

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Псковский государственный политехнический институт

И.Г. Ершова

# **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ МАШИН**

**Методические указания по выполнению  
практических заданий**

Для студентов экономических специальностей



Псков  
Издательство ППИ  
2010

УДК 621.753  
ББК 30.10  
Е 80

*Рекомендовано к изданию Научно-методическим советом  
Псковского государственного политехнического института*

**Ершова И.Г.**

Е 80

Методы оценки технического уровня машин : Метод. указания по выполнению практических заданий. – Псков : Издательство ППИ, 2010. – 24 с.: ил.

Методические указания предназначены для студентов экономических специальностей и направлений подготовки дипломированных специалистов и подготовки бакалавров.

УДК 621.753  
ББК 30.10

© Ершова И.Г., 2010

© Псковский государственный политехнический институт, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Практическая работа №1 «Анализ проблемной ситуации, постановка задачи».....	4
2.	Практическая работа №2 «Дифференциальный метод оценки».....	11
3.	Практическая работа №3 «Комплексный метод оценки».....	16
4.	Практическая работа №4 «Экспертный метод оценки».....	18
5.	Примерные темы рефератов.....	21
6.	Перечень вопросов для подготовки и сдачи экзамена по дисциплине «Методы оценки технического уровня машин» .....	22
7.	Список литературы .....	23

## Практическая работа №1. «Анализ проблемной ситуации, постановка задачи»

### I. Теоретическая часть.

Постановка задачи — нелегкая работа. Однако нужно всегда помнить, что правильная постановка творческой инженерной задачи — это половина ее решения. Она часто связана с отсечением многих бесперспективных и тупиковых направлений поиска. Нередки случаи, когда решение задачи находят в процессе ее постановки. Поэтому не следует экономить время на анализ и постановку задачи.

#### **Операция 1. Описание проблемной ситуации.**

Эта операция представляет собой самую предварительную краткую формулировку задачи, в которой должны содержаться ответы на следующие вопросы:

- В чем состоит затруднение или проблемная ситуация и какова ее предыстория?
- Что требуется сделать для устранения проблемной ситуации, т.е. какую потребность нужно удовлетворить?
- Что мешает устранению проблемной ситуации или достижению цели?
- Что дает решение задачи для людей, предприятия, народного хозяйства?

#### **Описание проблемной ситуации.**

*Внутри цеха имеется пневмотранспорт с диаметром трубы 300 мм, который периодически доставляет на рабочие места порошок и мелкие пластмассовые заготовки. Цех перевели на изготовление новой продукции, для производства которой на рабочие места требуется подавать еще и крупные заготовки с габаритными размерами, значительно превышающими диаметр трубопровода.*

*Необходимо обеспечить механизированную подачу крупных заготовок от склада до рабочих мест.*

*Крупные заготовки нельзя доставлять пневмотранспортом из-за малого диаметра труб. Внутри цеха отсутствуют транспортные дорожки, что затрудняет использование колесного транспорта. В верхней части цеха нет свободного пространства для установки и работы кранового оборудования.*

*Решение задачи позволит исключить ручное транспортирование заготовок в данном цехе и в других аналогичных случаях.*

#### **Операция 2. Описание функции (назначения) технического объекта ТО.**

Описание содержит четкую и краткую характеристику технического средства, с помощью которого можно удовлетворить возникшую потребность. При этом рекомендуется давать сначала качественное, а затем количественное описание функции, которую требуется реализовать с помощью разрабатываемого ТО.

#### **Описание функций пневмотранспорта**

Наименование ТО	Описание функции		
	а) действие	б) объект	в) условия
I. Пневмотранспорт внутри цеха	транспортирует	крупные заготовки	между складом и рабочими местами
	транспортирует	крупные заготовки с габаритными размерами 420× 275× 350 мм	между складом и рабочими местами на расстояние до 60 м

### **Операция 3. Выбор прототипа и составление списка требований.**

В описании проблемной ситуации часто указывают прототип, который требуется усовершенствовать. Этот исходный прототип обычно приходится брать за основу при поиске улучшенного решения. Кроме этого, рекомендуется выбрать еще 1—2 дополнительных прототипа, имеющих определенные достоинства по сравнению с исходным. При этом в первую очередь используются существующие в практике изделия на уровне лучших мировых образцов, аналогичные технические решения в ведущем классе ТО. Ведущий класс ТО по сравнению с рассматриваемым имеет близкую функцию и более высокий технический уровень. Например, для автомобилестроения ведущим классом может быть авиация, для строительства - машиностроение.

При выборе дополнительных прототипов рекомендуется использовать словари технических функций, МКИ (международную классификацию изобретений), патентные описания за последние 5—10 лет (как по рассматриваемому, так и функционально близким классам ТО), каталоги выставок и т. д. Может быть также использована прямая мозговая атака.

Список основных требований к прототипу составляют в зависимости от уровня его описания в виде списка требований к принципу действия или техническому решению. Иногда при выборе прототипа удается найти подходящее решение и тем самым снять проблемную ситуацию. В этом случае при дефиците времени и ресурсов можно прекратить решение задачи поиска улучшенного технического решения. Однако при наличии времени почти всегда имеет смысл и есть возможность улучшить найденное решение и тем самым отодвинуть время возникновения новой проблемной ситуации.

*В примере в качестве прототипов взяты имеющийся пневмотранспорт и транспортеры.*

### **Операция 4. Составление списка недостатков прототипа.**

Как следует из закона прогрессивной конструктивной эволюции ТО, каждый используемый ТО обычно имеет некоторый список недостатков, устранение которых обеспечивает получение новой улучшенной модификации ТО. При выполнении этой операции необходимо стремиться выявить все недостатки прототипа, которые могут быть устранены в новом изделии, т. е. для каждого прототипа следует указать:

- критерии развития ТО;
- показатели, не соответствующие сформулированной функции;
- факторы, снижающие эффективность или затрудняющие использование прототипа;
- показатели, которые желательно улучшить.

