимое давление при транспортировании;
- допустимое время транспортирования;
- допустимый уровень вибрации при транспортировании.

К подготовительным операциям относятся упаковка, погрузка изделия на транспортное средство, крепление и т. п. Заключительные операции – снятие креплений, разгрузка, распаковывание, сборка, установка на рабочее место и т. п.

Основными показателями транспортабельности (кроме перечисленных выше) являются следующие:

коэффициент, характеризующий долю транспортируемых изделий, которые сохраняют в заданных (допустимых) пределах свои первоначальные свойства:

$$K_d = \frac{Q_v}{Q_n} 100 \%,$$

где Q_v – масса или количество изделий (шт.), выгруженных из транспортного средства и сохранивших значения показателей качества в допустимых пределах;

Q_n – масса или количество изделий (шт.), погруженных в транспортное средство для транспортирования;

коэффициент максимально возможного использования емкости (или грузоподъемности) транспортного средства или тары:

$$K_v = \frac{N_v V}{u(1 - Y)},$$

где N_v – максимально возможное использование емкости транспортного средства или тары, выраженное в единицах продукции;

V – объем единицы продукции;

u – емкость транспортного средства или тары;

Y – коэффициент нормативных потерь емкости транспортного средства.

Значения V и u должны быть выражены в одинаковых единицах измерения объема.

Экономическими показателями транспортабельности являются показатели, которые характеризуют затраты, обусловленные выполнением подготовки к транспортированию, самого транспортирования, а также заключительных работ после транспортирования.

Стоимостные показатели учитывают материальные и трудовые затраты, квалификацию и количество людей, участвующих во всех процессах, связанных с транспортированием изделия.

7.9. Показатели стандартизации и унификации

Показатели стандартизации и унификации – это показатели, характеризующие насыщенность изделия стандартными, унифицирован-

ными и оригинальными составными частями (детали, узлы, агрегаты, комплекты и комплексы).

Данные показатели позволяют определить степень конструктивно-го единообразия изделия. Они свидетельствуют о возможности применения минимально необходимого количества типоразмеров составных частей изделия в целях повышения качества продукции и эффективности производства.

Для применения типовых методов расчета показателей качества данной группы составные части изделий принято подразделять на стандартизированные, унифицированные и оригинальные.

К **стандартизированным** относятся составные части изделия, выпускаемые по международным, государственным и отраслевым стандартам.

К **унифицированным** относятся составные части изделия, которые используются, по крайней мере, в двух различных изделиях, выпускаемых одним предприятием.

К **оригинальным** относятся составные части изделия, разработанные только для данного изделия.

К показателям стандартизации и унификации относятся коэффициенты применяемости, повторяемости, взаимной унификации для группы изделий.

Основными показателями стандартизации и унификации являются следующие:

коэффициент применяемости по типоразмерам составных частей:

$$K_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{т}} - Q_{\text{т.ор}}}{Q_{\text{т}}} 100 \%,$$

где $Q_{\text{т}}$ – общее количество типоразмеров составных частей в изделии;

$Q_{\text{т.ор}}$ – количество оригинальных типоразмеров составных частей в изделии;

коэффициент применяемости по составным частям (шт.):

$$K_{\text{пр. шт}} = \frac{Q_{\text{штг}} - Q_{\text{штг.ор}}}{Q_{\text{штг}}} 100 \%,$$

где $Q_{\text{штг}}$ – общее количество составных частей в изделии;

$Q_{\text{штг.ор}}$ – количество оригинальных составных частей в изделии;

коэффициент повторяемости:

$$K_n = \frac{Q_{шт}}{Q_r} 100 \%,$$

стоимостной коэффициент применяемости:

$$K_c = \frac{C_{об} - C_o}{C_{об}} 100 \%,$$

где $C_{об}$ – общая стоимость изделия;

C_o – стоимость составных частей изделия, входящих в оригинальные типоразмеры.

7.10. Экологические показатели

Экологические показатели – это показатели, характеризующие уровень вредных воздействий на окружающую среду в процессе производства и эксплуатации изделия. Данные воздействия проявляются в виде загрязнения воды и земли.

