

Основы квалиметрии

Оглавление

1. Современное состояние квалиметрии
2. Общие сведения о методологии квалимерии
3. Измерение качества
4. Основы технологии квалиметрии
5. Контроль качества
6. Качество продукции
7. Качество проекта
8. Качество технологии
9. Качество измерений

1. Современное состояние квалиметрии

Общие сведения о квалиметрии

Квалиметрия – («квали» с лат. – «какой, какого качества», «метрео» с др. греч. – «мерить, измерять») – научная область, изучающая и разрабатывающая принципы и методы количественной оценки качества, используемые для обоснования решений, принимаемых при управлении качеством продукции и стандартизации.

Общие сведения о квалиметрии

Основные задачи квалиметрии:

- обоснование номенклатуры показателей, характеризующих качество продукции;
- разработка методов определения показателей качества объектов;
- разработка принципов построения обобщенных показателей качества и обоснование условий их использования в задачах стандартизации и управления качеством.

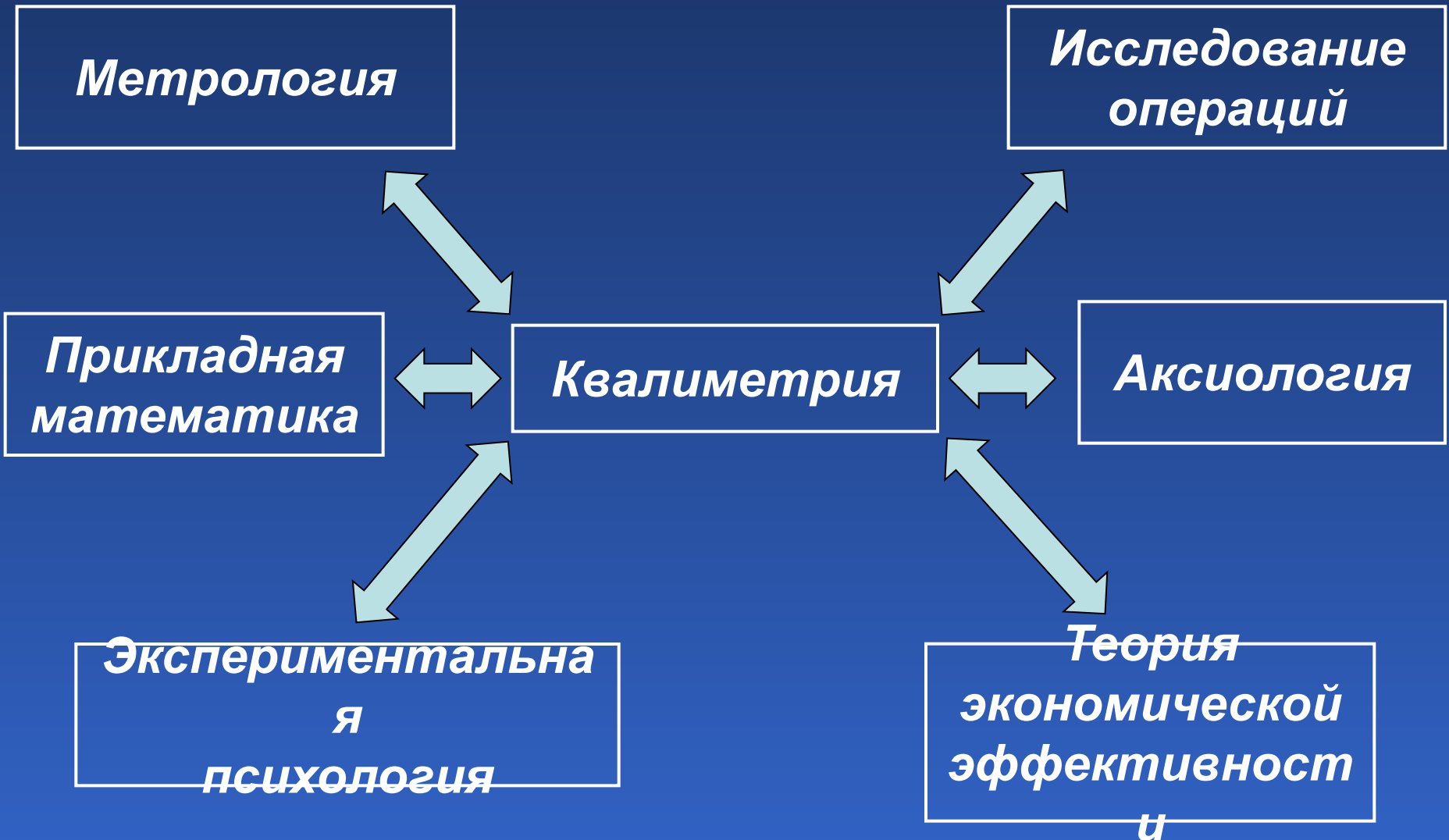
Общие сведения о квалиметрии



Общие сведения о квалиметрии



Связь квалиметрии с другими науками



2. Общие сведения о методологии квалимерии

Универсальный метод познания. Диалектика познания

Одним из первых категорию «качество» рассмотрел древнегреческий мыслитель Аристотель. Качество рассматривается Аристотелем в следующих значениях:

- как видовое отличие сущности;
- как характеристика состояний сущности;
- как свойство вещи.

Универсальный метод познания. Диалектика познания

Идея системного понимания качества принадлежит Гегелю и Марксу. В философской системе Гегеля исходными логическими моментами бытия выступают качество, количество и мера.

«Качество – есть в первую очередь тождественная с бытием определенность, так что нечто перестает быть тем, что оно есть, когда оно теряет свое качество. Количество есть, напротив, внешняя бытию, безразмерная для него определенность... Третья ступень бытия, мера, есть единство первых двух, качественное количество».

Гегель

Универсальный метод познания. Диалектика познания

Русские философы уделяли большое внимание проблемам качества, подчеркивая его ценностную значимость, его системный характер.

Писал о качестве В. С. Соловьев, используя понятие качества при анализе нравственно-философских проблем.

Л. П. Красавин связывал наличие субъекта, его сознание и самосознание с обязательностью его качества.

И. А. Ильин увязал в одно целое качество и судьбу России: «качество необходимо России: верные, волевые, знающие и даровитые люди; крепкая и гибкая организация; напряженный и добросовестный труд; выработанный первосортный продукт, высокий уровень жизни. Новая общественная эпоха нужна нашей Родине, эпоха, которая исцелила бы, заростила бы все язвы революционного времени».

Универсальный метод познания. Диалектика познания

Что же понимается под термином «качество»?

Трактовка первая: качество – это существенная определенность объекта (т. е. предмета, явления или процесса), в силу которой он является данным, а не другим объектом, т. е. сама определенность, которая отличает, например «человека» от «собаки».

Трактовка вторая: качество – это один из существенных признаков, свойств, особенностей, характеризующих данный объект. Или как говорил Аристотель: «...например, теплота и холодность, белизна и чернота, тяжесть и легкость, и равно другие подобные определения...».

Третья трактовка: качество – это совокупность свойств объекта, проявляющихся в процессе его использования (функционирования, применения, потребления, эксплуатации) по назначению.

Мера качества

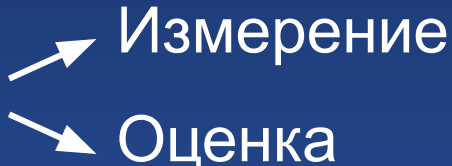
Под мерой качества (μ) понимается отображение (\rightarrow) качества R или его подмножеств – отдельных свойств или их групп $\{r_i\}R$ на множество вещественных чисел Re .
В символической записи мера качества имеет вид

$$\mu:R \rightarrow Re \text{ или } \mu:\{r_i\} \rightarrow Re.$$

Семантическая мера качества в символической записи выглядит как

$$S:R \rightarrow Se \text{ или } S:\{r_i\} \rightarrow Se.$$

Оценка качества

В квалиметрии употребляются два термина 

Под количественной оценкой в квалиметрии понимается некоторая функция отношения (выраженная чаще всего в %) показателя качества рассматриваемой продукции к показателю качества продукции, принятой за эталон.