Для каждого критерия, показателя и фактора следует дать по возможности количественную оценку с перспективой на будущее. Перечень требующих улучшения критериев, показателей и факторов с их количественной оценкой будем называть списком недостатков прототипа. Полученный список недостатков необходимо упорядочить по степени важности их устранения и выделить самые важные недостатки, устранение которых будем считать главными целями решения задачи.

При выполнении этой операции рекомендуется использовать существующие (а также самим составлять и развивать) проблемно и объектно (предметно) ориентированные списки недостатков

#### ***Список недостатков пневмотранспорта в цехе:***

*1. Если использовать пневмотранспорт, то возникают значительные дополнительные затраты, связанные с демонтажем трубопроводов и установкой новых трубопроводов с большим диаметром, например 600 мм.*

2. После установки трубопровода с диаметром 600 мм могут появиться заготовки с габаритными размерами, превышающими этот диаметр, что потребует новую замену трубопровода.

3. Заготовки при движении в трубопроводе ударяются, трутся и в результате теряют товарный вид, что противоречит тенденции повышения качества изделий.

4. При транспортировании по трубам более крупных заготовок повышается шум в цехе.

Упорядочение этих недостатков по важности их устранения: 1, 3, 4, 2. Главные цели решения задачи — устранение недостатков 1, 3.

### **Операция 5. Предварительная формулировка задачи.**

Кратко обобщаются результаты, полученные при выполнении операций 1—4. При этом задача традиционно содержит две части: «дано» и «требуется». Такое обобщение дает комплексное легко обозримое представление о задаче, что способствует продуктивной работе.

Дано:

а) качественное или количественное (в зависимости от характера задачи) описание функции и ограничений, накладываемых на реализацию функций;

б) перечень и описание возможных прототипов и списки требований к ним;

в) списки недостатков прототипов.

Требуется:

в процессе решения задачи так изменить прототип, т.е. найти такое новое техническое решение, которое бы реализовало интересующую функцию и не имело (или имело в меньшей мере) недостатки, присущие прототипу.

*Пример.* Требуется так изменить существующий в цехе пневмотранспорт, чтобы:

1) он обеспечивал транспортирование заготовок сечением 600 × 600 мм;

2) были значительно снижены или исключены дополнительные затраты, связанные с демонтажом трубопроводов и установкой труб с большим диаметром;

3) была значительно снижена или исключена порча заготовок от ударов и трения в трубопроводе.

**Операция 6. Анализ функций прототипа и построение улучшенной конструктивной функциональной структуры.** После этого проводят корректировку (улучшение) ФС, для чего необходимо ответить на вопросы:

а. Какие можно ввести новые функциональные элементы, обеспечивающие устранение недостатков прототипа или существенное повышение эффективности и качества ТО? Дают название таким элементам и описывают их функции.

б. Какие можно исключить элементы для устранения недостатков прототипа или повышения эффективности и качества ТО?

в. Какие элементы целесообразно исключить путем передачи их функций другим элементам?

г. Для каких элементов, имеющих несколько функций, целесообразно разделение функций, введение вместо одного двух или более элементов? Дают названия новым элементам и описывают их функции.

После ответа на перечисленные вопросы строят улучшенную конструктивную ФС. При этом возможны ситуации, когда не удастся изменить ФС прототипа или появляется несколько альтернативных улучшенных ФС.

### **Операция 7. Анализ функций вышестоящей по иерархии системы.**

Почти всегда рассматриваемый ТО можно представить как элемент в другой, более сложной технической системе (например, деталь в узле, узел в машине, машина в технологической линии цеха и т. д.).

Для анализа необходимо:

1. Выделить вышестоящую по иерархии систему, в которой в качестве отдельных элементов (подсистем) выступают рассматриваемой ТО и другие смежные с ним объекты (другие ТО, окружающая среда, человек и т. д.).

2. Описать функции всех элементов, входящих в выделенную систему, и построить конструктивную ФС.

3. Выяснить возможность удовлетворения потребности, т. е.:

- можно ли выполнить функцию рассматриваемого ТО путем внесения изменений в смежные объекты;
- нельзя ли какому-либо смежному объекту частично или полностью передать выполнение функции рассматриваемого ТО;
- что мешает внесению необходимых изменений и нельзя ли устранить мешающие факторы.

4. Сформулировать по аналогии с операцией 5 задачу внесения изменений в смежные объекты. Провести технико-экономическое сравнение первоначальной постановки задачи по операции 5 с задачей внесения изменения в смежные объекты. Если последняя более эффективна, то следует проработать ее по операциям 1—6.

*Пример.* В рассматриваемой задаче с пневмотранспортом вышестоящая по иерархии система включает: пневмотранспорт, склад материалов, рабочие места. Построение ФС между этими элементами не вызывает затруднений. Проработка по пп. 3, 4 не приводит к интересным идеям внесения изменений в смежные объекты (если не считать идею приближения склада к рабочим местам или наоборот, которая в данном случае неприемлема). Это говорит о том, что в эвристических методах некоторые операции или приемы при решении конкретных задач «не срабатывают», хотя в других случаях они приводят к интересным результатам.

### **Операция 8. Выявление причин возникновения недостатков.**

Проводятся более углубленный анализ и изучение задачи в направлении выявления причин возникновения недостатков в прототипе, сформулированных при выполнении операции 4.

Следует сопоставить каждый недостаток и причину его возникновения и попытаться ответить на вопрос: можно ли полностью или частично избавиться от недостатка, исключив причину его возникновения?

