

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
энергетический университет имени В.И. Ленина»

Электромеханический факультет/Факультет заочного и вечернего обучения

Кафедра Электропривода и автоматизации промышленных установок

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И АВТОМАТИКИ

*Демонстрационный материал к лекционному курсу  
(часть 3)*

Автор: Куленко М.С.

Иваново, 2020 г.

# Основы инженерного анализа альтернативных вариантов электропривода

Процесс проектирования предполагает:

- отбор принципиальных решений
- их сравнительный анализ и выбор оптимального решения
- точный расчет и оптимизация выбранного варианта

## Отбор возможных принципиальных решений альтернативных вариантов

Производится с использованием научно-технической и патентной информации. Научно-техническая информация: учебники; учебные пособия; монографии; периодические издания (журналы "Электричество", "Электротехника", "Известия вузов. Электромеханика" и др.); сборники научных трудов; отчеты о НИР; диссертации; интернет-источники

# Оценка и сравнение вариантов решения.

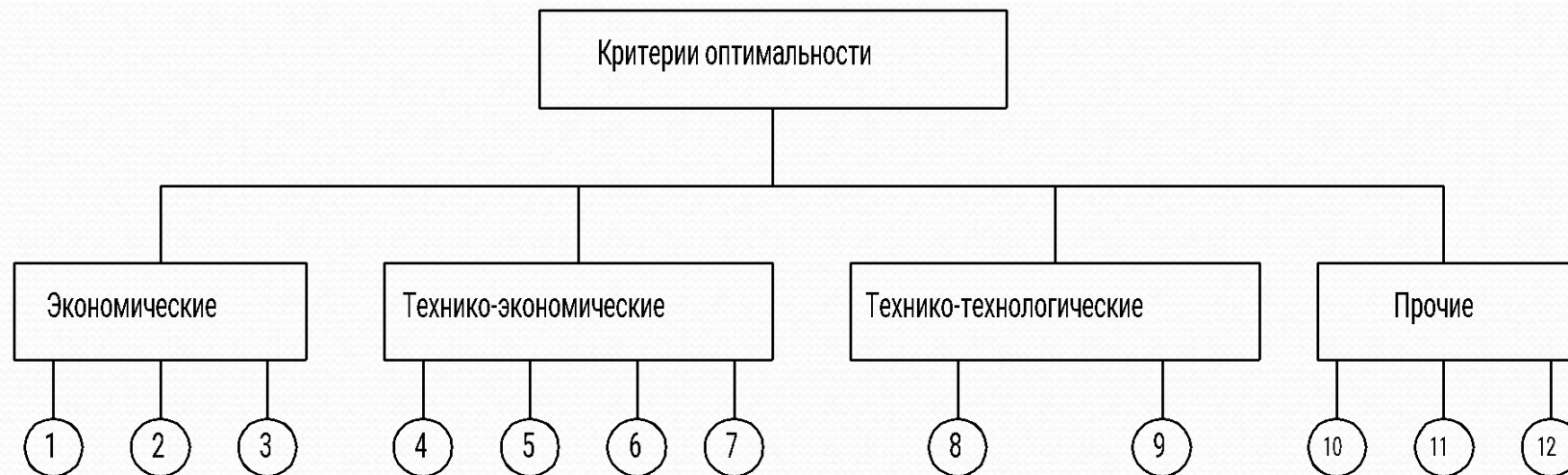
## Основы инженерного анализа

На начальных стадиях проектирования приходится анализировать сочетание большого количества принципиальных решений



Точная расчетная оптимизация уступает место методам инженерного анализа.

# Виды критериев оптимальности



- 1 – прибыль
- 2 – себестоимость
- 3 – рентабельность
- 4 – производительность
- 5 – надежность
- 6 – КПД
- 7 – КПВ (времени)
- 8 – физико-механические параметры продукта
- 9 – медико-биологические
- 10 – психологические факторы
- 11 – эстетические характеристики
- 12 – прочие

Для решения задачи многокритериальной оптимизации выбирают либо один главный критерий (остальные считают ограничениями) или формируют обобщенный критерий  $Q$  из ряда  $Q_i$ .