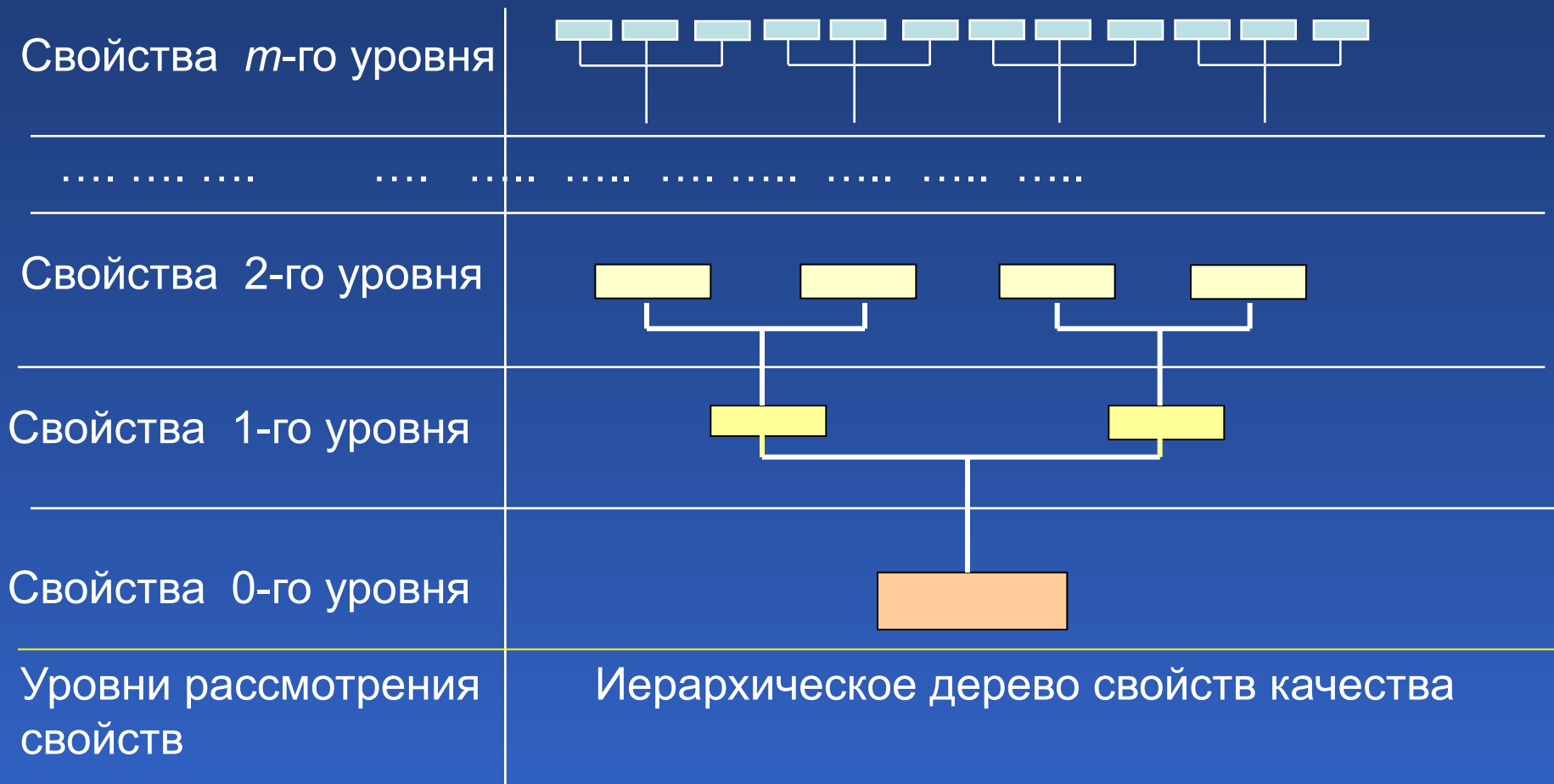
Оценка качества

Качество продукции определяется как отношение существующих характеристик продукции к характеристикам эталона (базового образца):

$$K_i = (P_i/P_{\text{баз}})\varphi,$$

где K_i – относительный показатель технического уровня оцениваемой продукции по i -й характеристике.

Показатели качества



Номенклатура показателей качества

1. По количеству характеризующих свойств

2. По способу выражения

5. По области анализа

6. По методу определения

9. По характеризваемым свойствам

Номенклатура показателей качества

1. По количеству характеризующих свойств

Комплексные

Единичные

Номенклатура показателей качества

2. По способу выражения

В натуральных
единицах

В относительных
единицах

В баллах

Удельные

Номенклатура показателей качества

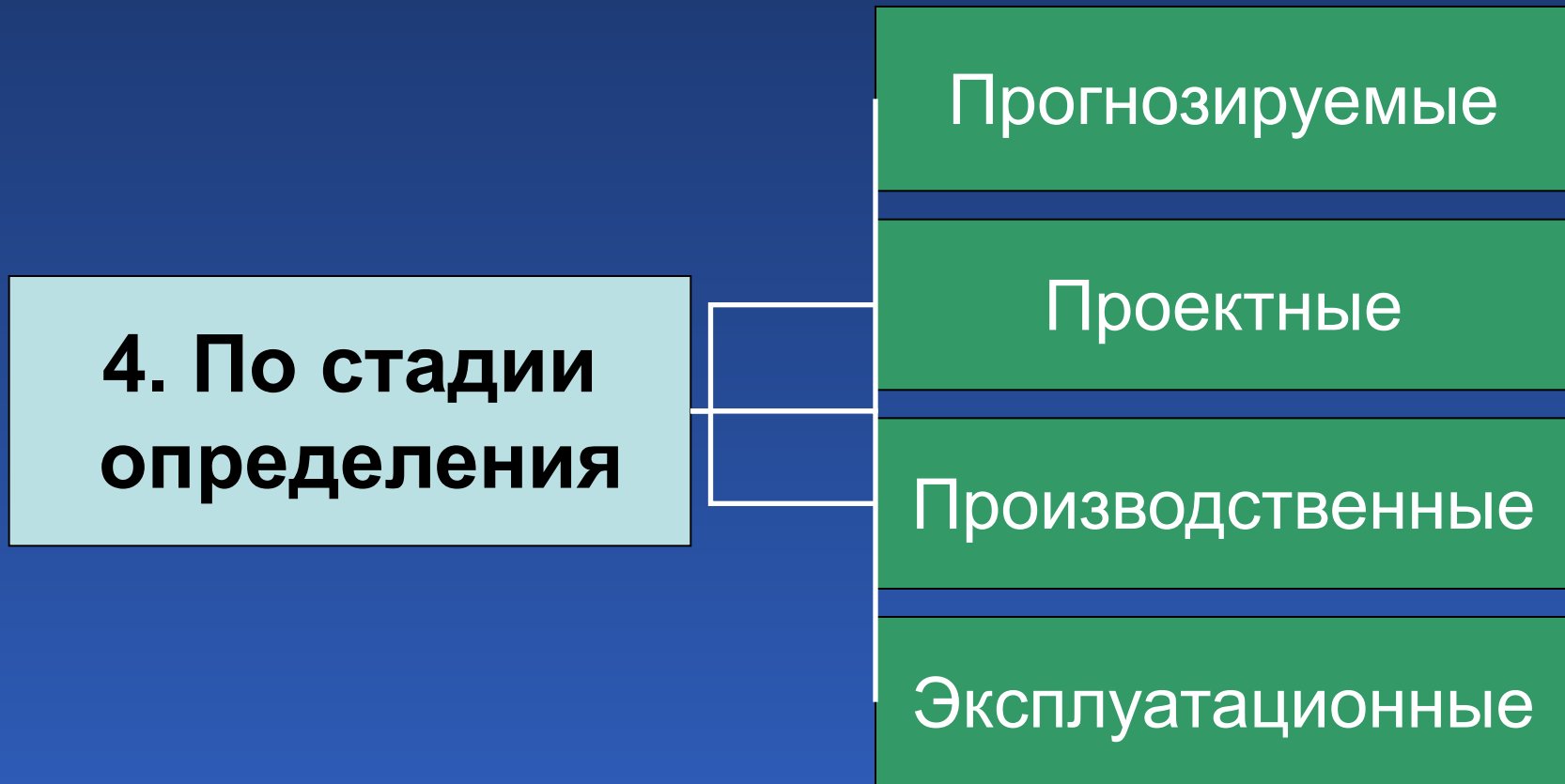
3. По значимости

```
graph TD; A[3. По значимости] --> B[Основные, в т. ч. главные]; A --> C[Вспомогательные (дополнительные)];
```