Одним из основных источников вредного или опасного влияния на окружающую человека среду считаются работающие изделия машиностроительного производства.

С целью выявления возможных вредных воздействий (химических, механических, звуковых, радиационных) на окружающую природную среду и для включения в номенклатуру показателей качества продукции экологических показателей при оценке качества технического изделия проводится анализ его работы.

К числу таких показателей можно отнести следующие:

- вероятность вредных выбросов в окружающую среду (атмосферу) – воздух, воду, землю);
- содержание (концентрацию) вредных примесей, выбрасываемых в окружающую среду;
- уровень радиационного излучения при изготовлении, хранении, транспортировке и потреблении (эксплуатации) продукции и др.

С другой стороны, экологические показатели можно разделить на три основные группы:

- *показатели, связанные с использованием материальных ресурсов природы* – ресурсоемкость изготовления техники, показатели потребления невозполнимых материальных ресурсов при эксплуатации и при ремонтах;

– *показатели, связанные с использованием природных энергетических ресурсов* – показатели расходования природных энергетических носителей на стадиях жизненного цикла изделия;

– *показатели, связанные с загрязнением окружающей среды* – параметры различных видов загрязнения окружающей среды и ущерба от этих загрязнений на различных стадиях жизненного цикла изделия.

Нормы на экологические показатели определяются стандартами, рекомендациями и правилами ИСО и других международных организаций, занимающихся вопросами охраны окружающей среды, международными техническими регламентами и нормативами:

По мере ухудшения состояния окружающей среды в промышленных центрах и крупных мегаполисах экологические показатели приобретают все большее значение в общей системе показателей качества продукции. Поэтому при оценке технического уровня продукции с учетом экологических показателей учитывают требования и нормы международных стандартов.

7.11. Показатели безопасности

Показатели безопасности – это показатели, характеризующие безопасность обслуживающего персонала и сопрягаемых объектов при обращении и эксплуатации изделия.

К показателям безопасности следует отнести вероятность безопасной работы человека в конкретных условиях в течение определенного времени; время срабатывания блокировочных и защитных устройств; электропрочность высоковольтных линий передач и т. д.

К показателям безопасности работы человека при санкционированных режимах эксплуатации, потребления, монтажа, обслуживания, транспортирования и хранения продукции могут быть отнесены также гигиенические показатели, входящие в группу эргономических показателей качества.

Применительно к машинам и оборудованию **безопасность** – это их свойство удовлетворять требованиям безопасности при выполнении заданных функций в условиях, установленных нормативно-технической документацией.

К числу показателей безопасности могут относиться:

– *вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени;*

– коэффициент безопасности, определяемый отношением количества показателей безопасности N_6 , соответствующих нормативно-технической документации по безопасности труда с оцениваемым изделием, к общему количеству номенклатуры показателей безопасности N_0 , относящихся к данному изделию:

$$K_6 = \frac{N_6}{N_0}.$$

Если $K_6 < 1$, то необходимо осуществить управленческие и технические мероприятия по приведению изделия в нормативно безопасное состояние.

Оценку уровня качества изделия производят с учетом показателей безопасности и их норм.

Нормы на показатели безопасности определяются государственными стандартами по безопасности труда; нормами и правилами по технике безопасности, пожарной безопасности, радиационной безопасности, производственной санитарии и т. д.; нормативами и документами СЭВ, ИСО, публикациями МЭК и других международных организаций по стандартизации, международными регламентами.

Для оценки безопасности технического изделия определяют показатели, которые непосредственно характеризуют условия труда с оцениваемым изделием, т. е. устанавливают численные значения параметров загазованности, запыленности, шума, вибрации, освещенности; показатели частоты и тяжести травматизма и другие показатели.

При оценке безопасности первоначально определяют $X_{ст}$ – степень вредности (опасности) неблагоприятного фактора и (или) тяжести работ с техническим изделием. Степень вредности оценивают в баллах.