Мультипликативный критерий

$$Q = \prod_{i=1}^n Q_i$$

Аддитивный критерий

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$$

Комбинированный мультипликативно-аддитивный критерий

$$Q = \prod_{i=1}^n Q_i \sum_{j=1}^m Q_j$$

- Относительный критерий

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{j=1}^m Q_j}$$

- $Q_i$  – критерии, увеличение которых желательно
- $Q_j$  – критерии, увеличение которых нежелательно

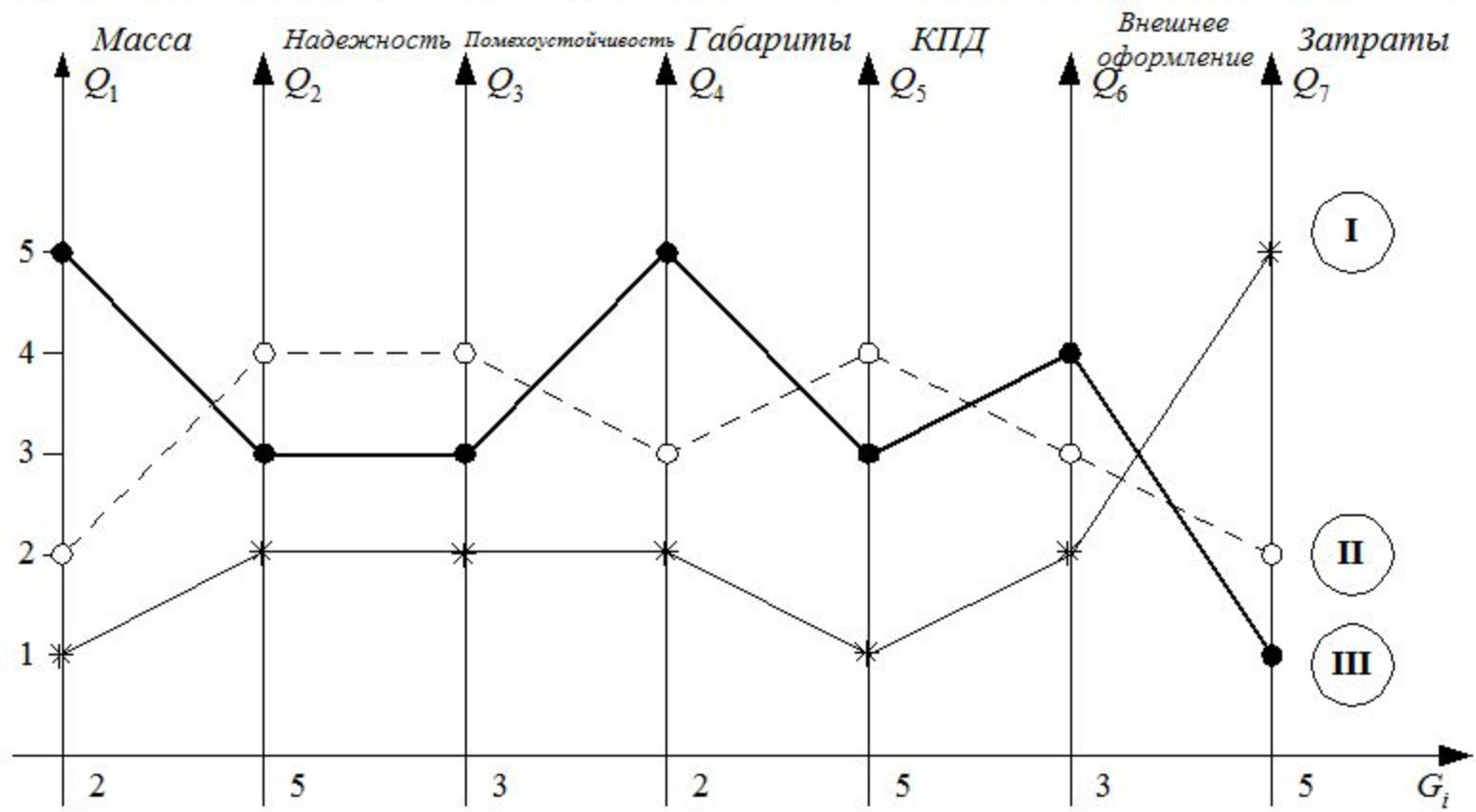
### Среднегеометрический обобщенный критерий

$$Q = \sqrt[n]{Q_1 \cdot Q_2 \cdot \dots \cdot Q_n} \quad 0 \leq Q_i \leq 1$$

Рассмотрим общую методику оценки вариантов на основе более распространенного аддитивного критерия

