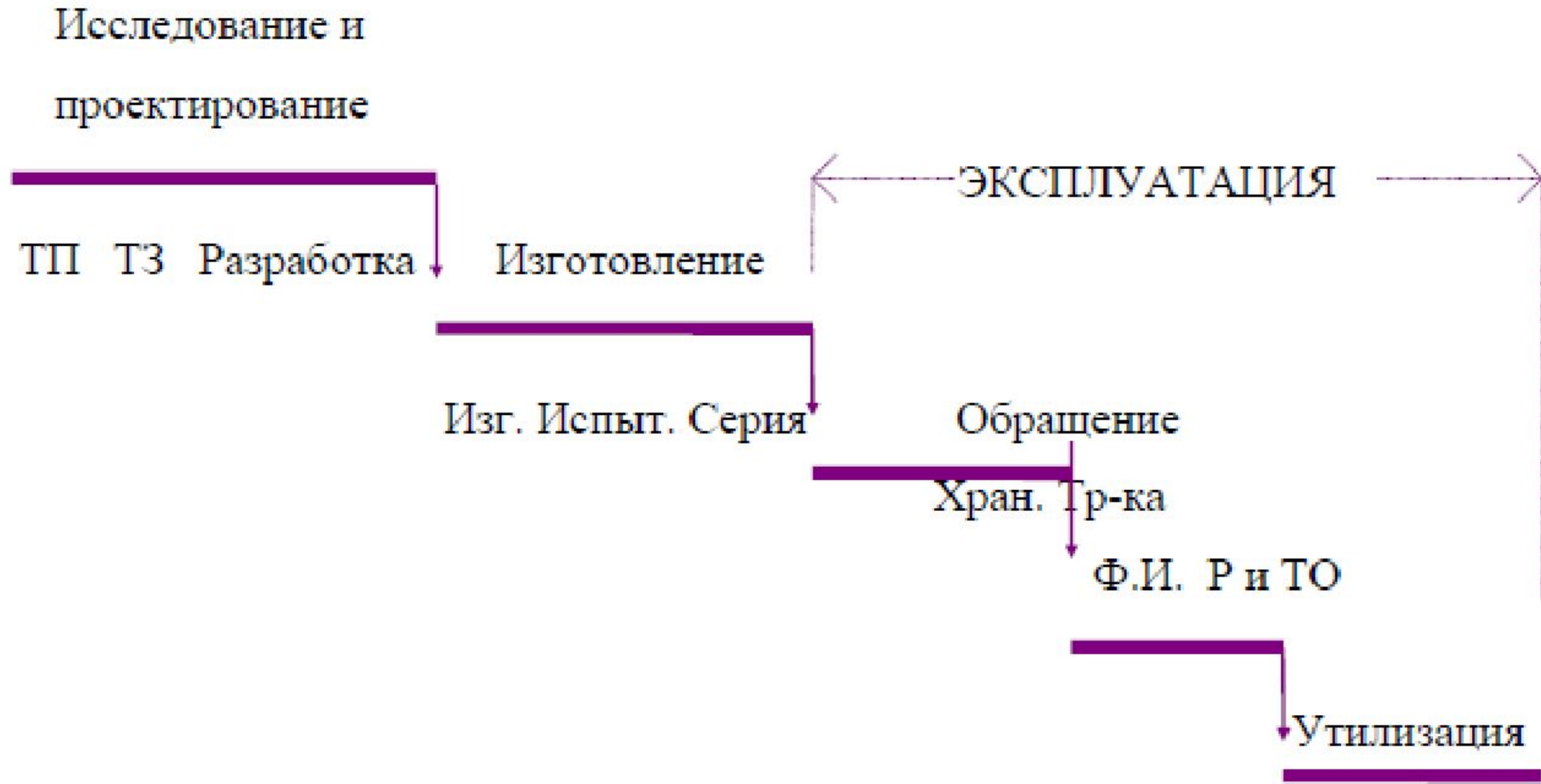




# Жизненный цикл РЭО

1. Исследование и проектирование  
(проработка, научно исследовательские работы, разработка технического проекта)
2. Изготовление (изготовление основных элементов и составных частей, испытания, серийное производство)
3. Эксплуатация (обращение, использование, ТО и ремонт, утилизация)

# Жизненный цикл РЭО



# Исследование и проектирование

## Проработка

Заказчик формирует исходные данные и технические задания (ТЗ) на НИР

## Научно исследовательские работы

Теоретические и экспериментальные исследования, изыскание принципов и путей создания новых или модернизации существующих систем

## Разработка технического проекта

Технико-экономическое обоснование и разработка ТЗ на ОКР и ОКР по созданию РЭО

# Этапы стадии изготовления

- 1 изготовления основных элементов и составных частей системы на опытных производствах по документации, разработанной в эскизном проекте
- 2 испытания (сбор информации для совершенствования конструкции и технологии изготовления, корректировка разрабатываемой эксплуатационной документации, отработка технической документации на серийное производство)
- 3 серийное производство основных элементов и составных частей систем РЭО
  - изготовление установочной партии РЭО для отладки и контроля технологического процесса
  - проведение производственных испытаний для контроля качества и отработки технологии серийного производства
  - проведение комплексных испытаний на местности

# Этапы стадии эксплуатации

- 1 обращение, заключающееся в хранении и транспортировке изделий
- 2 функциональное использование по назначению, техническое обслуживание и ремонт;
- 3 утилизация

# Управление процессами технической эксплуатации на основе

- анализа
- формализации
- моделирования
- оптимизации

# Эксплуатационно-технические характеристики РЭО

- Отображают степень эксплуатационного совершенства
- Закладываются и обеспечиваются при создании аппаратуры
- Бывают единичные и обобщенные



# Единичные ЭТХ

- Надежность объекта – свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в требуемых пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортировки.