Номер недостатка	Причина возникновения недостатка	Можно ли и как в принципе устранить причину возникновения недостатка
1	Замена трубопровода	Да, если не заменять трубопровод
2	Дальнейшее возрастание габаритных размеров заготовок	Да, если принять диаметр трубопровода с большим запасом или если трубопровод не будет зависеть от габаритных размеров заготовок
3	Удары и трение заготовок между собой и о стенки труб	Да, если исключить удары и трение
4	4.1. Удары и трение заготовок о стенки	4.1. Да, если исключить удары и трение
	4.2. Движение с большой скоростью и под большим давлением воздуха в трубе	4.2. Да, понизив шум путем звукоизоляции и уменьшения утечек воздуха

### **Операция 9. Выявление и анализ противоречий развития.**

При выявлении и анализе противоречий развития выполняют следующие процедуры.

1. Из списка недостатков прототипа, выявленных в операции 4, выберите недостатки, связанные с улучшением количественных показателей и в первую очередь относящиеся к критериям развития ТО.

2. При рассмотрении каждого такого показателя ответьте на вопросы: какой показатель ТО существенно ухудшается при улучшении рассматриваемого показателя; какие факторы (константы, стандарты и т. д.) ограничивают улучшение желаемого показателя.

*В задаче улучшения пневмотранспорта противоречия развития имеют место при устранении недостатков 1, 4, выявленных в операции 4.*

### **Операция 10. Формирование идеального технического решения ИТР.**

Определение ИТР. Будем считать техническое решение идеальным, если оно имеет одно или несколько из следующих свойств:

1. В ИТР размеры ТО приближаются или совпадают размерами обрабатываемого или транспортируемого объекта, а чистая масса ТО намного меньше массы обрабатываемого объекта.

2. В ИТР масса и размеры ТО или его главных функциональных элементов приближаются к нулю, а в предельном случае равны нулю (когда устройства вообще нет, но необходимая функция выполняется).

3. В ИТР время обработки объекта приближается к нулю или равно нулю.

4. В ИТР КПД приближается к единице или равен единице, а расход энергии приближается к нулю или равен нулю.

5. В ИТР все части ТО все время выполняют полезную работу в полную меру своих расчетных возможностей.

6. ТО, имеющий ИТР, функционирует бесконечно длительное время без ремонта и остановок.

7. ТО, имеющий ИТР, функционирует без человека или при его минимальном участии.

8. ТО, имеющий ИТР, не оказывает никакого отрицательного влияния на человека и окружающую природную среду.

*Применительно к задаче с пневмотранспортом можно дать следующую формулировку ИТР. Крупные заготовки без особых дополнительных средств и затрат (или вообще без всяких средств и затрат) сами собой движутся или передаются от склада к рабочим местам.*

### **Операция 11. Улучшение других показателей ТО.**

При разработке новой модели или нового поколения ТО стремятся сделать изделия, которые не только бы устраняли главные видимые недостатки (определенные в операции 4), но и имели значительные преимущества перед существующими изделиями по комплексу всех существенных показателей. Поэтому по отношению к выбранным в операции прототипам рекомендуется провести анализ и ответить на вопросы:

- Какие еще можно устранить недостатки в прототипе?
- Какие показатели могут быть дополнительно улучшены и на сколько?

При ответе на эти вопросы следует рассмотреть возможности улучшения средств выполнения функций, сформулированных в операциях 6, 7; устранения недостатков, выявленных в операциях 8, 9; приближения к ИТР. Кроме того, полезно использовать существующие (а также самим составлять и развивать) проблемно и объектно ориентированные списки критериев развития ТО, списки параметров ТО и списки требований к ТО.

## **Операция 12. Уточненная постановка задачи.**

По форме она излагается, как и предварительная постановка задачи (в операции 5). При этом к исходным данным относятся:

- качественное и количественное описание функции ТО;
- перечень и краткое описание прототипов, к которым
- могут быть отнесены улучшенные функциональные структуры и ИТР, и списки основных требований к прототипам;
- списки главных недостатков прототипов с указанием неочевидных причин возникновения недостатков;
- списки дополнительных недостатков и показателей, которые желательно улучшить;
- формулировка противоречий развития прототипов.

## **ПРИМЕР 1.**

**Рассмотрим, перечисленные операции, на примере индивидуальных бытовых электроплиток.**

### **Операция 1. Описание проблемной ситуации.**

**Этап 1.** Индивидуальные бытовые электроплитки имеют низкий КПД (30-40%) и по сравнению с газовой плитой чрезмерно большое время  $t$  доведения до кипения воды с начальной температурой 10-20 С.

**Этап 2.** Необходимо создать электроплитку с КПД 60-80% и временем  $t$ , не большим, чем у газовой плитки.

**Этап 3.** Низкий КПД связан с большими потерями теплоты, идущей на нагревание элементов плитки и окружающего пространства. Большое время  $t$  обусловлено в первую очередь с предварительным нагреванием элементов плитки ее низким КПД.

**Этап 4.** Устранение указанных недостатков электроплитки позволит получить значительную экономию электроэнергии и времени на приготовление еды.

### **Операция 2. Описание потребности (функции) электроплитки.**

Обобщенное описание: нагревает воду в емкости до кипения.

Количественное описание: нагревает воду в емкости объемом 3-6 л. От начальной температуры 10 С до кипения за 15-30 мин.

### **Операция 3. Выбор прототипа и составление списка требований.**

В качестве прототипа дана бытовая электроплитка, состоящая из:

- 1 – разъем
- 2 – изолированный провод
- 3 – защитный экран
- 4 – нагревательная спираль
- 5 – теплоизоляционный огнеупорный блок
- 6 – корпус

В качестве первого дополнительного прототипа примем такую же конструкцию электроплитки, только без защитного экрана 3. Вторым дополнительным прототипом в отличие от основного имеет регулируемую мощность, т. е. вода до кипения нагревается при максимальной мощности, что сокращает время  $t$ , а затем устанавливается мощность для поддержания кипения.