Основные,
в т. ч. главные

Вспомогательные
(дополнительные)

Номенклатура показателей качества



Номенклатура показателей качества

5. По области анализа

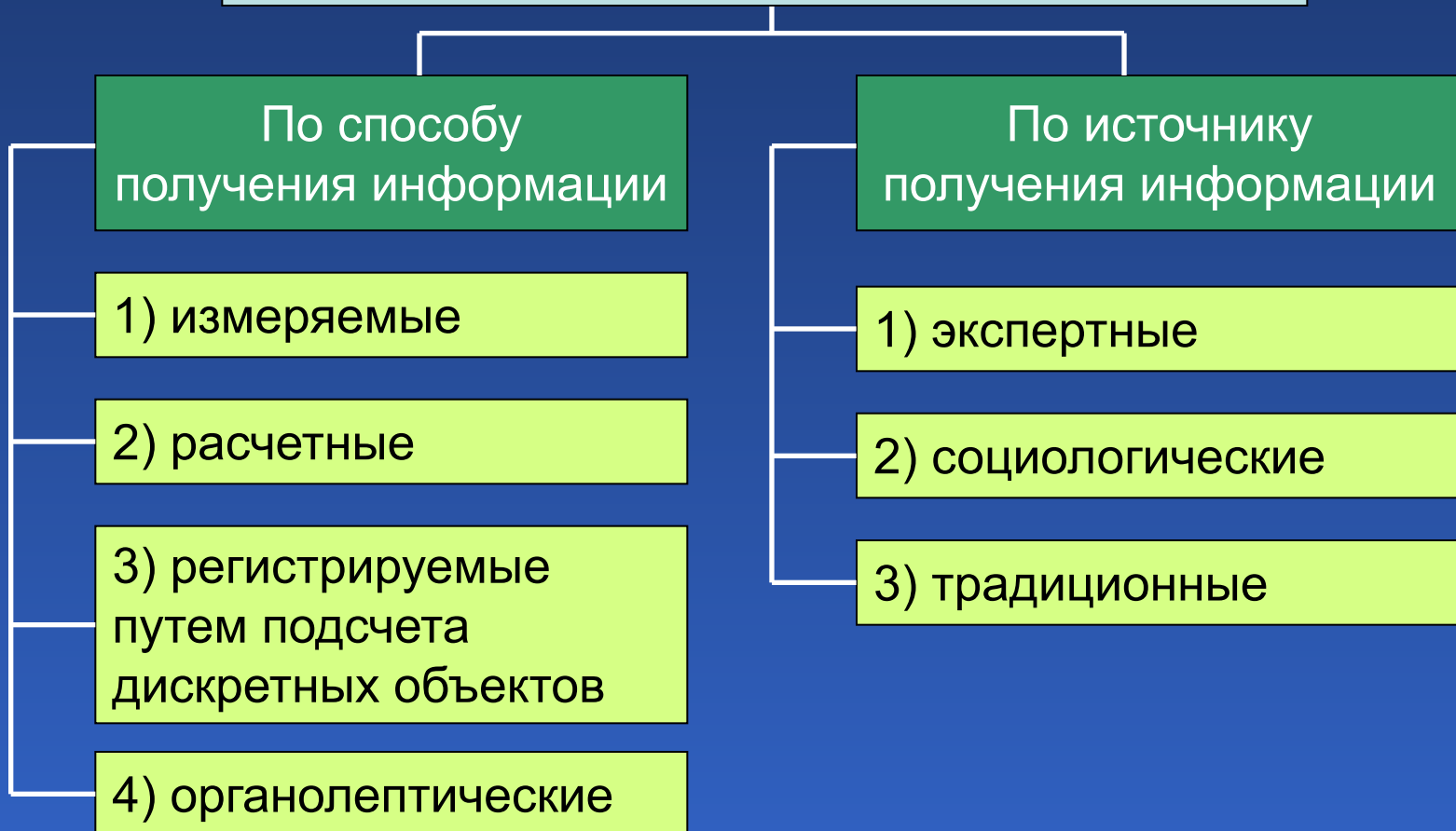
Технические

Экономические

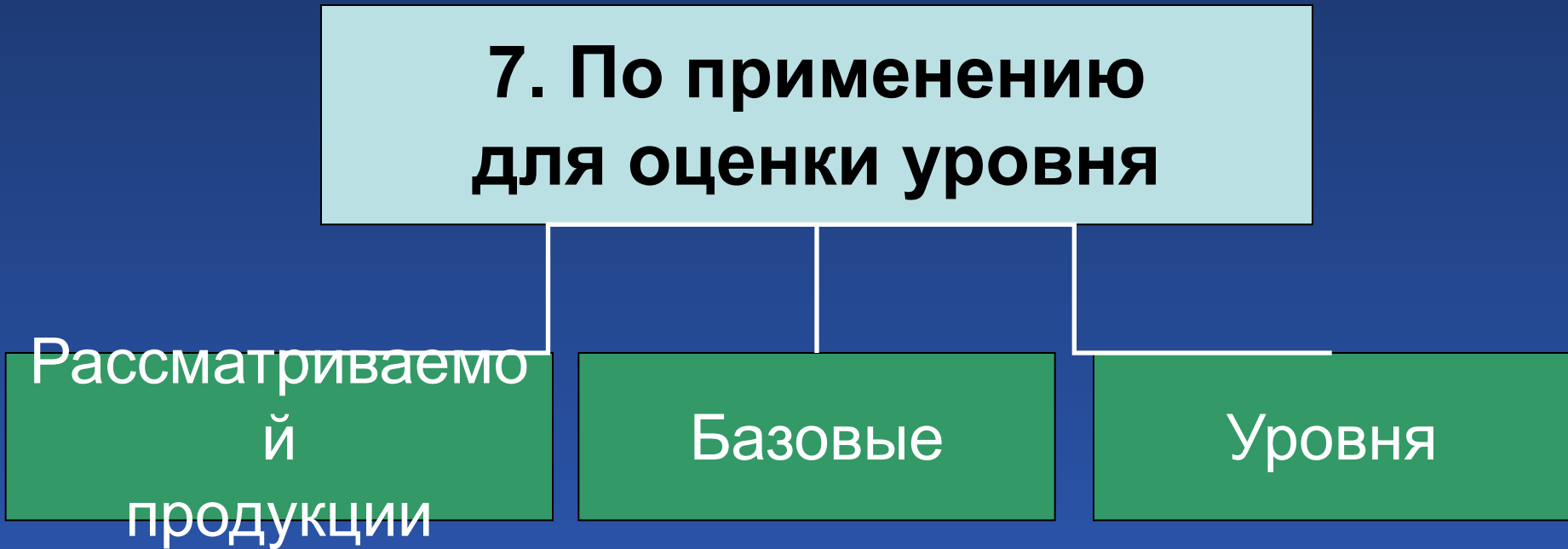
Технико-
экономические

Номенклатура показателей качества

6. По методу определения



Номенклатура показателей качества



Номенклатура показателей качества

8. По области применения

К единице
продукции

К совокупности единиц
однородной продукции

К совокупности единиц
разнородной
продукции

Номенклатура показателей качества

9. По характеризваемым свойствам

9.1. Назначения

9.2. Надежности

9.3. Экономичного использования ресурсов

9.4. Технологичности

9.5. Эргономические

9.6. Эстетические

9.7. Транспортабельности

9.8. Стандартизации и унификации

9.9. Патентно-правовые

9.10. Экономические

9.11. Безопасности

Номенклатура показателей качества

9. По характеризваемым свойствам

9.1. Назначения

Классификационные

Функциональные

Функциональные
и технической эффективности

Конструктивные

Состава и структуры

Номенклатура показателей качества

9. По характеризваемым свойствам

9.2. Надежности

Безотказности

Долговечности

Сохраняемости

Ремонтопригодности

Номенклатура показателей качества

9. По характеризваемым свойствам

9.3. Экономического использования ресурсов при применении продукции

Материальных

Энергетических

Трудовых

Номенклатура показателей качества

9. По характеризующим свойствам

9.4. Технологичности

Технологической
рациональности

Конструктивной преемственности

Технологической
преемственности

Номенклатура показателей качества

9. По характеризуемым свойствам

9.4. Технологичности

Технологической
рациональности

Материалоемкости

Точности и чистоты

Сборности

Взаимозаменяемости

Регулируемости

Контролепригодности

Инструментальной доступности

Номенклатура показателей качества

9. По характеризваемым свойствам

9.4. Технологичности

Конструктивной
преемственности

Применяемости

Повторяемости деталей
и сборочных единиц

Номенклатура показателей качества

9. По характеризваемым свойствам

9.4. Технологичности

Технологической
преемственности

Применяемости
технологических
процессов и средств
технологического оснащения

Повторяемости ТП и СТО

Номенклатура показателей качества

9. По характеризваемым свойствам

9.5. Эргономические

Гигиенические

Антропологические

Физиологические