# Свойства объекта

- Безотказность
- Долговечность
- Сохраняемость
- Ремонтопригодность

# Безотказность

- Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течении некоторого времени или некоторой наработки

# Долговечность

- Нарботка объекта на отказ от начала эксплуатации до наступления предельного состояния при установленной системе ТО и ремонта

количественный показатель долговечности

величина ресурса и его составляющие, срок службы и стоимостные показатели

# Ресурс

- наработка системы от начала эксплуатации или ее возобновления до наступления предельного состояния изделия

## Календарная продолжительность

- работа изделия от начала эксплуатации до его снятия с эксплуатации (т.е. до списания)

# Технический ресурс

- наработку изделия от начала эксплуатации(или ее возобновления) до наступления предельного состояния по техническим причинам (чаще до первого капитального ремонта)

# Межремонтный ресурс

- наработка изделия между двумя последовательными плановыми капитальными ремонтами

# Межремонтный срок службы

- календарная продолжительность эксплуатации изделия между двумя последовательными плановыми капитальными ремонтами

## Назначенный ресурс

- суммарная наработка изделия, при достижении которой его дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена независимо от действительного состояния

## Гамма-процентный ресурс

- наработка, в течение которой РЭО не достигло предельного состояния с заданной вероятностью (в процентах)



# Гарантийный ресурс

- (гарантийная наработка) - наработка изделия (в часах, циклах или в других единицах измерения), в пределах которой изготовитель гарантирует нормальную работу и обеспечивает (бесплатное) восстановление отказавших изделий при условии соблюдения правил эксплуатации, хранения, транспортирования

# Гарантийный срок службы

- (срок гарантии) - календарный период, в течение которого изготовитель гарантирует нормальную работу и обеспечивает восстановление отказавших изделий при условии соблюдения правил эксплуатации, хранения, транспортирования. Каждому изделию устанавливаются гарантийные ресурсы и срок службы

# Сохраняемость

- Определяет безотказность и долговечность объекта в процессе эксплуатации после того, как элементы и составные части его хранились или транспортировались до их монтажа и ввода в эксплуатацию

# Эксплуатационная технологичность

- приспособленность к проведению на нем всех работ эксплуатационного цикла

## Ремонтопригодность

- приспособленность изделия РЭО к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов и устранению их последствий путем проведения ТО и ремонтов

# Основные свойства эксплуатационной технологичности

- доступность
- легкосъемность
- взаимозаменяемость
- стандартизация (унификации)
- безопасность

# Обобщенные ЭТХ

- Обобщенным (комплексным) показателем эксплуатационных свойств называют показатель эксплуатации, относящийся к нескольким свойствам, характеризующим качество эксплуатации объекта

# Коэффициент готовности

Вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течении которых использование объекта по назначению не предусмотрено.

$$K_r = T / (T + T_B)$$

$T$  – время безотказной работы,  $T_B$  – среднее время восстановления

$K_{ог}(t_p) = K_r * P(t_p)$  - коэффициент оперативной готовности

# Коэффициент технического использования

- Статистически определяется отношением суммарного времени пребывания объектов в работоспособном состоянии к произведению числа наблюдаемых объектов на заданное время эксплуатации

$$K_{mu}^* = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{NT_0}$$

- Позволяет оценить совокупность качеств безотказность  $T$ , ремонтпригодность (восстанавливаемость)  $T_B$ , обслуживаемость  $T_{пр}$  аппаратуры
- Показывает среднее относительное время нахождения аппаратуры в работоспособном состоянии.



# Для нескольких одинаковых объектов

- $K_{tu}$  показывает средний процент систем, находящихся в работоспособном состоянии в любой момент времени

$$K_{tu} = \frac{N}{N_{\Sigma}}$$

где  $N$  – среднее число работоспособных систем, не занятых ремонтом и профилактикой,  $N_{\Sigma}$  – общее число систем

# Трудоемкость технического обслуживания

- Средние - математическое ожидание суммарных затрат на проведение ТО объекта за определенный период эксплуатации.
- Удельные суммарные - отношение средней суммарной трудоемкости ТО к математическому ожиданию суммарной наработки объекта за один и тот же период эксплуатации
-

# Трудоемкость технического обслуживания

- Объем регламентных (профилактических) работ на РЭО, т.е. трудоемкость его технического обслуживания, количественно удобно оценивать расходом времени на выполнение этих работ. Тогда средняя суммарная трудоемкость  $T_{\Sigma mo}^*$  технического обслуживания будет определяться как среднее время, необходимое для проведения технического обслуживания объекта за определенный период эксплуатации  $t_{\Sigma}$ .

$$T_{\Sigma mo}^*(t) = N_{np}(t) \cdot \sum_{i=1}^n t_{npi}$$

# Трудоемкость технического обслуживания

$$T_{\Sigma mo}^*(t) = N_{np}(t) \cdot \sum_{i=1}^n t_{npi}$$

- где  $t_{npi}$  – среднее время работы при выполнении  $i$  – й операции профилактики;  $n$  – число операций при выполнении одного профилактического обслуживания

$$\sum_{i=1}^n t_{npi} = T_{np} \text{ - среднее время одной профилактики}$$

$N_{np}(t)$  - количество профилактических работ за время  $t$ , округленное до целого числа

# Удельная суммарная трудоемкость технического обслуживания

$$T_{y \sum mo}(t) = \frac{T_{\sum mo}^*(t)}{T_{\sum}(t)}$$

где  $T_{\sum mo}^*(t)$  - средняя суммарная трудоемкость  
технического обслуживания за период  
эксплуатации  $t$   
 $T_{\sum}(t)$  - математическое ожидание суммарной  
наработки объекта за один и тот же период  
эксплуатации  $t$

# Статистически наработку

$$T_{\Sigma}^* (t) = \frac{\sum_{i=1}^N t_{\Sigma i}}{N}$$

где  $t_{\Sigma}$  - суммарная наработка  $i$  – го объекта за период эксплуатации  $t$ ;

$N$  – число наблюдаемых объектов.

