

# **АВТОМАТИЗИЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**1-Принципы разработки производственных систем**

**РУДНЕВА Лора Юрьевна**

**Москва 2015\2016 уч.год**

Под редакцией П.М. Кузнецова

*Рекомендовано*

*Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)» направления «Автоматизированные технологии и производства» и направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»*

Приведены сведения об основных этапах комплексной автоматизации, включая технологическое проектирование, использование CAD- технологий, математическое моделирование, управление технологическими процессами. Показана важность использования технологического проектирования в условиях распределенных производственных систем, принципы создания виртуальных предприятий, как новых тенденций в современном машиностроении. Раскрыты основные этапы организации оперативного перехода в условиях современного машиностроительного производства при смене номенклатуры производства.

Для студентов высших учебных заведений.

# ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

## 1.1 Задачи, решаемые при разработке производственных систем

### решают следующие задачи:

- 1) определение рациональной структуры станочной системы (комплекта основного технологического оборудования), характеристик станков (модулей) и их функциональных связей;
- 2) определение рациональной структуры транспортно-накопительной системы (ТНС) и ее характеристик, построение материального потока (заготовок, полуфабрикатов, инструментов и оснастки) и выбор конфигурации ТНС;
- 3) построение вспомогательных систем (СОЖ, стружки);
- 4) согласование и корректировка всех систем по общим критериям;
- 5) оценка технико-экономической эффективности построения варианта технологической системы.

## **1.2. Общая последовательность и критерии выбора оптимального варианта производственной системы**

## **1.3. Принципы проектирования производственных систем**

### *Автоматизация проектирования производственных систем*

Большинство проблем, возникающих при проектировании ПС, особенно автоматизированных, не может быть разрешено с помощью традиционных инженерно-технических методов. При ручных методах проектирования для этого требуются значительные затраты труда и времени. Поэтому возникает необходимость автоматизации проектирования ПС путем использования систем автоматизированного проектирования САПР.

## ***Принципы построения производственных систем***

При создании проекта ПС любого организационного уровня необходимо соблюдать общие принципы построения этих систем. К ним относятся следующие принципы:

- интеграции;
- иерархичности;
- совместимости;
- развития.

## ***Основные стадии создания производственных систем***

Проектирование и внедрение ПС, особенно автоматизированной перенастраиваемой, требуют системного подхода к комплексному решению организационных, технологических, конструкторских и экономических проблем, тщательной проработки проектной документации, детализации всех проектных решений.

Основными стадиями создания ПС являются:

- 1) предпроектная; 2) проектная; 3) стадия внедрения.

## 1.4. Технологические процессы – основа создания производственных систем в машиностроении

Основой создания производственных систем (ПС) являются технологические процессы (ТП), которые должны обеспечивать высокую производительность, надежность, качество и эффективность изготовления изделий. С этой точки зрения большое значение приобретают прогрессивные высокопроизводительные методы обработки и сборки, используемые при проектировании автоматизированных ТП.

### *Технологичность и унификация конструкций изделий*

В процессе технологической подготовки производства широко используются методы типовой и групповой технологии, позволяющие свести к минимуму индивидуальные технологические разработки.

Анализ и последующая оценка технологичности детали производится с учетом:

- категории детали и ее соответствия условиям работы детали;
- количества единиц оборудования, необходимых для изготовления детали;
- степени унификации параметров МЭ;
- соотношения стандартного и специального инструмента;
- соотношения трудоемкости изготовления детали и трудоемкости изготовления специального инструмента;
- количества установов при обработке детали.

## ***Типизация технологических процессов и групповые технологические процессы изготовления изделий***

Проведение типизации технологических процессов для сходных по конфигурации и технологическим особенностям деталей предусматривает их изготовление по одинаковым технологическим процессам, основанным на применении наиболее совершенных методов обработки и обеспечивающим достижение наивысшей производительности, экономичности и качества.

### ***Основные требования к технологии и организации механической обработки в переналаживаемых производственных системах***

В силу необходимости и возможности быстрой переналадки при серийном и мелкосерийном производстве в ПС для каждой возможной детали (изделия) или для типоразмера должна быть разработана подробная технология изготовления с возможными отклонениями. Детальная проработка всего технологического процесса предполагает широкую унификацию конструктивно-технологических элементов обрабатываемых деталей для обеспечения возможности смешанного агрегатирования операций и оборудования.