Психофизиологические

Номенклатура показателей качества

9. По характеризваемым свойствам

9.6. Эстетические

Информационной
выразительности

Рациональности форм

Целостности композиции

Совершенствования
производственного исполнения

Номенклатура показателей качества

9. По характеризваемым свойствам

9.8. Стандартизации и унификации

Применяемости

Повторяемости

Номенклатура показателей качества

9. По характеризваемым свойствам

9.9. Патентно-правовые

Патентной защиты

Патентной защищенности

Комплексирование показателей качества.

Средневзвешенная арифметическая:

$$K_0 = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n}$$

– без учета коэффициента
весомости;

$$K_0 = P_i \cdot q_i$$

– с учетом коэффициента
весомости,

где K_i – единичный относительный показатель качества;

P_i – единичный абсолютный показатель качества;

q_i – коэффициент весомости.

Комплексирование показателей качества.

По методике, разработанной З. Н. Крапивенским, Ю. П. Кураченко и Д. М. Шпекторовым, комплексный показатель качества определяют по формуле

$$ПК = K_1 1/A + K_2 П_T + K_3 П_C + K_4 П_{п.п.з} + K_5 П_Э$$

где A – комплексный технико-экономический показатель;

$П_T$ – технический показатель;

$П_C$ – показатель уровня стандартизации;

$П_{п.п.з}$ – показатель патентно-правовой защиты;

K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 – коэффициенты весомости (по-другому, весомость);

$П_Э$ – показатель экономичности.

Комплексирование показателей качества.

Среднегеометрическая оценка:

K_i – единичный относительный показатель качества i -го свойства;

q_i – коэффициент весомости i -го показателя;

n – количество учитываемых показателей.

$$K_0 = \sum q_i \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n K_i^{q_i}}$$

Комплексирование показателей качества.

Среднегармоническая оценка:

$$K_0 = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{K_i}}$$

K_i – единичный
относительный показатель
качества i -го свойства;

q_i – коэффициент весомости
 i -го показателя;

n – количество учитываемых
показателей.

3. Измерение качества

Основные методы квалиметрии

С точки зрения
погрешности

Точные

Упрощенные

Приближенные

По источнику
получения информации

Экспертные

Аналитические

Смешанные

Квалиметрические шкалы

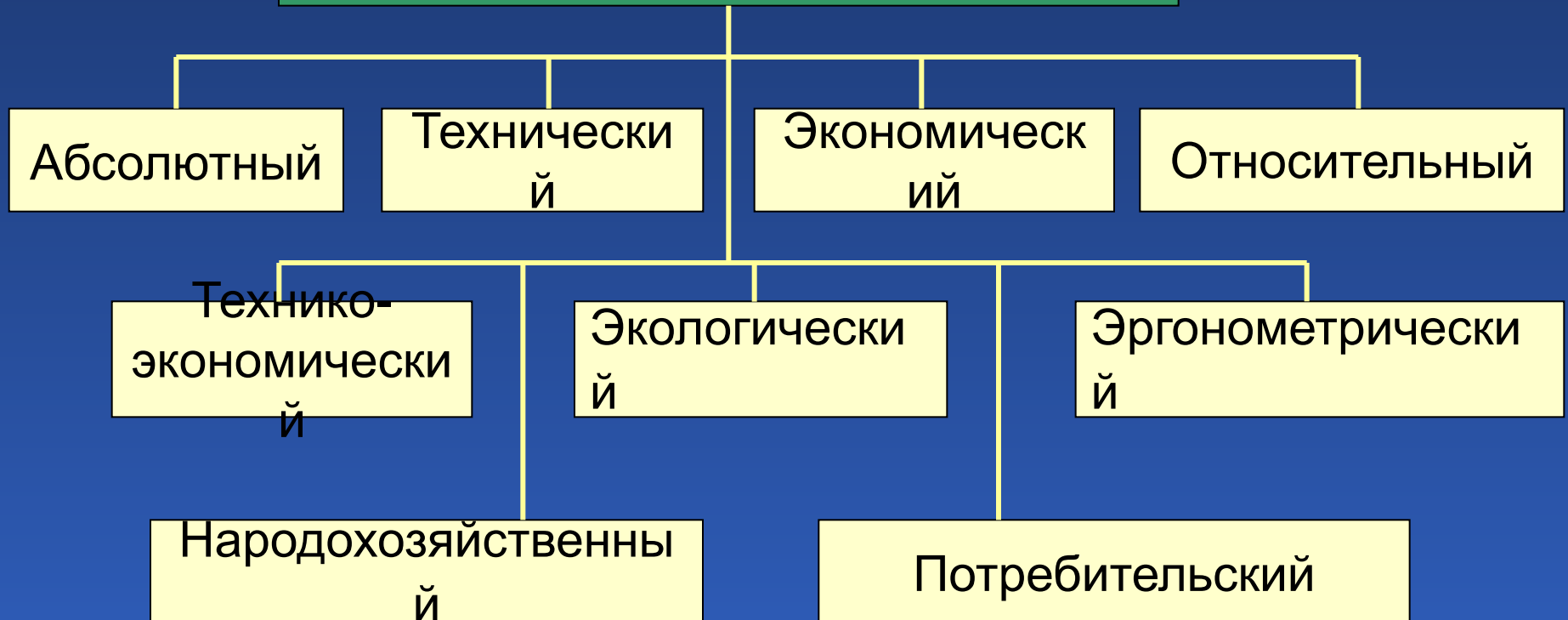
```
graph TD; A[Квалиметрические шкалы] --> B[Шкала порядка (шкала рангов)]; A --> C[Шкала интервалов]; A --> D[Шкала отношений];
```