### **Операция 4. Выявление недостатков прототипа.**

Потери теплоты при нагревании емкости с водой слишком большие, что приводит к низкому КПД (30-40%). Требуется снизить потери теплоты и довести КПД до 60-80% в соответствии с показателями других нагревательных приборов.

Время доведения воды до кипения от начальной температуры 10 С в емкости объемом 3-6 л обычно составляет 30-60 мин. Требуется сократить это время до 15-30 мин.

Для снижения трудоемкости приготовления пищи и потерь электроэнергии желательно иметь систему автоматического управления, которая после доведения воды до кипения поддерживает кипение (при минимальных затратах энергии) в течение заданного времени, после чего выключает подачу электроэнергии.

#### **Операция 5. Выбор критериев качества.**

За критерий качества примем КПД электроплитки, повышение которого в значительной мере влияет на сокращение времени нагревания.

КПД электроплитки определяется по формуле:  $h = Q_n / Q$

где  $Q_n$  – затраты энергии на нагревание воды от 10 до 100 С;  $Q$  – потребляемая за это время электроэнергия.

#### **Операция 6. Разделение электроплитки (прототипа) на элементы.**

Представляется целесообразным ввести функциональные элементы, обеспечивающие повышение количества теплоты, передаваемой емкости с жидкостью, и снижение потерь теплоты в окружающую среду

#### **Операция 7. Оформление предварительных эскизов ТР и их описание.**

Полученное ТР1 изображено на рисунке, где емкость с жидкостью (кастрюля) 3 устанавливается на несущем каркасе 4. Нагрев осуществляется спиралью 8, которая крепится на тонкой непроводящей решетке 5. Часть теплоты излучения, ушедшая от спирали вниз, отражается сферическим зеркалом 7 и задерживается дополнительно слоем теплоизоляционного материала 6. В дополнение к плитке для ограничения потоков теплоты, уходящих в стороны от кастрюли и вверх, придается легкий металлический полый цилиндр 1 с зеркальной внутренней поверхностью. Сверху на цилиндр надевается крышка 2.

ТР2 отличается от ТР1 тем, что спираль 8 помещается в жестких трубках из изоляционного материала, которые заменяют собой решетку 5.

ТР3 отличается от ТР1 тем, что спираль 8 поддерживается металлическими крючками, изолированно укрепленными в стенках 4.

## **II. Задание.**

### **Описание проблемной ситуации.**

К выбранному техническому объекту исследования необходимо кратко сформулировать задачи, в которых должны содержаться ответы на следующие вопросы:

- В чем состоит проблемная ситуация и какова ее предыстория?
- Что необходимо сделать (какую потребность удовлетворить) для устранения проблемной ситуации?
- Что мешает устранению проблемной ситуации или достижению цели?
- Что дает решение задачи для людей, предприятия?

По отношению к выбранным прототипам рекомендуется провести анализ и ответить на вопросы:

- Какие еще можно устранить недостатки в ТО?
- Какие показатели могут быть дополнительно улучшены и на сколько?

**Уточненная постановка задачи.** При этом к исходным данным относятся:

- Качественное и количественное описание функции ТО;
- Перечень и краткое описание прототипов;
- Списки главных недостатков ТО и прототипов с указанием неочевидных причин возникновения недостатков;
- Списки дополнительных недостатков и показателей, которые желательно улучшить.

## Практическая работа №2. «Дифференциальный метод оценки»

### I. Теоретическая часть

Дифференциальный метод оценки – это метод оценки, основанный на сравнении единичных показателей качества оцениваемых изделий с такими же показателями качества базового образца. При этом определяют, какие единичные показатели оцениваемого изделия превосходят (уступают) показателям технического уровня (ТУ) базового изделия; на сколько отличаются друг от друга аналогичные единичные показатели свойств оцениваемого изделия и базового образца; достигает ли технический уровень оцениваемого изделия технического уровня базового.

Существуют несколько способов оценки:

**1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ** – рассчитывают отдельные относительные показатели уровня качества оцениваемого изделия по формулам вида:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{iб}} \quad (1)$$

$$q_i = \frac{P_{iб}}{P_i} \quad (2)$$

где  $P_i$  – значение  $i$ -го показателя качества оцениваемого изделия;  $P_{iб}$  – значение  $i$ -го показателя базового изделия.

Из формул (1) и (2) выбирают ту, при которой увеличение относительного показателя  $q_i$  отвечает улучшению качества продукции. Например, значения относительных показателей производительности, мощности, КПД, срока службы и т.п. рассчитывают по формуле (1), а энерго / материалоемкость, трудоемкость по формуле (2).

#### Пример 1

*Срок службы холодильника, изготовленного на первом заводе – 8 лет; а изготовленного на втором заводе – 12 лет; базовое значение показателя качества – 10 лет. Увеличение срока службы означает улучшение качества, т.е. определяя относительный показатель качества по формуле (1), получим:*

$$q_1 = P_1 / P_b = 8/10 = 0,8; \quad q_2 = P_2 / P_b = 1,2,$$

*следовательно, на первом заводе рассматриваемый показатель качества ниже базового, а на втором – выше.*

#### Пример 2

*Трудоемкость изготовления изделия составляет 200 нормо-часов, а базовое значение трудоемкости – 180 нормо-часов.*

*Тогда по формуле (2):  $q_{тр} = P_{трб} / P_{тр} = 180/200 = 0,9$  т.е. рассмотренный показатель ниже базового.*

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

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

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

Ø 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.

Ø В тех случаях, когда имеется некоторая неопределенность в оценке технического уровня продукции (часть показателей  $\geq 1$ , а др. часть  $< 1$ ), то используют следующую методику:

Все показатели делят по значимости на 2 группы: основные и дополнительные:

- к основным показателям технического уровня 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 обычно относят второстепенные показатели: патентно-правовые, безопасности и качества процесса изготовления.