# Эффективность ТО

- авиапредприятия несут большие затраты на проведение ТО
- необходимо выработать критерий эффективности, который должен устанавливать связь между характеристиками РЭО, характеристиками системы ТО и основными показателями работы авиапредприятия

# Эффективность профилактики

- отношение наработки на отказ профилактируемой  $T_{проф}$  и непрофилактируемой  $T_0$  аппаратуры

$$W = \frac{T_{проф}}{T_0}$$

позволяет оценить степень повышения безотказности аппаратуры за счет проведения профилактических работ



# Коэффициент эффективности профилактики

отношение количества отказов  $n_{в. пр}$ , выявленных во время проведения профилактических работ, к полному числу отказов  $n_{п}$ , зарегистрированных в процессе эксплуатации аппаратуры

$$K_{эпр} = \frac{n_{в.пр}}{n_n} \quad \text{- позволяет оценить аппаратуру с точки зрения потенциальных возможностей проведения профилактического обслуживания}$$
$$n_n = n_{впр} + n$$

где  $n$ - число отказов, возникших в процессе работы аппаратуры

# Связь эффективности профилактики и коэффициента эффективности профилактики

$$W = \frac{1}{1 - K_{\text{эп}}}$$

показывает, что эффективность процесса предотвращения отказов зависит как от характеристик самого РЭО, условий его использования по назначению, так и от качества выполнения ТО, т.е. от характеристик системы ТО

# Коэффициент стоимости эксплуатации

$$K_{cэ} = \frac{C_э}{C_n}$$

- отношение стоимости эксплуатации аппаратуры в течение года ( $C_э$ ) к стоимости ее производства

$$C_n = C_0 + C_{pc} + C_з + C_a$$

где  $C_0$  – средняя стоимость устранения всех отказов (замены отказавших деталей) за один год;

$C_{pc}$  – стоимость рабочей силы в течение года;

$C_з$  – стоимость ЗИПа, вспомогательной аппаратуры, инструмента и расходных материалов за один год;

$C_a$  – административные расходы в течение одного года;

$C_n$  – стоимость разработки и производства аппаратуры

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

- является важным этапом ТЭ и представляет собой комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности РЭО при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании, подготовке к использованию и использованию по прямому назначению

# Задачи ТО

- предупреждение преждевременного износа деталей и ухода электрических параметров за пределы установленных норм
- выявление и устранение неисправностей и причин их возникновения
- доведение параметров и характеристик до норм
- продление межремонтных сроков и сроков службы

# ТО проводится по планово-предупредительной системе и включает в себя

- контроль технического состояния;
- профилактические работы, направленные на предотвращение отказов;
- регулировочные и настроечные работы по доведению параметров до норм, установленных технической документацией;
- восстановление работоспособности и исправности путем устранения отказов и повреждений

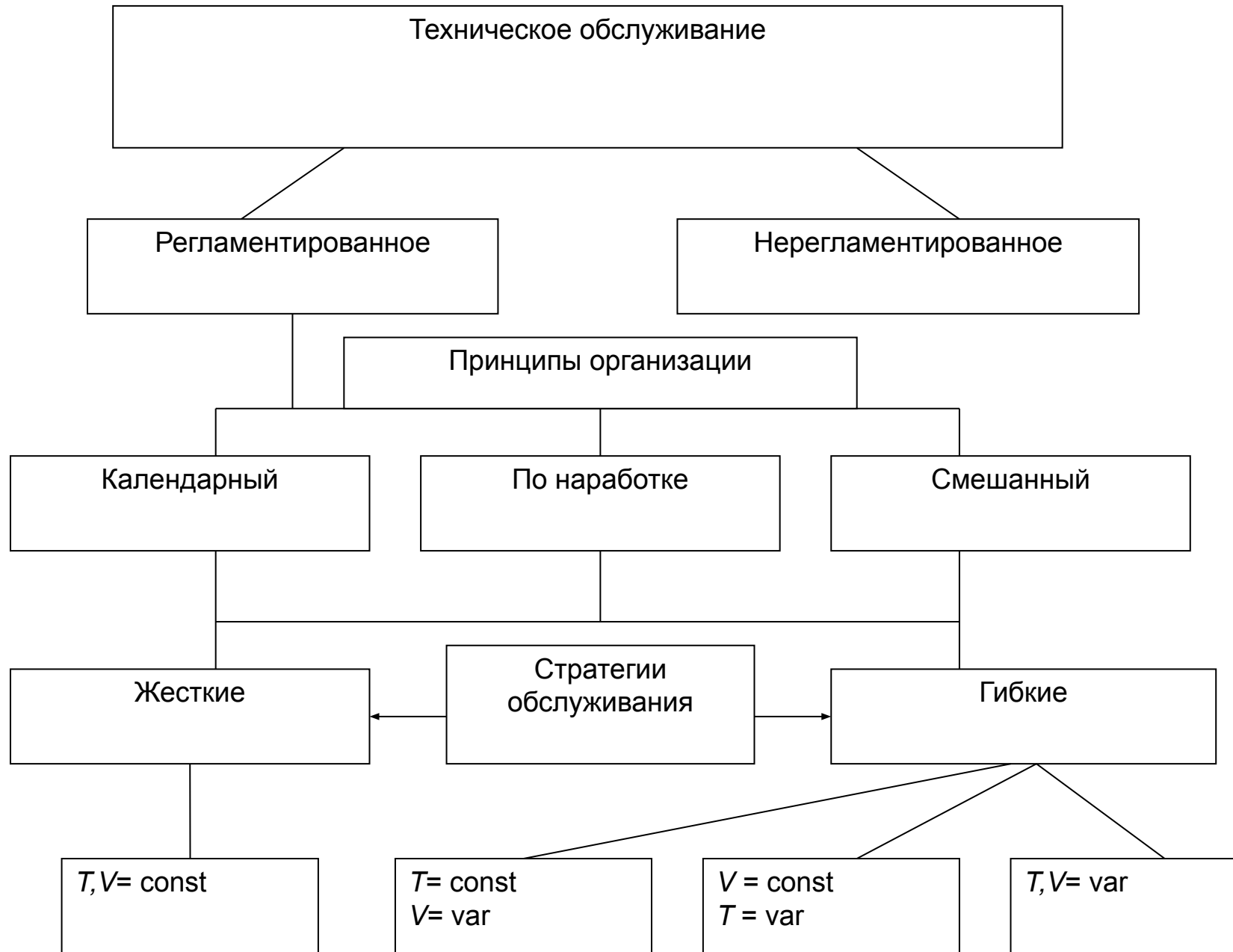
# Система технической эксплуатации и ремонта

- Комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества, предусмотренных нормативно-технической документацией

# Принципы организации системы ТО

- календарный, когда все работы ТО проводятся через календарные отрезки времени (день, месяц и т.д.) вне зависимости от наработки за это время;
- наработки, когда все работы ТО проводятся по достижении определенной наработки (в часах, циклах, километрах пробега и т.д.) вне зависимости от текущего времени;
- смешанный, когда часть операций проводится в соответствии с календарным временем, часть – в соответствии с наработкой





# Оптимизация ТО

- производится на основе анализа эксплуатационных и экономических показателей, таких как обеспечиваемый уровень надежности и готовности, а также экономические и временные затраты на проведение операций ТО

Задача оптимизации - максимизация эксплуатационных показателей при заданном уровне затрат, либо минимизация затрат при обеспечении заданного уровня эксплуатационных показателей

# Метод ТЭ изделия

- это принцип (правило) назначения предельного состояния, при котором прекращается или прерывается его использование по назначению.

Различают метод ТЭ по ресурсу (ТЭР) и по состоянию (ТЭС).  
Последний подразделяют на метод ТЭ до предотказового состояния (ТЭП) и до отказа (ТЭО)

- При ТЭР предусматривается эксплуатация изделия до выработки им заданного ресурса (межремонтного, назначенного), после чего оно подлежит восстановлению путем ремонта или списанию.
- При ТЭС изделие эксплуатируется без установления на них ресурсов и сроков службы
- При ТЭП предусматривается восстановление или списание объекта в момент достижения предотказового состояния
- При ТЭО осуществляется плановый контроль работоспособности изделия без выполнения восстановительных работ вплоть до его отказа

# Стратегия ТО

определяет принцип (правило) назначения сроков и объемов ТО изделия. Различают ТО по наработке (ТОН) и по состоянию (ТОС)

- В случае ТОН перечень и периодичность выполнения операций обслуживания определяется значением наработки изделия с начала эксплуатации или после капитального ( или среднего) ремонта.
- В случае ТОС перечень и периодичность операций определяется фактическим техническим состоянием изделия в момент начала технического обслуживания. При этом учету подлежат результаты предыдущего контроля технического состояния и результаты прогнозирования

# МЕТОД ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПО РЕСУРСУ (ТЭР)

назначается в следующих случаях:

РЭО содержит элементы:

- требующие смазки и чистки;
- интенсивность отказов, которых резко возрастает после определенной наработки;
- с повышенной интенсивностью отказов.

Техническое состояние изделия или отдельных его блоков не может быть определено без демонтажа.

Разброс параметров безотказности отдельных блоков невелик.

Отказ влияет на безопасность полетов

# МЕТОД ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПО РЕСУРСУ (ТЭР) со стратегией ТОН

периодичность и перечень выполнения операций по ТО определяется временем наработки изделия с момента начала эксплуатации или после капитального ремонта или срока службы, по истечении которых на РЭО выполняется определенный (регламентированный) объем профилактических работ по настройке, регулировке, замене ненадежных элементов независимо от того, в каком техническом состоянии они находятся

# Связь методов ТЭ и стратегий ТО

Методы ТЭ		Стратегии ТО	Работы по ТО и Р		Работы по контролю		Восстановление или замена
			Периодичность	объем	периодичность	объем	
ТЭР		ТОН	Устанавливается регламент ТО для каждой формы	Постоянный для каждой формы ТО не зависит от технического состояния	Регламентирована для каждой формы ТО	Регламентирован для каждой формы ТО	Осуществляется, если диагностирован отказ в начале ТО или в период между регламентами. Объем работ переменный.
ТЭС	ТЭП	ТОН	Зависит от результатов контроля технического состояния		Регламентирована	Регламентирован. Определяется наработкой	Осуществляется при достижении предотказового состояния. Объем работ переменный
		ТОС без контроля надежности	Определяется значением диагностических параметров		Оптимальна для каждого изделия	Определяется наработкой, результатами предыдущего и текущего контроля	
	ТЭО	ТОС с контролем надежности	работы по регулировке, калибровке, обнаружению возникших отказов и неисправностей		регламентирована	Связан с определенным уровнем надежности	Не проводится до полного отказа