Оценку показателей  $Q_i$  будем производить по 5-бальной шкале

$$Q_i = \begin{cases} 5 - \text{требования к } i - \text{ой характеристике удовлетворяются очень хорошо} \\ 4 - \text{хорошо} \\ 3 - \text{удовлетворительно} \\ 2 - \text{недостаточно} \\ 1 - \text{неудовлетворительно} \end{cases}$$





$$S = \sum_{i=1}^7 Q_i$$

$$\boxed{\text{I}} : S_{\text{I}} = 1+2+2+2+1+2+5 = 15$$

$$\boxed{\text{II}} : S_{\text{II}} = 2+4+4+6+3+4+3+2 = 22$$

$$\boxed{\text{III}} : S_{\text{III}} = 5+3+3+5+3+4+1 = \boxed{24} - \text{лучший}$$

$$S_{\text{III}} > S_{\text{II}} > S_{\text{I}}$$

Если характеристики неравнозначны, то необходимо установить весовые коэффициенты  $G_i$  и определить оптимальное решение по формуле взвешенной суммы

$$S_G = \sum_{i=1}^7 G_i Q_i$$

$$G_i = \begin{cases} 5 - i - \text{ая характеристика имеет очень большое значение для достижения цели проекта} \\ 4 - \text{большое} \\ 3 - \text{среднее} \\ 2 - \text{небольшое} \\ 1 - \text{несущественное} \end{cases}$$

Для случая, когда

$$G_1 = G_4 = 2$$

$$G_2 = G_5 = G_7 = 5$$

$$G_3 = G_6 = 3$$

$$\boxed{\text{I}} : S_G^{\text{I}} = (2 \cdot 1) + (5 \cdot 2) + (3 \cdot 2) + (2 \cdot 2) + (5 \cdot 1) + (3 \cdot 2) + (5 \cdot 5) = 58$$

$$\boxed{\text{II}} : S_G^{\text{II}} = (2 \cdot 2) + (5 \cdot 4) + (3 \cdot 4) + (2 \cdot 3) + (5 \cdot 4) + (3 \cdot 3) + (5 \cdot 2) = \boxed{81}$$

$$\boxed{\text{III}} : S_G^{\text{III}} = (2 \cdot 5) + (5 \cdot 3) + (3 \cdot 3) + (2 \cdot 5) + (5 \cdot 3) + (3 \cdot 4) + (5 \cdot 1) = 76$$

$$S_G^{\text{II}} > S_G^{\text{III}} > S_G^{\text{I}}$$

## Оптимизация соотношения между качеством и затратами (Функционально-Стоимостной Анализ – ФСА)

Цель ФСА состоит в выявлении такого варианта, у которого минимум затрат дает максимум функциональных возможностей

Соотношение эксплуатационных показателей и соответствующих им затрат оценивается по формуле удельных затрат

$$k = \frac{K}{t_{\omega}} \text{ – удельные затраты}$$

$K$  – затраты для одного варианта

$t_{\omega}$  – показатель технической значимости

$$t_{\omega} = \frac{\sum_{i=1}^n G_i Q_i}{[Q_i]_{\max} \cdot \sum_{i=1}^n G_i}$$

$$\boxed{\text{I}} : K^{\text{I}} = 170 \text{ тыс. руб.}$$

$$t_{\omega}^{\text{I}} = \sum_{i=1}^6 G_i Q_i / 5 \cdot \sum_{i=1}^6 G_i = 33/5 \cdot 20 = 0,33$$

$$k^{\text{I}} = \frac{K^{\text{I}}}{t_{\omega}^{\text{I}}} = 170/0,33 = 515 \text{ тыс.руб}$$

$$\boxed{\text{II}} : K^{\text{II}} = 290 \text{ тыс. руб.}$$

$$t_{\omega}^{\text{II}} = 71/5 \cdot 20 = 0,71$$

$$k^{\text{II}} = \frac{K^{\text{II}}}{t_{\omega}^{\text{II}}} = 290/0,71 = 408 \text{ тыс.руб}$$

$$\boxed{\text{III}} : K^{\text{III}} = 400 \text{ тыс. руб.}$$

$$t_{\omega}^{\text{III}} = 71/5 \cdot 20 = 0,71$$

$$k^{\text{III}} = \frac{K^{\text{III}}}{t_{\omega}^{\text{III}}} = 400/0,71 = 563 \text{ тыс.руб}$$