Шкала порядка
(шкала рангов)

Шкала
интервалов

Шкала
отношений

Уровни качества



Эталоны качества

По назначению

Отражающий достигнутый уровень качества (народно-хозяйственный, мировой)

Отражающий перспективный уровень (народно-хозяйственный, мировой)

Специальный

По способу выражения

Реальный

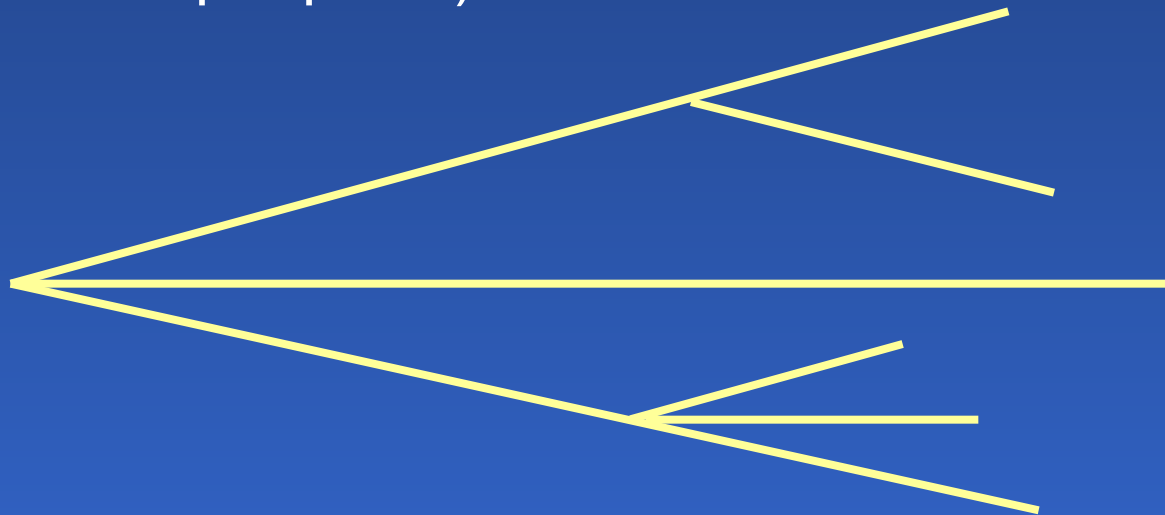
Условный

4. Основы технологии квалиметрии

Выявление оцениваемых показателей

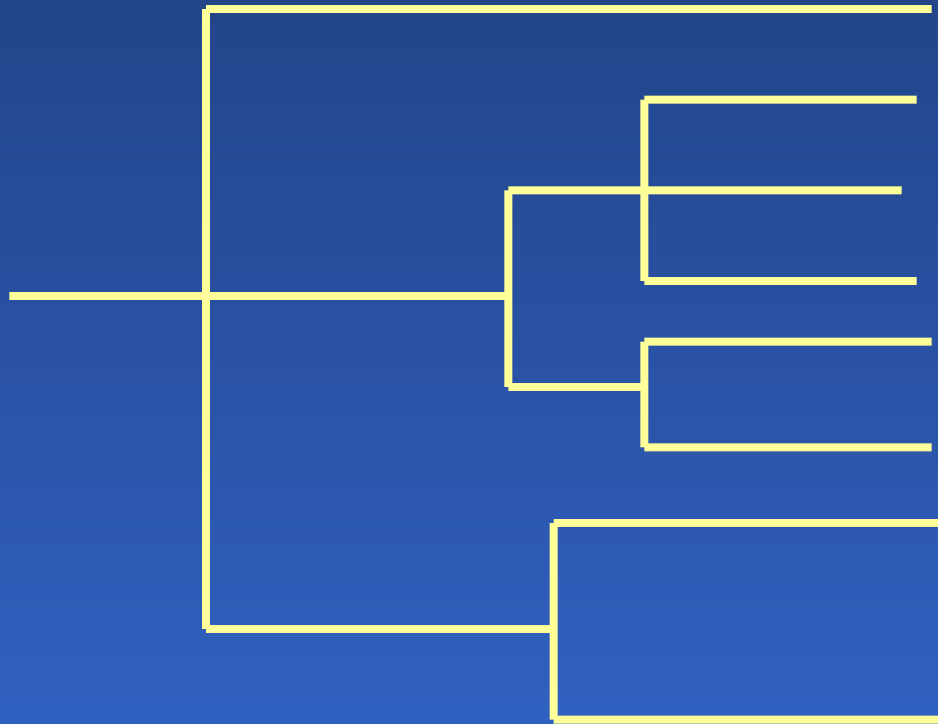
Дерево свойств – графическое изображение разветвляющейся структуры, состоящей из сложных свойств и связанных с ним групп свойств.

Дерево в строгой графой форме – дерево свойств, изображенное так, как это принято в теории графов (с вершинами и ребрами).



Выявление оцениваемых показателей

Дерево в нестрогой графовой форме – дерево свойств, изображенное так, как принято изображать, например, таблицу спортивных соревнований.



Дерево в табличной форме – дерево, изображенное в виде классификационной таблицы.

Правила построения дерева свойств

1. Деление по равному основанию

Здесь правило нарушено:

Функциональность	Удобства для персонала – категория людей
Здание столовой	Микроклимат в обеденном зале – факторы обед. зала
	Высота вестибюля – габариты вестибюля

Правила построения дерева свойств

1. Деление по равному основанию

Должно быть так:



Правила построения дерева свойств

2. Исключительность

Габариты спортзала	Площадь
	Высота
	Кубатура

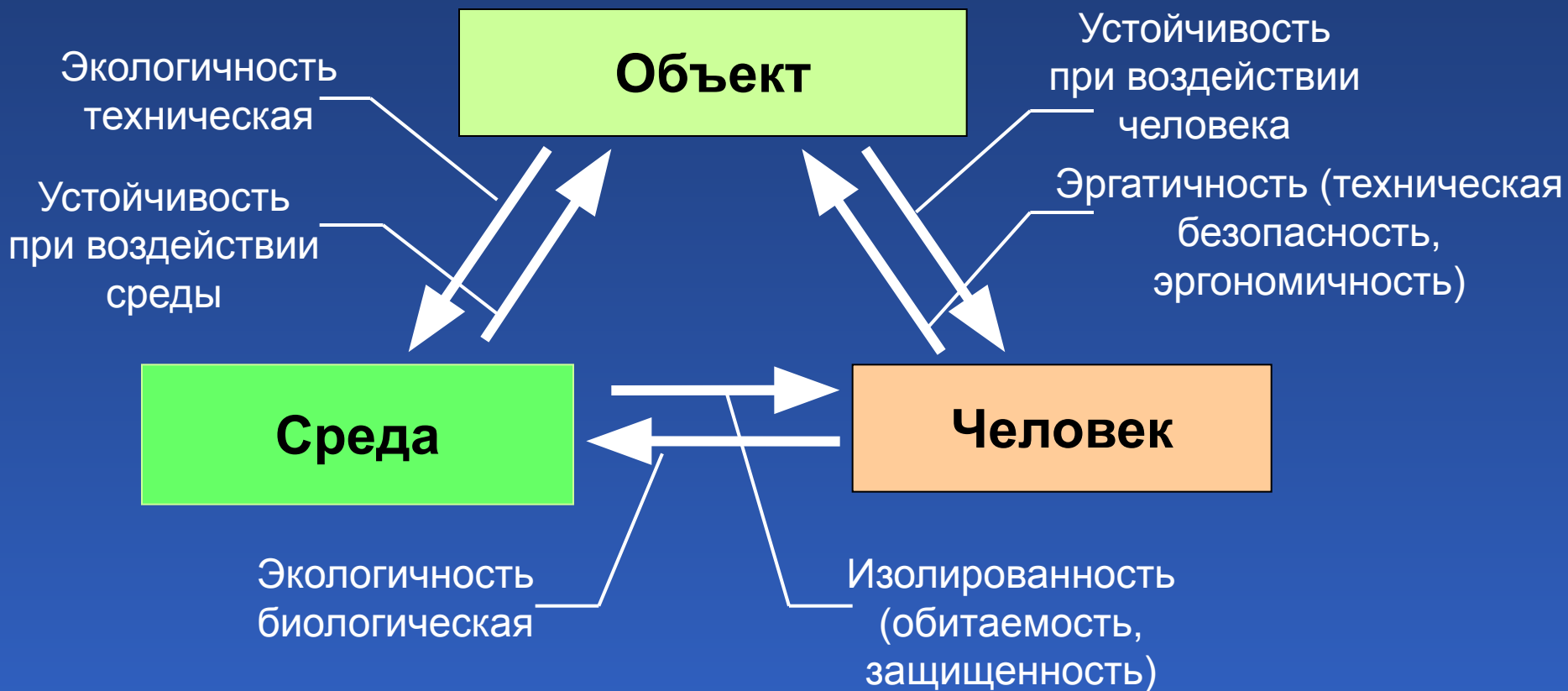
Правило нарушено, так как

кубатура = площадь · высоту.

3. Корректируемость

Правила построения дерева свойств

4. Учет взаимосвязей в системе «человек – среда – объект»



Правила построения дерева свойств

5. Жесткость структуры начальных уровней дерева

Ярусы дерева				
0	1	2	3	4
Интегральное качество	Качество объекта (результаты, получаемые обществом)	Функциональность объекта	Основная функция – приспособленность к выполнению основного назначения (свойство назначения)	
			Вспомогательная функция – приспособленность к взаимодействию в системе «человек – среда – объект» (здесь может быть поддерево А)	
		Эстетичность объекта	Эстетичность собственного объекта	Эстетичность интерьера
				Эстетичность экстерьера
Экономичность (все затраты)				

Правила построения дерева свойств

6. Потребительская направленность формулировок свойств

Здесь правило нарушено:



Должно быть так:



Правила построения дерева свойств

7. Функциональная направленность формулировок свойств
8. Правильный учет субъекта оценки
9. Необходимость и достаточность числа свойств в группе
10. Однозначность толкования формулировок свойств
11. Эталонное число свойств ($n_{\text{эт}}$)
12. Полнота учета особенностей потребления объекта

Правила построения дерева свойств

13. Недопустимость зависимых свойств
14. Одновременность существования свойств
15. Максимальная высота дерева
16. Исключение свойств надежности
17. Предпочтительность правостороннего дерева
18. Предпочтительность табличной формы дерева
19. Предпочтительность признака деления меньшей размерности

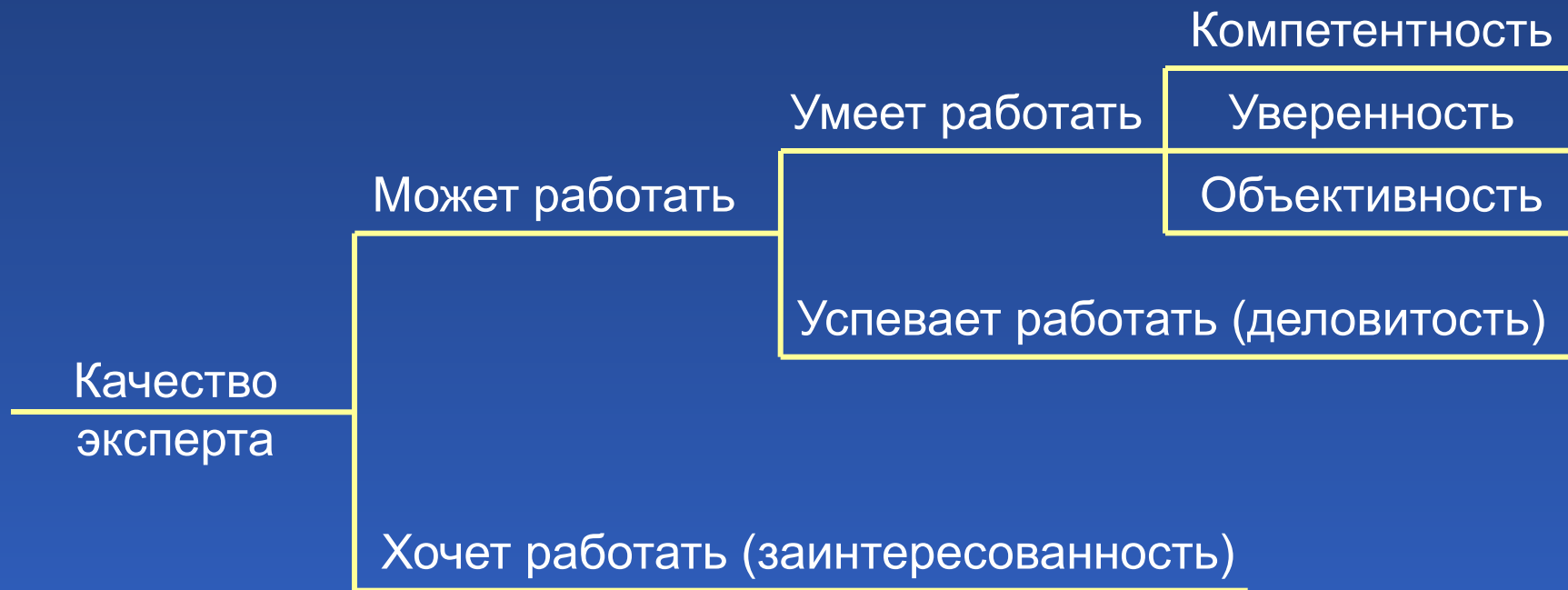
Правила построения дерева свойств

Технология экспертного оценивания качества

- Формирование организационной группы (ОГ)
- Формирование технической группы (ТГ)
- Определение требуемой численности экспертной группы (ЭГ)
- Формирование экспертной группы

Правила построения дерева свойств

Дерево качеств (свойств) эксперта



5. Контроль качества

Основы классификации методов оценки качества

Методы оценки качества

```
graph TD; A[Методы оценки качества] --> B(Дифференциальные); A --> C(Комплексные)
```

Дифференциальные

Комплексные

Основы классификации методов оценки качества

Алгоритм комплексной оценки качества

Определение условий потребления объекта

1. Составление иерархической структурной схемы свойств объекта, необходимых и достаточных для оценки его качества

2. Назначение интервала изменения значений $P_{ij}()$

3. Выбор (на каждом уровне рассмотрения свойств) базовых показателей для сравнения

4. Определение вида зависимости между показателями простых свойств P_{ij} и их оценками K_{ij}

5. Вычисление оценок отдельных свойств K_{ij}

6. Выбор шкалы размерностей комплексной оценки K_0 для приведения единиц измерения отдельных свойств к одному виду

7. Определение способа нахождения весомостей q_{ij} , приемлемого для получения комплексных оценок K_0 данного объекта

8. Выбор метода сведения воедино оценок отдельных свойств K_{ij} для получения комплексных оценок качества