Уровень безопасности изделия (Y_6) по коэффициенту безопасности количественно оценивается по формуле

$$Y_6 = \frac{K_{6, \text{оц}}}{K_{6, \text{баз}}}.$$

где $K_{6, \text{оц}}$ – параметр безопасности оцениваемого изделия;

$K_{6, \text{баз}}$ – параметр безопасности базового изделия.

Более точная оценка уровня безопасности изделия может быть осуществлена комплексным методом с учетом всех единичных показателей безопасности и их значимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жданко, Д. А. Методы оценки технического уровня машин и оборудования: учеб. пособие / Д. А. Жданко, Т. А. Непарко. – Минск: БГАТУ, 2022. – 112 с.
2. Короткевич, А. В. Основы испытаний сельскохозяйственной техники: учеб. пособие / А. В. Короткевич. – Минск: БАТУ, 1998. – 442 с.
3. Дивин, А. Г. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: учеб. пособие: в 5 ч. / А. Г. Дивин, С. В. Пономарев. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – Ч. 1. – 104 с.
4. Михеева, Е. Н. Управление качеством: учебник / Е. Н. Михеева, М. В. Сероштан. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Дашков и К, 2011. – 532 с.
5. Костюченков, Н. В. Эксплуатационные свойства мобильных агрегатов: учеб. пособие / Н. В. Костюченков, А. М. Плаксин; под ред. А. М. Плаксина. – Астана: КАТУ им. Сейфуллина, 2010. – 204 с.
6. Лиханов, В. А. Испытания двигателей внутреннего сгорания и топливной аппаратуры дизелей: учеб. пособие / В. А. Лиханов, Р. Р. Девятьяров. – 4-е изд., испр. и доп. – Киров: Вятская ГСХА, 2010. – 106 с.
7. Балакин, В. А. Испытания сельскохозяйственных машин: курс лекций / В. А. Балакин, А. А. Иванов. – Гомель: Гомельский ГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 104 с.
8. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учеб. пособие / М. М. Канне, Б. В. Иванов, В. Н. Корешков, А. Г. Схиртладзе. – СПб.: Питер, 2008. – 560 с.
9. Карташевич, А. Н. Испытания двигателей внутреннего сгорания: лекция / А. Н. Карташевич, А. А. Рудашко. – Горки: БГСХА, 2007. – 31 с.
10. Андросов, А. А. Надежность технических систем: конспект лекций / А. А. Андросов. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2007. – 28 с.
11. Вахламов, В. К. Автомобили: эксплуатационные свойства: учебник / В. К. Вахламов. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 238 с.
12. Рогов, В. А. Методика и практика технических экспериментов: учеб. пособие / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. – М.: Академия, 2005. – 283 с.
13. Ивашко, В. С. Надежность технических систем: курс лекций / В. С. Ивашко, В. В. Кураш, П. Е. Круглый. – Минск: БГАТУ, 2003. – 153 с.
14. Набоких, В. А. Испытания электрооборудования автомобилей и тракторов: учебник для студентов высш. учеб. заведений / В. А. Набоких. – М.: Академия, 2003. – 253 с.
15. Боровиков, С. М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности: конструкторская документация / С. М. Боровиков. – Минск: Дизайн ПРО, 1998. – 336 с.
16. Хайлис, Г. А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев. – М.: Колос, 1994. – 169 с.
17. Ильичев, А. В. Эффективность проектируемой техники: основы анализа / А. В. Ильичев. – М.: Машиностроение, 1991. – 336 с.
18. Автомобили. Испытания: учеб. пособие / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес [и др.]; под ред.: М. С. Высоцкого, А. И. Гришкевича. – Минск: Вышэйш. шк., 1991. – 187 с.
19. Литвинов, А. С. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств: учебник / А. С. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
20. Сухаренко, В. И. Организация и проведение испытаний сельскохозяйственной техники: Опыт Центральной машиноиспытательной станции / В. И. Сухаренко,

Н. И. Верещагин, В. Д. Василевский [и др.]. – Вып. 2. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 112 с.

21. Шаров, Н. М. Эксплуатационные свойства машинно-тракторных агрегатов: учеб. пособие / Н. М. Шаров. – М.: Колос, 1981. – 240 с.