Полностью субъективизма избежать не удалось. Но общая оценка системы разбивается на ряд субоценок, которые получить проще, особенно, если критериев много

Сама же процедура выбора оптимального варианта после установки коэффициентов желательности полностью формализуется, что снижает степень субъективизма проектировщика

# Пояснения к выполнению практического задания

## «РАБОТА С НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ»

В соответствии с вариантом с помощью нормативно-технической литературы описать классификацию электротехнического устройства

### **В ОТВЕТЕ ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬСЯ СЛЕДУЮЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ:**

Проектируемое электротехническое устройство должно соответствовать следующим требованиям:

1. Климатическое исполнение согласно ГОСТ 15150–69 (15543.1–89) .....
2. Группа механического исполнения по ГОСТ 17516.1–90 .....
3. Степень защиты по ГОСТ 14254–96 .....
4. Способ монтажа в соответствии с ГОСТ 2479–79 .....
5. Способ охлаждения по ГОСТ 20459–87 .....
6. По уровню вибрации по ГОСТ 20815–93 .....

## Варианты исходных данных

| ФИО                              | №  | Климатическое исполнение и категория размещения<br>ГОСТ 15150-69 (15543.1-89) | IP<br>ГОСТ 14254-96 | IM<br>ГОСТ 2479-79 | IC<br>ГОСТ 20459-87 | Вибрация<br>ГОСТ 20815-93 | Группа мех. исполнения<br>ГОСТ 17516.1-90 |
|----------------------------------|----|---|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|---|
| Аладов Илья Александрович        | 1  | У3  | IP34C               | IM1231             | IC A21              | N                         | M3  |
| Аладов Кирилл Александрович      | 2  | УХЛ4  | IP43A               | IM1001             | IC W32              | R                         | M2  |
| Артемьев Егор Александрович      | 3  | УХЛ2  | IP24B               | IM2111             | IC A13              | S                         | M4  |
| Балынин Василий Николаевич       | 4  | У4  | IP11D               | IM2551             | IC W31              | N                         | M3  |
| Булочников Андрей Юрьевич        | 5  | УХЛ3  | IP45A               | IM3311             | IC C24              | R                         | M1  |
| Кротов Михаил Михайлович         | 6  | T1  | IP55D               | IM3501             | IC N21              | S                         | M5  |
| Пачаев Александр Романович       | 7  | NF4   | IP67B               | IM4001             | IC U33              | N                         | M3  |
| Письменский Станислав Эдуардович | 8  | M1  | IP34A               | IM4231             | IC A21              | R                         | M3  |
| Ремнев Алексей Андреевич         | 9  | TB2   | IP43C               | IM4301             | IC W22              | S                         | M2  |
| Аксенов Дмитрий Алексеевич       | 10 | B3  | IP24B               | IM2111             | IC W43              | N                         | M4  |
| Герасимов Антон Сергеевич        | 11 | У4  | IP11A               | IM2551             | IC C44              | S                         | M3  |
| Горюков Сергей Викторович        | 12 | УХЛ3  | IP45B               | IM3311             | IC N31              | N                         | M1  |
| Грачёва Алёна Валерьевна         | 13 | T2  | IP55C               | IM3501             | IC A13              | R                         | M5  |
| Колосницын Дмитрий Павлович      | 14 | NF2   | IP67A               | IM4001             | IC W23              | S                         | M3  |
| Корнилич Николай Сергеевич       | 15 | M2  | IP44B               | IM4531             | IC A31              | N                         | M4  |
| Лепешкин Александр Станиславович | 16 | У3  | IP24B               | IM2551             | IC A13              | N                         | M5  |
| Панков Роман Владимирович        | 17 | УХЛ4  | IP11D               | IM3311             | IC W31              | R                         | M3  |
| Рябов Иван Алексеевич            | 18 | УХЛ2  | IP45A               | IM3501             | IC C24              | S                         | M3  |
| Сидоров Илья Алексеевич          | 19 | У4  | IP55D               | IM4001             | IC N21              | N                         | M2  |
| Соловьёв Олег Владимирович       | 20 | УХЛ3  | IP67B               | IM4231             | IC U33              | R                         | M4  |
| Утин Сергей Владимирович         | 21 | T1  | IP34A               | IM4301             | IC A21              | S                         | M3  |
| Янович Максим Владимирович       | 22 | NF4   | IP43C               | IM2111             | IC W22              | N                         | M1  |



**TO BE  
CONTINUED...**