9. Вычисление комплексной оценки качества объекта K_0

Анализ вычисленной оценки качества и принятие решения

Основы классификации методов оценки качества

Классификация методов оценивания качества

Признаки классификации						
Способ учета весомостей отдельных свойств	Принцип определения весомостей отдельных свойств	Зависимость между показателями свойств и их оценками	Способ сведения воедино оценок отдельных свойств			
			С помощью средней геометрической	С помощью средней арифметической	С помощью средней гармонической	С помощью принципов теории распознавания образцов
(код)	(код)	(код)	(код 1)	(код 2)	(код 3)	(код 4)
Весомости не учитываются (код 1)	Код 1	Линейная (код1) Нелинейная (код2) Неявная (код3)	1011 1021 1031	1012 1022 1032	1013 1023 1033	1014 1024 1034
Весомости учитываются (код 2)	Стоимостный (код А)	Линейная (код1) Нелинейная (код2) Неявная (код3)	2А11 2А21 2А31	2А12 2А22 2А32	2А13 2А23 2А33	2А14 2А24 2А34
	Эвристический (экспертный) (код Б)	Линейная (код1) Нелинейная (код2) Неявная (код3)	2Б11 2Б21 2Б31	2Б12 2Б22 2Б32	2Б13 2Б23 2Б33	2Б14 2Б24 2Б34
	Вероятностный (код В)	Линейная (код1) Нелинейная (код2) Неявная (код3)	2В11 2В21 2В31	2В12 2В22 2В32	2В13 2В23 2В33	2В14 2В24 2В34
	Комбинированный (код Г)	Линейная (код1) Нелинейная (код2) Неявная (код3)	2Г11 2Г21 2Г31	2Г12 2Г22 2Г32	2Г13 2Г23 2Г33	2Г14 2Г24 2Г34

Классификация методов измерения

1. По способу учета весомостей отдельных свойств:
 - методы, учитывающие весомость;
 - методы, не учитывающие весомость.
2. По способу определения весомостей отдельных свойств q :
 - методы, базирующиеся на стоимостном принципе определения весомостей;
 - методы, базирующиеся на экспертном принципе определения весомостей;
 - методы, базирующиеся на сочетании стоимостного и экспертного методов (смешанные);
 - методы, базирующиеся на вероятностных оценках и статистическом подходе к их определению.
3. По способу сведения воедино оценок отдельных свойств P :
 - метод, основанный на использовании средней геометрической;
 - метод, основанный на использовании средней гармонической;
 - метод, основанный на использовании средней арифметической;
 - метод, основанный на использовании теории распознавания образцов.

Классификация методов измерения

Методы, не учитывающие весомость отдельных свойств

1. Измерять качество с помощью этого метода предлагают М. В. Федоров, Ф. М. Процай.

Основная расчетная формула:

$$K_0 = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n K_i},$$

где n – количество принимаемых во внимание отдельных свойств;

K_i – оценка i -го свойства, выраженная в безразмерных единицах.

2. Метод Ю. Шакина, Р. Д. Мекинулова и Я. Г. Рубановича выражен основной формулой

$$K_0 = \sum_{i=1}^n K_i.$$

Классификация методов измерения

Методы, учитывающие весомость отдельных свойств

1. Суть метода определяется выражением

$$K_0 = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (K_i q_i)},$$

где q_i – весомость, определяемая с использованием стоимостного принципа. Основой этого принципа является утверждение: весомость q_i является монотонно возрастающей функцией от аргумента S_i (денежные или трудовые затраты, необходимые для обеспечения существования i -го свойства).

Если $q_i = \phi(s_i)$, то при $S_{i+1} > S_i$; $q_{i+1} > q_i$.

2. Расчетная формула этого метода:

$$K_0 = \sum_{i=1}^n K_i q_i.$$

Наиболее часто принимаются условия: $0 \leq K_i \leq 1$, $0 \leq q_i \leq 1$, при $\sum_{i=1}^n q_i = 1$.

Выборочный контроль качества

Целью статистического контроля является исключение случайных изменений качества продукции.

Статистические методы контроля качества подразделяются:

- на статистический приемочный контроль по альтернативному признаку;
- выборочный приемочный контроль по варьирующим характеристикам качества;
- стандарты статистического приемочного контроля;
- система экономических планов;
- планы непрерывного выборочного контроля;
- методы статистического регулирования технологических процессов.

Выборочный контроль качества

Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку

Основной характеристикой этого метода является генеральная доля дефектных изделий

$$q = \frac{D}{N},$$

где D – число дефектных изделий в партии;
 N – объем партии изделий.

Выборочный контроль качества

Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку

План контроля – система правил, указывающих методы отбора изделий для проверки, и условия, при которых партию следует принять, забраковать или продолжить контроль.

Виды планов статистического контроля партии продукции по альтернативному признаку:

- одноступенчатые планы;
- двухступенчатые планы;
- многоступенчатые планы.

Выборочный контроль качества

Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку

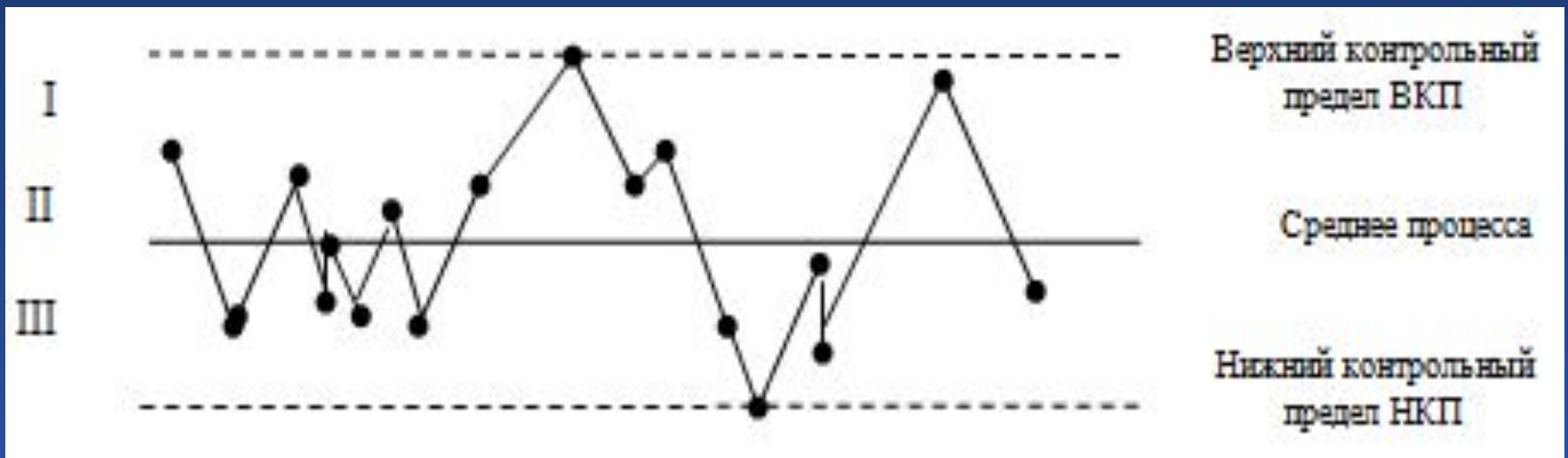
Задача выборочного приемочного контроля фактически сводится к статистической проверке гипотезы о том, что доля дефектных изделий q в партии деталей равна допустимой величине q_0 .

Задача правильного выбора плана статистического контроля состоит в том, чтобы сделать ошибки первого и второго рода мало вероятными.

Основным вероятностным показателем плана статистического контроля является оперативная характеристика.

Выборочный контроль качества

Контрольная карта



Выборочный контроль качества

2. Контрольные карты для качественных измерений (признаков).
Отражают общее измерение всего процесса (число рекламаций на заказ, число заказов в единицу времени, частота прогулов и т. д.).

Их типы:

- *P*-карты;
- *пр*-карты;
- *c*-карты;
- *n*-карты.