Технический уровень не ниже базового, если все показатели первой группы больше или равны 1.

Оценка **в целом**, где приближенное значение итогового показателя технического уровня находят как среднеарифметическое значение всех основных показателей  $Q = \sum q_i / n$ , дает следующие результаты:

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

$Q = 1$  – ТУ соответствует уровню базового образца;

$Q < 1$  – ТУ оцениваемого изделия ниже ТУ базового образца,

**2. ТАБЛИЧНЫЙ СПОСОБ** – значение основных показателей изделий заносят в таблицу 1; определяют отклонение показателя оцениваемого изделия от изделия-аналога в процентах.

Таблица 1

**Показатели технического уровня изделий**

Показатель	Значение показателя			Отклонение показателя оцениваемого изделия от аналога в %	
	1-ый аналог	2-ой аналог	Оцениваемое изделие	Сравнение с 1-м аналогом	Сравнение со 2-м аналогом
1-ый показатель	$p_{11}$	$p_{21}$	$p_1$	$\left( \frac{p_1}{p_{11}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (1)$ или $\left( \frac{p_{11}}{p_1} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (2)$	$\left( \frac{p_1}{p_{21}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (1)$ или $\left( \frac{p_{21}}{p_1} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (2)$
2-ой показатель	$p_{12}$	$p_{22}$	$p_2$	...	...
...	...	...	...	...	...
n-ый показатель	$p_{1n}$	$p_{2n}$	$p_n$	...	...

Примечания. 1. Остальные ячейки заполняются по аналогии.  
 2. Выбор формулы (1) или (2) осуществляется также как и в аналитическом способе.  
 3. Знак «+» или «-» в ячейках отклонений показателя означает, что эти отклонения, соответственно, либо в лучшую сторону, либо в худшую.

### Пример 3.

Показатели основных свойств оцениваемой микроволновой печи **LG** и двух изделий аналогов *Sharp* и *Samsung*, принятых для оценки технического уровня **LG**, приведены в таблице 2.

Таблица 2

#### Показатели технического уровня микроволновой печи

Показатель	Значение показателя аналогов Микроволновая печь			Отклонение показателей <b>LG</b> от аналогов, %	
	<i>Sharp</i>	<i>Samsung</i>	<b>LG</b>	<i>Sharp</i>	<i>Samsung</i>
Объем (л)	27	26	<b>30</b>	+11	+15,4
Мощность (Вт)	900	1300	<b>800</b>	-11,1	-38,5
Уровни мощности	5	10	<b>5</b>	0	-50
Мощность гриля	1200	1000	<b>1150</b>	-4,2	+15
Цена (у.е.)	310	285	<b>250</b>	+24	+14

Примечание. Знак «+» означает отклонение показателя в лучшую сторону, знак «-» в худшую

**Вывод.** Оценка ТУ проведена по 5 параметрам. Из таблицы видно, что оцениваемая печь превосходит аналоги по двум параметрам – объему и цене, а также превосходит по мощности гриля аналог 2, однако уступает по мощности аналогам.

### 3. ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ

Аналитический метод расчета не дает наглядного представления о сопоставимости отдельных технико-экономических показателей оцениваемого изделия и аналога. Для более точной и более информативной оценки технического уровня предлагается построение циклограммы для каждого вида изделия (рис.1), на которой наглядно видно, по какому показателю следует принимать управленческие и технические решения. Циклограммы дают возможность быстрой визуальной оценки как для каждого показателя в отдельности, так и обобщенного показателя, причем в сопоставлении с нормативами и несколькими аналогами.

Для оценки первоначально устанавливают цель оценки, например:

1. сравнительная характеристика изделий на стадии эксплуатации (индикаторное сравнение «лучше - хуже»);
2. сравнение данного разрабатываемого изделия с базовым для модернизации;
3. выбор базового варианта из аналогов;
4. сравнение выпускаемого изделия с изделием другой фирмы – конкурента;
5. оценка изделий для снятия с производства или для постановки к выпуску, (например, выпускали одну модель изделия и две модели разработали, требуется из двух выбрать лучшую);
6. сравнительная характеристика изделий для дальнейшего их улучшения.

#### Построение циклограммы

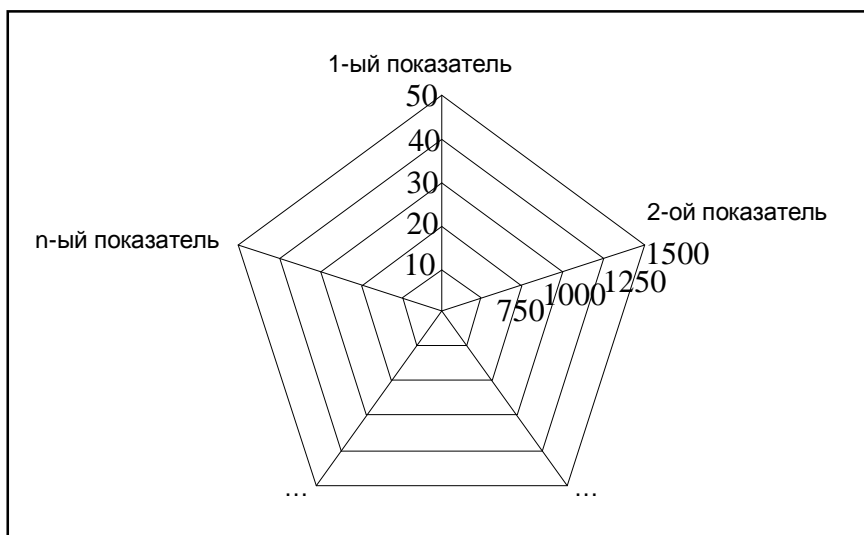
Построение исходной координатной сетки для циклограммы технического уровня изделия рассмотрим на примере изделия – микроволновая печь (данные см. табл.2).