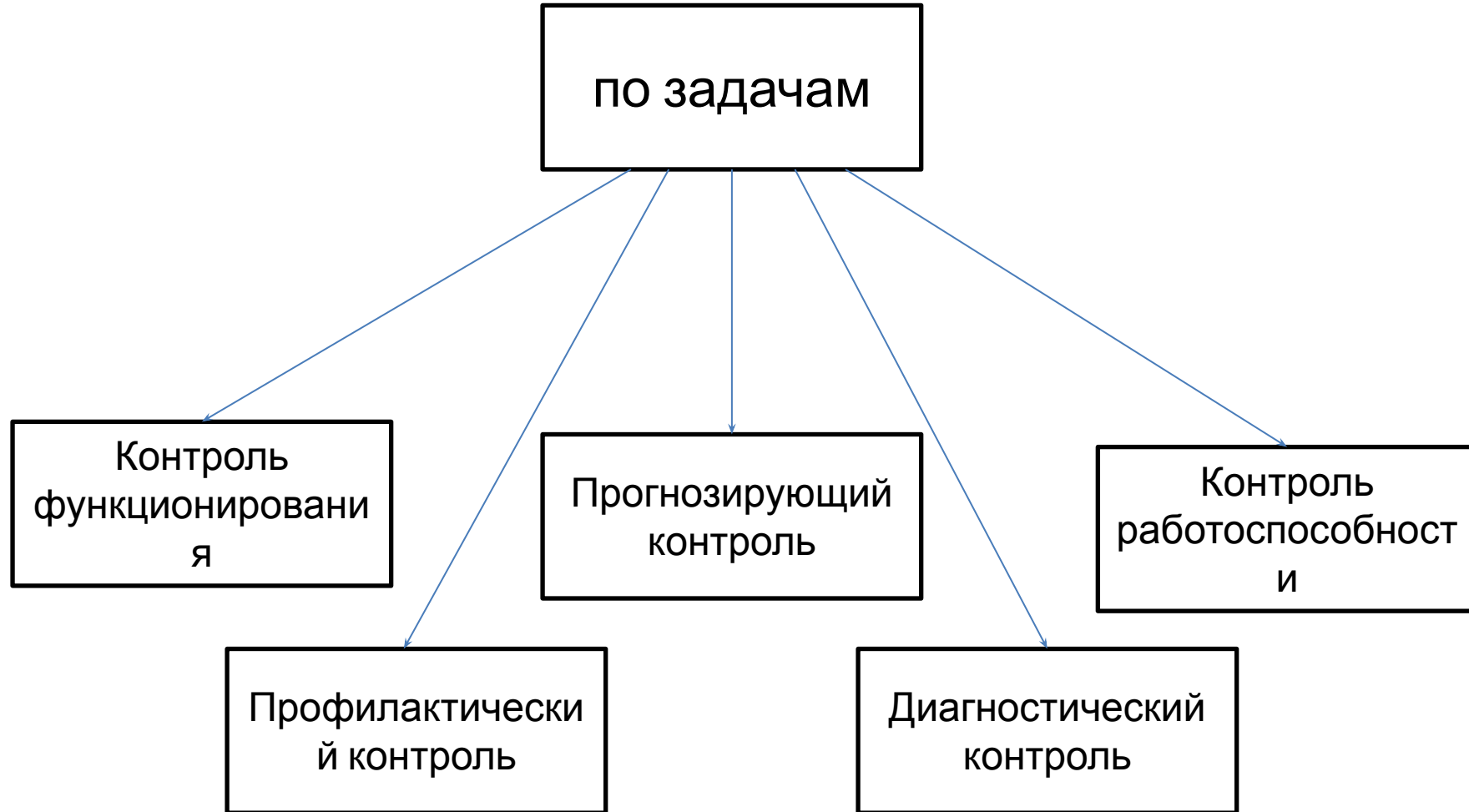


# Контроль технического состояния РЭО

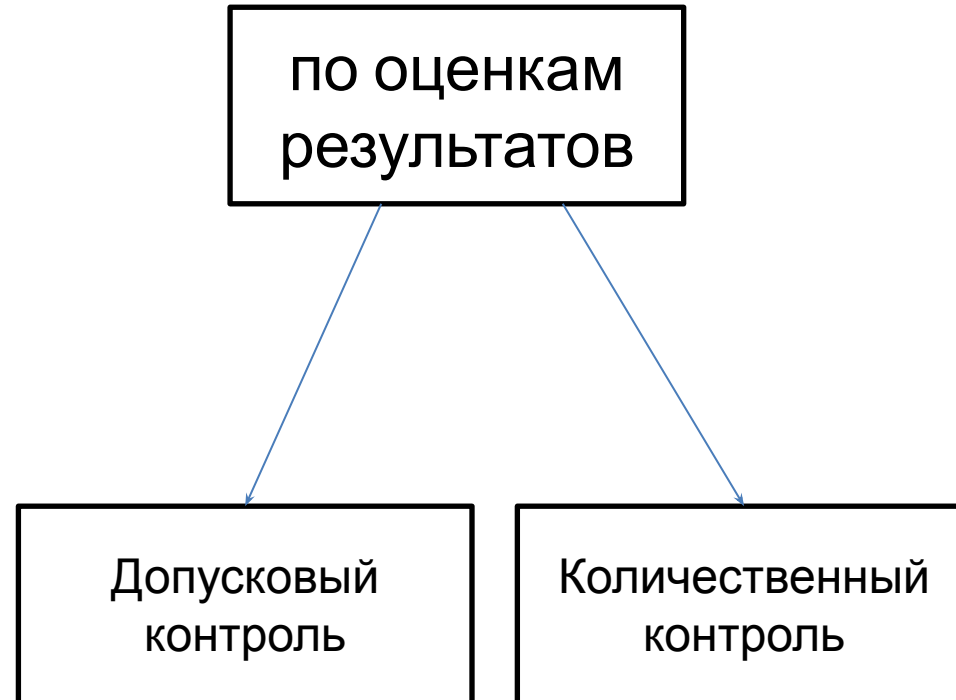
# Задачи контроля, классификация видов контроля