6. Качество продукции

Классификация промышленной продукции

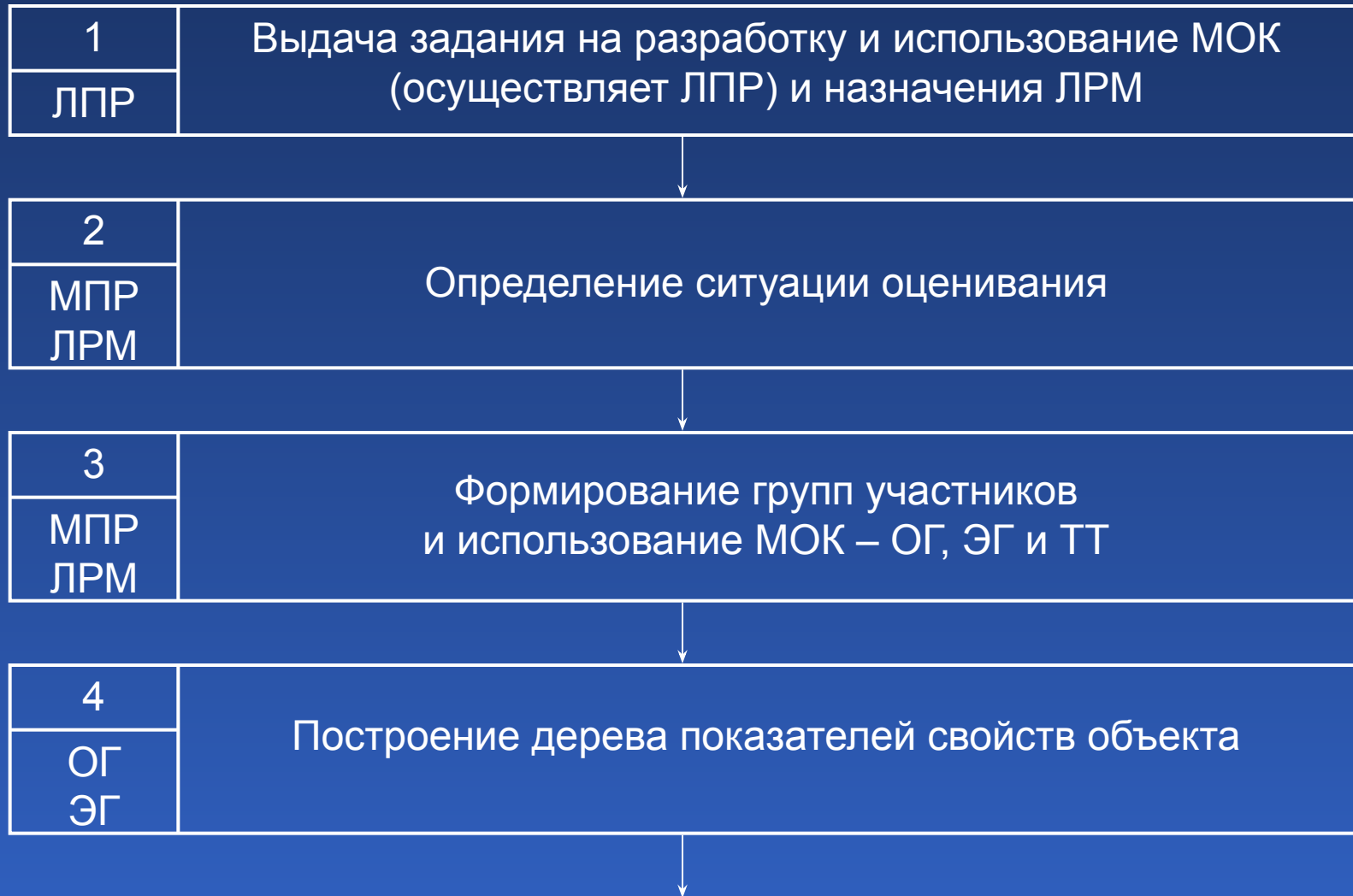


Классификация промышленной продукции

Наиболее полная классификация свойств (показателей качества), которые нужно учитывать при комплексной оценке качества содержит следующие 13 групп:

- целевого назначения;
- состава, структуры или конструкции;
- технологические;
- экономические;
- сохраняемости;
- ремонтпригодности;
- безотказности;
- долговечности;
- эргономические;
- стандартизации и унификации;
- патентно-правовой защиты;
- эстетические;
- транспортабельности.

Алгоритм оценивания качества



Алгоритм оценивания качества



7. Качество проекта

Условия успешной работы проектировщиков

Успешность работы проектировщиков	Возможность высоко-качественно проектировать («мочь»)	Наличие четко сформулированных заданий на проектирование и исходных данных («знать»)	Заказчик может дать задание и исходные данные («мочь»)
			Заказчик стремится дать задание и исходные данные («хотеть»)
		Достаточная квалификация проектировщиков («уметь»)	Возможность обеспечить достаточную квалификацию проектировщиков («мочь»)
			Стремление обеспечить достаточную квалификацию проектировщика («хотеть»)
		Достаточные силы и средства для выполнения работы в срок («успевать»)	Достаточное число проектировщиков
			Достаточное материально-техническое обеспечение работы проектировщиков (помещение, инструменты, приспособления и т. д.)
	Стремление высоко-качественно проектировать («хотеть»)	Работа проектировщиков оценивается («оценка»)	Возможность оценивать проекты («мочь»)
			Стремление оценивать проекты («хотеть»)
		Работа проектировщиков стимулируется («стимулы»)	Возможность стимулирования работы проектировщиков («мочь»)
			Стремление стимулировать работу проектировщиков («хотеть»)

Качество проекта

Качество проекта целесообразно оценивать с помощью показателя интегрального качества:

$$K_{\varepsilon} = f(D, K, C),$$

где D – количество;

K – качество;

C – затраты на производство и потребление.

Уровень интегрального качества y определяется:

$$y = \frac{K}{K^{\text{эт}}},$$

где K – показатель интегрального качества, рассматриваемого проекта,
 $K^{\text{эт}}$ – эталон, величина показателя интегрального качества на данный момент лучших в мире проектов изделий аналогичного типа.

8. Качество технологии

Качество технологической документации

– совокупность свойств и характеристик комплекта документов технологических процессов (ТП) или отдельных документов, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности, необходимые и достаточные для выполнения ТП при изготовлении и ремонте продукции или ее составных частей.

Главная цель оценки качества ТД – создание уверенности в том, что применяемая в серийном производстве ТД гарантированно обеспечивает необходимые предпосылки для соответствия продукции установленным требованиям стандартов при минимальных производственных затратах материальных, трудовых, энергетических и финансовых ресурсов.

Для этого необходимо:

- сделать выбор оценочных показателей и характеристик качества ТД;
- определить с учетом специфики производства выпускаемой продукции методы выявления в ТД параметров технологических процессов (ТП), лимитирующих безопасность и надежность продукции;
- провести ранжирование показателей и характеристик, присвоив им размерность (баллы или другие единицы измерения);
- разработать методы определения обобщенной оценки качества ТД;
- установить и описать порядок разработки процедур планирования, проведения и использования результатов оценки качества ТД.

Качество технологического процесса

- При оценке технологического процесса необходимо оценивать его точность и стабильность.
- Точность технологического процесса характеризуется запасом точности, определенным коэффициентом K_p и коэффициентом точности настройки $K_{Т.Н}$.
- Стабильность технологического процесса характеризуется коэффициентом межнастроечной стабильности $K_{М.С}$ и коэффициентом настройки $K_{К.Н}$.
- Процессы, имеющие закономерно изменяющиеся погрешности, необходимо настраивать с учетом тенденции изменения этой погрешности ближе к минимальной погрешности Q_{min} .
- Погрешности без закономерно изменяющейся погрешности необходимо настраивать по среднему значению конструкторского допуска.

9. Качество измерений

Качество измерений характеризуется:

- точностью;
- достоверностью;
- правильностью;
- сходимостью и воспроизводимостью измерений;
- размером допускаемых погрешностей.