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

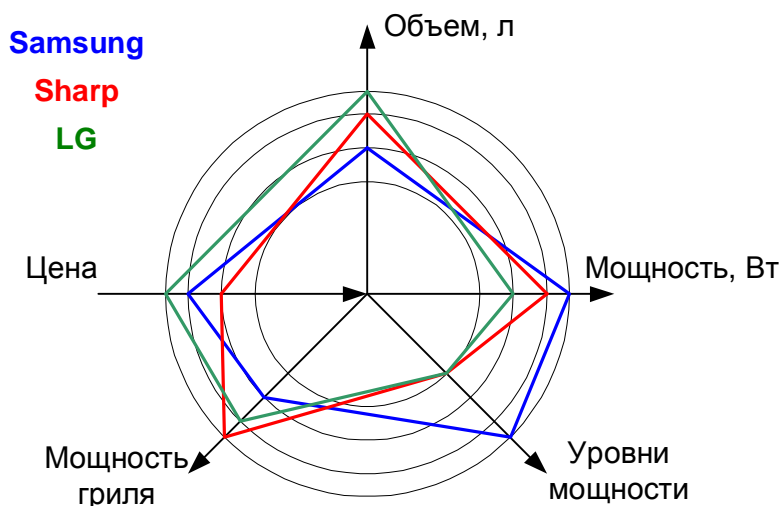
Точки соединяют между собой и получают многоугольники, характеризующие совокупность свойств каждого изделия.



**Рис. 1.** Построение исходной координатной сетки циклограммы технического уровня изделия

**Пример 4.** Микроволновая печь (исходные данные см. табл.2). Сравнить изделия аналоги по отдельным показателям; сравнить в целом по площади многоугольника.

Значения показателей  $p_{12}$ ,  $p_{22}$ ,  $p_{62}$  и т.д. изделия–микроволновая печь из таблицы 2 переносим на соответствующие оси циклограммы. Соединяем точки на лучах циклограммы, соответствующие каждому изделию - аналогу, получаем многоугольники качества (для большей наглядности желательно все многоугольники обвести разным цветом).



**Рис.2.** Циклограмма технического уровня микроволновых печей Sharp, Samsung, LG

Построенная таким способом масштабная циклограмма позволяет оценить изделия-аналоги по каждому показателю в отдельности. Кроме того, из циклограммы («паутины качества») видно, что площадь, занимаемая многоугольником свойств изделия эквивалентна обобщенному (интегральному) показателю технического уровня. Чем площадь больше, тем выше технический уровень изделия.

## II. Задание

Сравнить технический уровень оцениваемого изделия с его аналогами (табл. 3, 4) двумя любыми способами, при этом изначально определить цель оценки, сделать соответствующие выводы.

Таблица 3

### Оцениваемое изделие - УТЮГ

Вариант	оцениваемое изделие	аналоги
1	1	3,5,6,8,9
2	2	4,6,8,9,10
3	3	1,4,6,7,9
4	4	1,3,8,9,10
5	5	1,2,6,7,9
6	6	2,3,5,8,10
7	7	1,3,4,5,8
8	8	2,4,7,9,10
9	9	1,2,4,5,8
10	10	4,6,7,8,9

Таблица 4

### Исходные данные. Значение показателей утюгов

Показатели	Вариант задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вес, кг	0,7	1	1,2	1,5	2	1	1,2	0,7	1,5	2
Мощность, кВт	1,6	1,8	2,	2,3	2,4	1,6	1,8	1,6	2,3	2,4
Длина шнура, м	1,5	2	1,2	2	1,5	1,5	2	1,2	1,5	2,5
Скорость нагрева, мин	1	1,5	1,5	1,5	2	1	1,5	1	1	1,5
Внешний вид, бал	4	3	5	5	4	4	3	3	4	5
Срок службы, лет	2	4	5	4	4	2	3	3	4	5
Цена, руб	1600	2300	2200	1900	2700	2000	2600	1750	2100	2900

### Практическая работа №3. «Комплексный метод оценки»

#### I. Теоретическая часть

Данный метод оценки основан на применении комплексного показателя технического уровня, который представляет собой функции от единичных показателей, характеризующих однородную группу свойств. Данный метод целесообразно использовать, когда необходимо оценить технический уровень изделия одним числом.

$$Q = f(p_i)$$

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

Технический уровень в итоге определяется следующим образом:

$$U = \frac{Q_{оц}}{Q_{б}}$$

где  $Q_{оц}$  – комплексный показатель оцениваемого изделия,  $Q_{б}$  – комплексный показатель базового.

Комплексный показатель может быть выражен:

1. **Главным показателем.** Это показатель, который может, по мнению экспертов, в основном характеризовать качество изделия. Главный показатель определяется в том случае, если имеется необходимая информация для установления функциональной зависимости его от единичных показателей;

2. **Средневзвешенным показателем**, который строится как зависимость, аргументами которой являются показатели качества  $p_i$  и параметры их весомости  $\beta_i$ . Обычно используются следующие средневзвешенные показатели:

- средневзвешенная арифметическая

$$Q_u = \sum_{i=1}^n (b_i p_i);$$

- средневзвешенная геометрическая

$$Q_v = \prod_{i=1}^n (p_i)^{b_i}$$

где  $p_i$  – значение  $i$  – го показателя качества продукции;  $\beta_i$  – параметр весомости  $i$  – го показателя качества продукции;  $n$  – число показателей КП.

Параметры весомости  $\beta_i$  могут быть размерными и безразмерными. Безразмерные параметры называются **коэффициентами весомости** – они должны удовлетворять

условию:  $\sum_{i=1}^n b_i = 1$

3. **Интегральным** (обобщенным) показателем – это показатель, характеризующий в наиболее общей форме **эффективность работы изделия**.