22. Испытания сельскохозяйственной техники: учебник / С. В. Кардашевский, Л. В. Погорелький, Г. М. Фудиман [и др.]. – М.: Машиностроение, 1979. – 288 с.

23. ГОСТ 15.309-98. Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения. – Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск, 2002. – 13 с.

24. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. – Введ. 01.01.1982. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 26 с.

25. ГОСТ 27388-87. Эксплуатационные документы сельскохозяйственной техники. – Введ. 01.07.1988. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 24 с.

26. ГОСТ 28714-2007. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний. – Введ. 01.01.2009. – М.: Стандартинформ, 2009. – 44 с.

27. ГОСТ 28301-2007. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. – Введ. 01.01.2010. – М.: Стандартинформ, 2010. – 36 с.

28. ГОСТ 54779-2011. Комбайны кукурузоуборочные. Методы испытаний. – Введ. 01.03.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 32 с.

29. ГОСТ 54782-2011. Машины кормоуборочные. Методы испытаний. – Введ. 01.03.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 46 с.

30. ГОСТ 54781-2011. Машины для уборки картофеля. Методы испытаний. – Введ. 01.03.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 32 с.

31. СТБ 1218-2000. Разработка и постановка продукции на производство. Термины и определения. – Введ. 01.07.2000. – Минск: Госстандарт, 2000. – 36 с.

32. СТБ 1578-2005. Техника сельскохозяйственная. Разработка и постановка на производство. – Введ. 10.10.2005. – Минск: Госстандарт, 2005. – 16 с.

33. СТБ 1215-2000. Авторский надзор в процессе производства и эксплуатации продукции. Организация и проведение. – Введ. 01.07.2000. – Минск: Госстандарт, 2005. – 8 с.

34. СТБ 1080-2011. Порядок выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию научно-технической продукции. – Введ. 01.02.2012. – Минск: Госстандарт, 2011. – 22 с.

35. СТБ 1616-2011. Техника сельскохозяйственная. Показатели надежности. – Введ. 01.09.2011. – Минск: Госстандарт, 2011. – 15 с.

36. ТКП 070-2007 (02150) (СТО АИСТ 10 8.22-2003) Сельскохозяйственная техника. Комбайны зерноуборочные. Правила установления показателей назначения. – Введ. 15.06.2007. – Минск: БелГИСС, 2007. – 12 с.

37. ТКП 071-2007 (02150) (СТО АИСТ 10 8.24-2003) Сельскохозяйственная техника. Машины для уборки кукурузы. Правила установления показателей назначения. – Введ. 15.06.2007. – Минск: БелГИСС, 2007. – 12 с.

38. ТКП 072-2007 (02150) (СТО АИСТ 4.1-2004) Сельскохозяйственная техника. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 15.06.2007. – Минск: БелГИСС, 2007. – 44 с.

39. ТКП 073-2007 (02150) (СТО АИСТ 4.3-2004) Сельскохозяйственная техника. Машины и орудия для обработки пропашных культур. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 15.06.2007. – Минск: БелГИСС, 2007. – 52 с.