- Контроль является одним из эффективных путей повышения надежности РЭО, снижающейся в процессе эксплуатации
- Объект контроля – всякое изделие. Состояние которого подвергается контролю
- Средства контроля – любые технические средства, обеспечивающие получение информации о состоянии объекта контроля
- Контролем считают процесс приема, обработки и получения информации, которая оценивает соответствие с состоянием объекта контроля предъявляемым к нему требованиям и обеспечивает принятие решения или выдачу управляющих воздействий
- Параметр контроля – величина, характеристика, функциональная зависимость, оператор, определяющие ТС объекта

# Классификация контроля



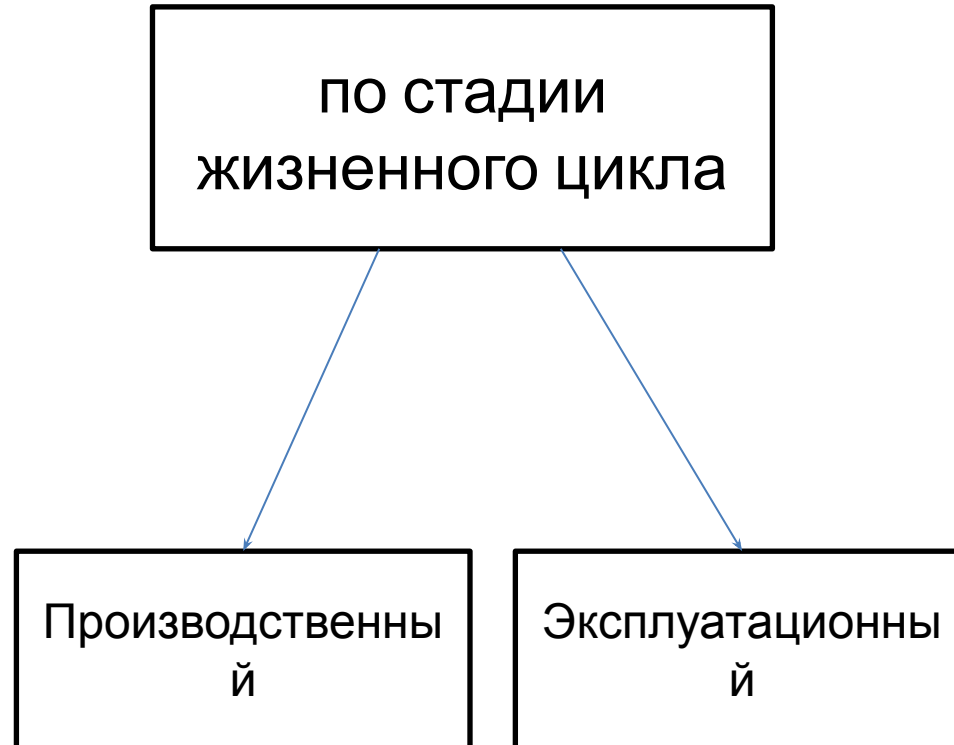
# Классификация контроля



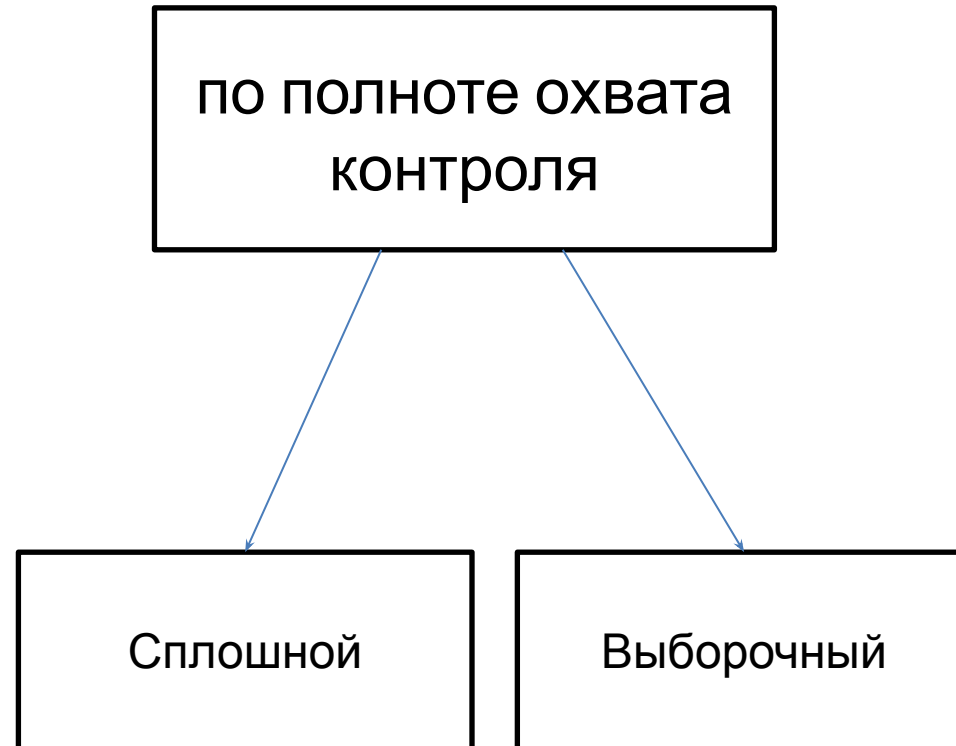
# Классификация контроля



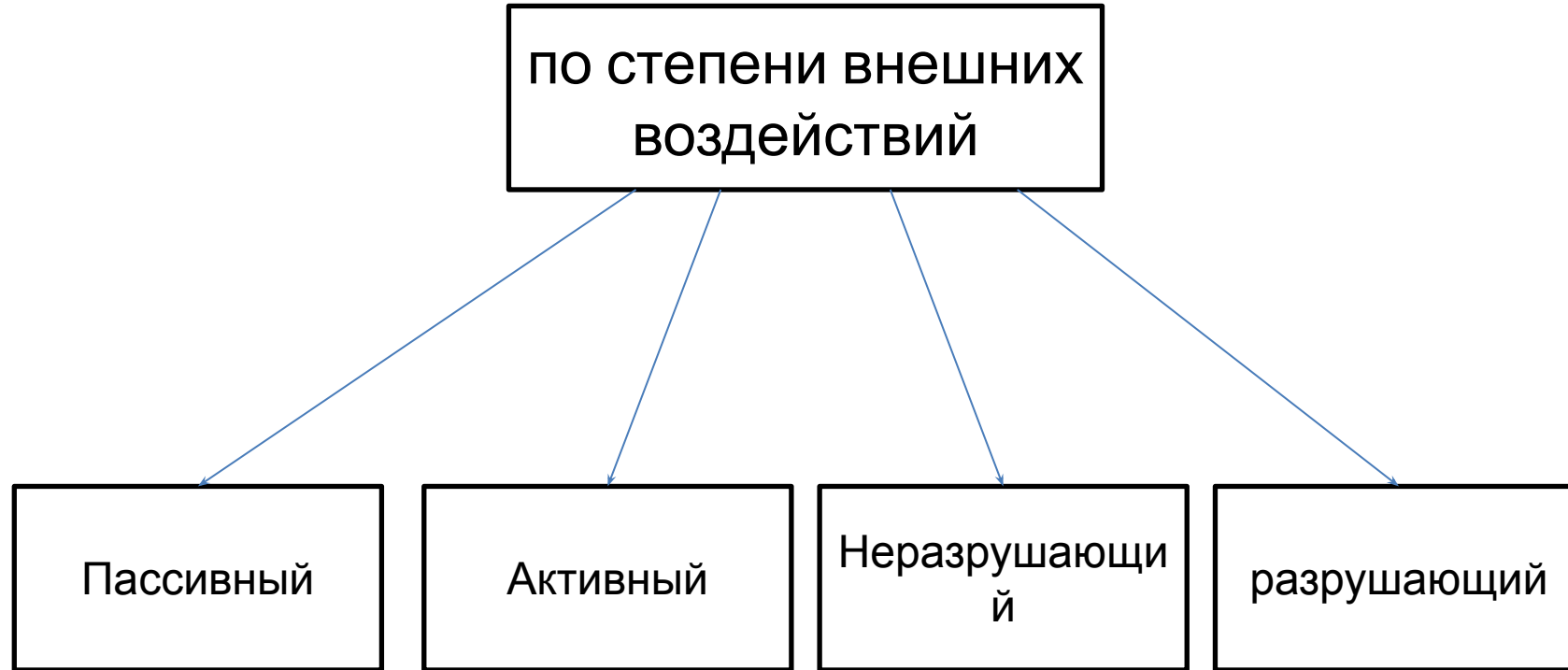
# Классификация контроля



# Классификация контроля

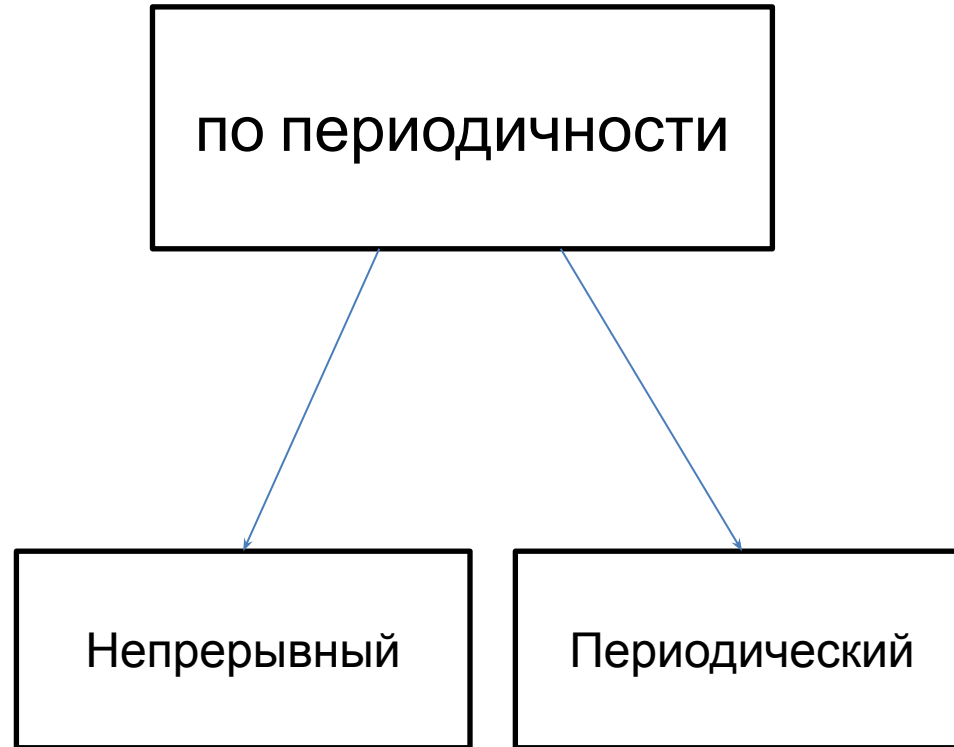


# Классификация контроля

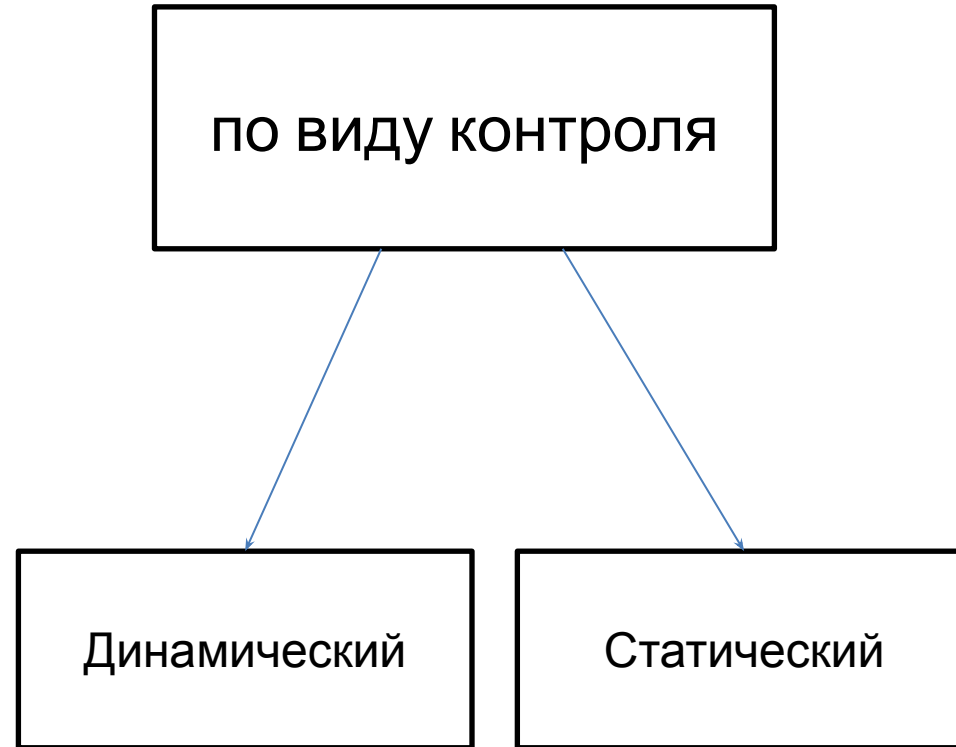




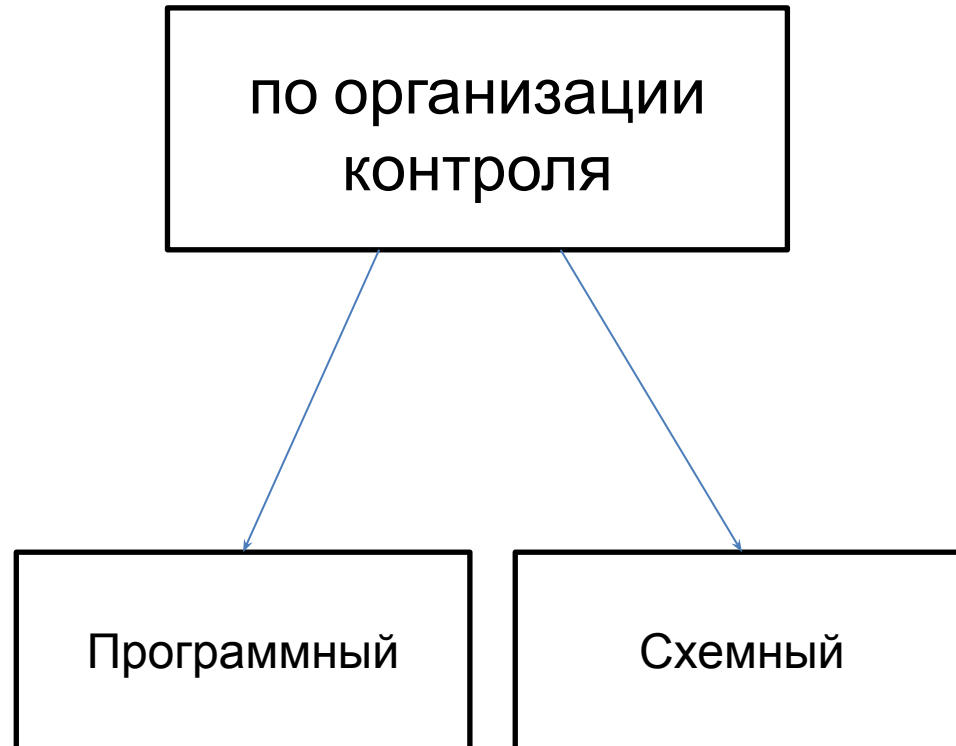
# Классификация контроля



# Классификация контроля



# Классификация контроля



По задаче	По оценке результатов	По виду реализации контроля	По стадии жизненного цикла	По полноте охвата контроля	По степени внешних воздействий	По периодичности	По виду контроля	По организации контроля
Контроль функционирования	Допусковый контроль	Автоматизированный контроль	Производственный	Сплошной	Пассивный	Непрерывный	Динамический	Программный
Профилактический контроль	Количественный контроль	Ручной контроль	Эксплуатационный	Выборочный	Активный	Периодический	Статический	Схемный
Прогнозирующий контроль		Автоматический контроль			Неразрушающий			
Диагностический					разрушающий			

- контроль функционирования - контроль выполнения объектом своих функций без их количественной оценки;
- контроль работоспособности - допусковый или количественный контроль определяющих параметров;