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

Его рассчитывают двояко:

- как отношение суммарного полезного эффекта ПЭ от эксплуатации продукции (машины) выраженного в натуральных единицах измерения к суммарным затратам  $Z$  на его создание и эксплуатацию за весь срок службы (до одного года):

$$И = \frac{ПЭ_T}{\sum_{t=0}^T (Z_{ct} + Z_{эт})}, \text{ где } T \text{ – расчетный период;}$$

- как обратное отношение этих затратам  $Z$  к полезному эффекту  $ПЭ$

$$I = \frac{\sum(Z_{ct} + Z_{st})}{ПЭ_T}$$

где  $ПЭ$  – полезный эффект, т.е. количество единиц продукции или выполненной изданием 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:

$$U = I_{оц} / I_{баз}$$

## II. Задание

Рассчитать интегральный и комплексный уровень качества. Технико-экономические характеристики оборудования приведены в таблице 5.

Таблица 5

### Исходные данные

Наименование единичных показателей	Значение показателей		Коэффициент весомости
	Аналог	Базовое изделие	
Производительность, шт/ч	630	70	0,9
Наработка на отказ, ч	6	8	0,85
Сроки службы до первого капремонта, лет	550	600	0,7
Коэффициент загрузки	0,9	0,8	0,9
Стоимость 1 ч эксплуатации, руб.	40	45	1,0
Стоимость оборудования, тыс. руб.	650	500	0,9
Стоимость простоев в 1 ч, руб	50	55	1,0
Фонд времени работы в год, ч	4015	3985	0,8
Уровень шума, Дб	8,7	9,4	0,7
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	8	9	0,6
Стоимость 1 м <sup>2</sup> площади, тыс.руб.	18	19	0,7
Норма амортизации, %	12	14	0,7
Среднее время восстановления, ч	3,5	4,0	0,8

Значение аналоговых показателей по вариантам скорректировать на следующие коэффициенты:

Таблица 6

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значение коэффициента	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1

## Практическая работа №4. «Экспертный метод оценки»

### I. Теоретическая часть

Для оценки качества продукции широко применяются экспертные методы, основанные на использовании суждений экспертов о качестве продукции, выраженных в количественной или качественной форме.

Применяют два метода экспертной оценки:

#### 1. МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СРАВНЕНИЯ.

Результат оценки качества эксперты получают в виде ранжированного ряда. Численное определение оценок экспертов состоит в следующем:

- Все изделия (свойства) нумеруются произвольно, т.е. каждому изделию (свойству) присваивается номер.

Изделия: P1, P2, P3, P4, P5.

- Эксперты ранжируют свойства по возрастающей (убывающей) шкале порядка

	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.)

- Определяют суммы рангов каждого объекта экспертной оценки:

$$P1 = 7; \quad P2 = 10; \quad P3 = 21; \quad P4 = 16; \quad P5 = 21$$

Вычисляют общую сумму рангов  $\Sigma P = 75$ .

- Строят обобщенный ранжированный ряд на основании полученных сумм:

$$P1 < P2 < P4 < P3 = P5$$

- Рассчитывают коэффициенты весомости по формуле:  $b_i = \frac{\Sigma P_i}{\Sigma P_{i,n}}$ ,

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

- Определяют суммарный коэффициент весомости:

$$\sum_{i=1}^n b_i = 1 \quad \beta_i = 0,09 + 0,13 + 0,28 + 0,21 + 0,28 = 1.$$

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

## 2. МЕТОД ПОЛНЫХ ПОПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ.

Ранжирование объектов или изделий по их качеству осуществляется в табличной форме, в этом случае обработка производится по следующей методике:

- составляется таблица (табл. 7), по которой каждый эксперт осуществляет сопоставление и оценку рассматриваемых изделий. Каждое  $i$ -ое изделие сопоставляется с другим  $j$ -ым изделием сравнения. Если при попарном сопоставлении  $i$ -ое изделие признается качественнее  $j$ -го, то оно обозначается 1. Противоположная оценка обозначается -1. Равнокачественные обозначаются 0.

Таблица 7

Например, **ЭКСПЕРТ 1:**

Изделие $i$ \ Изделие $j$	1	2	3	4	5	6	ИТОГО Оценка изделия
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

Из таблицы видно, что предпочтительные оценки получили изделия в следующей последовательности:

- 1 - изделие №1 – является предпочтительным;
- 2 - изделие №3;
- 3 - изделие №5

- Далее 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:  $Q_{i,j} = \frac{N}{n}$ ,

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:

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

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

- Общее число положительных оценок:  $C = \frac{6(6-1)}{2} = 15$ .

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

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

где  $C$  – общее кол-во учитываемых оценок, связанное с числом изделий экспертизы.

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

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

- 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:

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

## II. Задание

Произвести оценку процессоров любым экспертным методом по вариантам (табл.8), исходные данные таблица 9.

Таблица 8

Вариант	Задание
1	1,2,4,6,8,9
2	3,4,5,8,9,10
3	1,5,6,8,9,10
4	1,2,3,5,6,9
5	2,3,5,6,8,9
6	2,4,5,6,8,9
7	1,3,4,5,6,7
8	1,4,5,6,7,8
9	2,4,5,8,9,10
10	1,2,4,5,8,9

Таблица 9

### Исходные данные

Показатель	Значения показателей процессоров									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тактовая частота	2734	300	2940	2383	2000	2530	2667	3000	2490	2890
Количество ядер	4	2	3	2	4	4	3	2	4	4
Напряжения на ядре	0,725	0,85	0,8	0,75	0,6	0,65	0,686	0,438	0,780	0,680
Объем кэша L1	64	64	32	64	64	32	128	64	128	32
Объем кэша L2	1024	4608	1024	6400	2048	1024	8192	2048	6400	2048
Средняя цена	10678	7545	8950	14232	12000	9856	9040	7900	13520	10600

## ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Сущность понятия «Качество».
2. Уровень качества, технический уровень продукции, оценка технического уровня продукции.
3. Стадии формирования качества продукции и оценка качества продукции на этапах жизненного цикла.
4. Квалиметрическая оценка качества продукции.
5. Качество и конкурентоспособность продукции.
6. Совокупность показателей продукции, выражающие ее технический уровень.
7. Показатели назначения и технический уровень продукции.
8. Показатели надежности и оценка технического уровня продукции
9. Показатели технологичности продукции.
10. Показатели уровня стандартизации и унификации промышленной продукции.
11. Эргономические показатели, их определение и значимость.
12. Патентно-правовые показатели качества продукции и конкурентоспособность.
13. Экономические показатели как особый вид показателей при оценке уровня качества продукции.
14. Показатели безопасности использования продукции.
15. Стандартизация для обеспечения безопасности использования техники.
16. Экологические показатели и качество продукции.
17. Стандартизация и качество промышленной продукции.
18. Роль стандартизации в обеспечении технического уровня и качества промышленной продукции
19. Качество продукции как соответствие стандартам.
20. Сертификация – основа повышения качества продукции.
21. Дифференциальный метод оценки уровня качества продукции.
22. Комплексный метод оценки уровня качества продукции.
23. Смешанный метод оценки уровня качества продукции.
24. Экспертный метод оценки уровня качества продукции.
25. Оценка уровня качества разнородной продукции.
26. Метрологическое обеспечение качества продукции.
27. Роль измерений в оценке качества продукции.
28. **Предложенная Вами тема.**  
**Примечание. Темы 7 – 16 раскрыть на примере конкретного изделия.**

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И СДАЧИ ЭКЗАМЕНА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### «МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ МАШИН»

1. Квалиметрия. Основные положения квалиметрии.
2. Качество продукции. Уровень качества продукции. Оценка уровня качества.
3. Квалиметрические шкалы оценки качества продукции - шкала порядка, шкала интервалов, шкала отношений.
4. Стадии формирования качества продукции. Оценка уровня качества продукции при ее разработке, изготовлении и эксплуатации – цель и этапы оценки.
5. Объекты квалиметрии (производственный процесс, продукция, услуга, интеллектуальный продукт). Продукция (изделие, материал, *продукт*). Классификация промышленной продукции (классы, группы).
6. Качество продукции. Показатель качества продукции, параметр продукции, признак продукции. Взаимосвязь понятий признак, параметр и показатель качества продукции.
7. Классификация показателей качества продукции.
8. Единичные, комплексные и интегральные показатели качества продукции.
9. Классификация показателей качества продукции по характеризующим свойствам. Краткая характеристика групп.
10. Методы определения значений показателей качества продукции.
11. Показатели назначения.
12. Показатели надежности.
13. Показатели технологичности.
14. Показатели стандартизации и унификации.
15. Экономические показатели.
16. Эргономические показатели.
17. Эстетические показатели.
18. Экологические показатели
19. Показатели безопасности.
20. Патентно-правовые показатели
21. Показатели транспортабельности.
22. Метрология. Основные понятия метрологии: измерение, физическая величина, погрешность, средства измерений. Методы и виды измерений.
23. Технический уровень продукции. Однородная и разнородная продукция. Принципы оценки технического уровня продукции (в зависимости от характера продукции и стадии ее ЖЦ).
24. Методы оценки технического уровня однородной продукции. Краткая характеристика методов.
25. Дифференциальный метод оценки продукции.
26. Комплексный метод оценки продукции.
27. Смешанный метод оценки продукции.
28. Методы оценки технического уровня разнородной продукции. Индекс качества. Индекс дефектности.
29. Экспертная оценка технического уровня и качества продукции.
30. Общая оценка технического уровня продукции, содержание работ по этапам оценки.
31. Аналог и формирование базовых образцов продукции.
32. Карта технического уровня и качества продукции.
33. Роль стандартизации в обеспечении качества продукции. Стандарт, категории виды стандартов.
34. Стандарты ТУ и ТТ. Нормы и требования к показателям качества продукции. Дефект. Годная и дефектная продукция.

35. Взаимозаменяемость и качество продукции. Основное назначение взаимозаменяемости. Виды взаимозаменяемости.
36. Сертификация промышленной продукции.
37. Качество и конкурентоспособность продукции.
38. Служебное назначение изделия, определение цели оценки технического уровня изделия. Анализ и отбор системы показателей, характеризующих технический уровень изделия. На примере конкретного изделия.
39. Определение численных значений показателей качества изделия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Государственные стандарты...**
2. Басовский Л.Е., Протасьев В.Б. Управление качеством: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 212с.
3. Варакута С.А. Управление качеством продукции: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 207с.
4. Гиссин В.И. Управление качеством продукции: Учебн. Пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – 256с.
5. Купряков Е.М. Стандартизация и качество промышленной продукции: учебник для вузов.- М.: Высш. шк., 1985. – 288с.
6. Лифиц И.М. Теория и практика оценки конкурентоспособности товаров и услуг. – М.: Юрайт-М, 2001. – 224с.
7. Стандартизация и управление качеством продукции: Учебник для вузов /В.А. Швандар, В.П. Панов, Е.М. Купряков и др.; Под ред. В.А. Швандара. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 487с.
8. Управление качеством продукции. Справочник. /Под ред. В.В. Бойцова, А.В. Гличева/ – М.: Изд. стандартов, 1985. 464 с.
9. **Федюкин В.К., Дурнев В.Д., Лебедев В.Г. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции. Учебник. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», Рилант, 2000. – 328 с.**
10. Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация. Курс лекция. – М.: Издательство» ЭКМОС», 2000. – 320с.

#### Периодические издания:

«Стандарты и качество», «Методы менеджмента качества», «Спрос», «Машиностроитель», «Надежность и контроль качества», «Эксперт. Оборудование» и др.