40. ТКП 078-2007 (02150) (СТО АИСТ 10 5.6-2003) Сельскохозяйственная техника. Машины посевные и посадочные. Правила установления показателей назначения. – Введ. 10.10.2007. – Минск: БелГИСС, 2007. – 40 с.
41. ТКП 079-2007 (02150) (СТО АИСТ 10 4.6-2003) Сельскохозяйственная техника. Машины почвообрабатывающие. Правила установления показателей назначения. – Введ. 10.10.2007. – Минск: БелГИСС, 2007. – 32 с.
42. ТКП 080-2007 (02150) (СТО АИСТ 4.2-2004) Сельскохозяйственная техника. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 10.10.2007. – Минск: БелГИСС, 2007. – 44 с.
43. ТКП 082-2007 (02150) (СТО АИСТ 7.3-2004) Сельскохозяйственная техника. Машины для транспортирования и внесения жидких удобрений. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 10.10.2007. – Минск: БелГИСС, 2007. – 56 с.
44. ТКП 136-2008 (02150) (СТО АИСТ 8.2-2004) Сельскохозяйственная техника. Косилки и косилки-плющилки. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 30.08.2008. – Минск: БелГИСС, 2008. – 36 с.
45. ТКП 148-2008 (02150) (ОСТ 10 1.1-98) Испытания сельскохозяйственной техники, машин и оборудования для переработки сельскохозяйственного сырья. Основные положения. – Введ. 01.02.2009. – Минск: БелГИСС, 2009. – 24 с.
46. ТКП 150-2008 (02150) (СТО АИСТ 8.9-2004) Сельскохозяйственная техника. Машины для уборки льна. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.02.2009. – Минск: БелГИСС, 2009. – 52 с.
47. ТКП 152-2008 (02150) (ОСТ 10.19.1-99) Сельскохозяйственная техника. Раздатчики кормов. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.02.2009. – Минск: БелГИСС, 2009. – 32 с.
48. ТКП 194-2009 (02150) (ОСТ 10 2.1-97) Сельскохозяйственная техника. Испытания сельскохозяйственной техники, машин и оборудования для переработки сельскохозяйственного сырья. Техническая экспертиза. – Введ. 01.01.2010. – Минск: ГУ «Белорусская МИС», 2010. – 32 с.
49. ТКП 195-2009 (02150) (СТО АИСТ 23.6-2006) Сельскохозяйственная техника. Машины для уборки трав и силосных культур с измельчением для приготовления влажного и сухого корма. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.01.2010. – Минск: ГУ «Белорусская МИС», 2010. – 56 с.
50. ТКП 196-2009 (02150) (СТО АИСТ 8.1-2006) Сельскохозяйственная техника. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. – Введ. 01.01.2010. – Минск: ГУ «Белорусская МИС», 2010. – 48 с.
51. ТКП 273-2010 (02150) (СТО АИСТ 19.2-2008) Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.06.2011. – Минск: БелГИСС, 2011. – 48 с.
52. ТКП 274-2010 (02150) (ГОСТ Р 52759-2007) Сельскохозяйственная техника. Машины для внесения твердых органических удобрений. Порядок определения показателей. – Введ. 01.06.2011. – Минск: БелГИСС, 2011. – 40 с.
53. ТКП 275-2010 (02150) (ГОСТ Р 52758-2007) Сельскохозяйственная техника. Погрузчики и транспортеры сельскохозяйственного назначения. Порядок определения показателей. – Введ. 01.06.2011. – Минск: БелГИСС, 2011. – 56 с.
54. ТКП 276-2010 (02150) (ГОСТ Р 52757-2007) Сельскохозяйственная техника. Машины свеклоуборочные. Порядок определения показателей. – Введ. 01.06.2011. – Минск: БелГИСС, 2011. – 40 с.

55. ТКП 277-2010 (02150) (СТО АИСТ 8.5-2006) Сельскохозяйственная техника. Машины для уборки и послеуборочной обработки картофеля. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.06.2011. – Минск: БелГИСС, 2011. – 48 с.
56. ТКП 278-2010 (02150) (СТО АИСТ 23.5-2008) Сельскохозяйственная техника. Машины для уборки сена и соломы. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.06.2011. – Минск: БелГИСС, 2011. – 40 с.
57. ТКП 279-2010 (02150) (СТО АИСТ 10 8.23-2003) Сельскохозяйственная техника. Машины для уборки сахарной свеклы. Правила установления показателей назначения. – Введ. 01.06.2011. – Минск: БелГИСС, 2011. – 20 с.
58. ТКП 282-2010 (02150) (СТО АИСТ 2.8-2007) Сельскохозяйственная техника. Надежность. Порядок определения показателей. – Введ. 01.06.2011. – Минск: БелГИСС, 2011. – 50 с.
59. ТКП 285-2010 (02150) (СТО АИСТ 28.1-2008) Сельскохозяйственная техника. Очистители и охладители молока. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.06.2011. – Минск: БелГИСС, 2011. – 24 с.
60. ТКП 324-2011 (02150) (ГОСТ Р 53053-2008) Сельскохозяйственная техника. Опрыскиватели. Порядок определения показателей. – Введ. 01.06.2012. – Минск: БелГИСС, 2012. – 48 с.
61. ТКП 325-2011 (02150) (СТО АИСТ 13.1-2005) Сельскохозяйственная техника. Транспортные средства. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.06.2012. – Минск: БелГИСС, 2012. – 20 с.
62. ТКП 326-2011 (02150) (СТО АИСТ 32.3-2007) Сельскохозяйственная техника. Комплекты машин и оборудования для молочно-товарных ферм. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.06.2012. – Минск: БелГИСС, 2012. – 36 с.
63. ТКП 333-2011 (02150) (СТО АИСТ 8.13-2005) Сельскохозяйственная техника. Машины для уборки и первичной обработки кукурузы. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.06.2012. – Минск: БелГИСС, 2012. – 40 с.
64. ТКП 396-2012 (02150) (СТО АИСТ 32.1-2007) Сельскохозяйственная техника. Комплекты машин и оборудования для выращивания и откорма крупного рогатого скота. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.06.2013. – Минск: ГУ «Белорусская МИС», 2013. – 32 с.
65. ТКП 400-2012 (02150) (СТО АИСТ 25.1-2008) Сельскохозяйственная техника. Установки доильные для коров. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 01.06.2013. – Минск: ГУ «Белорусская МИС», 2013. – 48 с.
66. ТКП 583-2015 (33170) Сельскохозяйственная техника. Порядок оценки неопределенности (погрешности) при испытаниях сельскохозяйственной, мелиоративной, дорожно-строительной техники и тракторов. – Введ. 01.06.2016. – Минск: ГУ «Белорусская МИС», 2016. – 66 с.
67. ТКП 626-2018 (33150) Порядок разработки и постановки продукции на производство. – Введ. 01.01.2019. – Минск: БелГИСС, 2019. – 36 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ	4
1.1. Проблема повышения качества и конкурентоспособности	4
1.2. Система оценки качества в инженерных задачах	5
1.3. Основные положения квалиметрии	7
1.4. Основные термины и определения квалиметрии	10
1.5. Метрология и ее составляющие	13
2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	19
2.1. Укрупненная схема основных этапов процедуры оценки уровня качества продукции. Определение цели оценки качества продукции	19
2.2. Классификация продукции и выбор номенклатуры показателей качества	21
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ	34
3.1. Выбор базовых образцов и определение базовых показателей качества	34
3.2. Методы определения значений показателей качества продукции	40
4. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОДУКЦИИ	42
4.1. Классификация продукции и методов оценки ее технического уровня	42
4.2. Оценка технического уровня однородной продукции	43
4.3. Оценка технического уровня разнородной продукции	58
5. ГОДНАЯ И ДЕФЕКТНАЯ ПРОДУКЦИЯ. СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	59
5.1. Индекс и коэффициент дефектности продукции	59
5.2. Классификация годной и дефектной продукции	61
5.3. Контрольная карта как инструмент статистического регулирования технологического процесса	66
6. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОДУКЦИИ	68
6.1. Составление карты технического уровня продукции	68
6.2. Оценка технического уровня продукции на различных стадиях ее жизненного цикла	69
7. СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ	72
7.1. Показатели назначения	72
7.2. Показатели надежности	75
7.3. Показатели технологичности	81
7.4. Показатели экономичности	83
7.5. Эргономические показатели	85
7.6. Эстетические показатели	85
7.7. Патентно-правовые показатели	86
7.8. Показатели транспортабельности	88
7.9. Показатели стандартизации и унификации	89
7.10. Экологические показатели	91
7.11. Показатели безопасности	92
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	94

Учебное издание

Коцуба Виктор Иосифович
Левчук Виталий Анатольевич

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ
МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

Пособие

Редактор *О. Г. Ковалевская*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 17.02.2026. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 5,81. Уч.-изд. л. 4,19.
Тираж 20 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.