Для синхронизации работы в поточной линии определяется лимитирующий инструмент, лимитирующий станок и лимитирующий участок, по которым определяется реальный такт выпуска автоматической линии по формуле

$$\tau = \frac{60 \Phi}{N} (\text{мин.}), \quad (1.1)$$

где  $\Phi$  – действительный фонд работы оборудования (ч);  
 $N$  – программа выпуска (шт.).

Основные этапы сборки следующие:

- а) ориентация деталей и основных частей изделия для использования механизированных и автоматизированных транспортно-захватных устройств, контроль и очистка деталей;
- б) выполнение соединений;
- в) транспортирование деталей и узлов;
- г) межоперационный контроль;
- д) окончательный контроль;
- е) упаковка.

## ***Особенности разработки технологических процессов сборки***

Комплексный подход к технологической подготовке сборочного производства так же, как и для механообработки, подразумевает тщательную проработку технологичности изделия, типизацию процессов сборки, контроля и испытания, широкое внедрение нормализованного и переналаживаемого сборочного оборудования.

### **1.5. Производительность производственных систем**

Эффективность производства определяется, прежде всего, экономической эффективностью, а также взаимосвязью технических и экономических показателей производства. Технические показатели – это:  $t_{po}$  – общее время рабочих ходов;  $t_x$  – время холостых ходов цикла;  $q, n_y$  – число рабочих позиций и участков, на которые разделено производство; временные потери. Эко-

## *Методы расчета и оценки производительности технологического оборудования*

Производительность определяется количеством годных деталей, изделий, комплектов, выпускаемых машиной в единицу времени. Время обработки детали машиной является обратной величиной производительности.

При расчете, анализе и оценке производительности технологического оборудования с учетом различных видов затрат времени используют четыре вида (или категории) производительности: технологическую, цикловую, техническую и фактическую.

### 1. Технологическая производительность $K$ :

$$K=1/t_p, \quad (1.2)$$

откуда  $t_p=1/K$  – время рабочих ходов.

Это максимальная теоретическая производительность при условии бесперебойной работы машины и обеспечении ее всем необходимым.

## 2. Цикловая производительность

$$Q_{ц} = 1/T = \frac{1}{t_p + t_x + t_{всп}}, \quad (1.3)$$

где  $t_{всп}$  – вспомогательное время на загрузку–разгрузку оборудования, смену инструмента по циклу.

Это теоретическая производительность машины с реальными холостыми и вспомогательными ходами ( $t_x > 0$ ;  $t_{всп} > 0$ ) и при отсутствии простоев ( $\sum t_{пр} = 0$ ).

В автоматах и автоматических линиях непрерывного действия (при  $t_x = 0$ ) цикловая производительность  $Q_{ц}$  равна технологической  $K$ . В остальных случаях она меньше и определяется по формуле (при  $t_{всп} = 0$ )

$$Q_{ц} = \frac{1}{t_p + t_x} = \frac{1}{1/K + t_x} = K \frac{1}{1 + K \cdot t_x} = K \cdot \eta . \quad (1.4)$$

Величина  $\eta = \frac{1}{1 + K \cdot t_x}$  называется коэффициентом производительности.

Она характеризует степень непрерывности протекания технологического процесса. Так, величина  $\eta = 0,8$  означает, что в рабочем цикле 80% составляют рабочие ходы, а остальные 20% – холостые, следовательно, возможности технологического процесса используются только на 80%.

### 3. Техническая производительность

$$Q_T = \frac{1}{(t_p + t_x + t_{всп}) + \sum t_c} \cdot \quad (1.5)$$

Это теоретическая производительность машины с реальными холостыми ходами и учетом ее собственных простоев  $\sum t_c$ , связанных с выходом из строя инструментов, приспособлений, оборудования (т.е. при условии:  $t_x > 0$ ;  $t_{всп} > 0$ ;  $\sum t_c > 0$ ).

#### 4. Фактическая производительность

$$Q_{\phi} = \frac{1}{T + \sum t_{np}} = \frac{1}{(t_p + t_x + t_{всп}) + (\sum t_c + \sum t_{орг} + \sum t_{пер})} \quad (1.6)$$

где  $\sum t_{np} = (\sum t_c + \sum t_{орг} + \sum t_{пер})$  – суммарное время всех простоев;  $\sum t_{орг}$  – время простоев по организационно-техническим причинам, не связанным с работой оборудования;  $\sum t_{пер}$  – суммарное время переналадок оборудования.

Для количественной оценки производительности  $Q_{\phi}$  необходимо общее количество деталей  $z$  разделить на период их изготовления  $\theta$ :

$$Q_{\phi} = z/\theta .$$

Если за рабочий цикл выдается одна деталь, то

$$z = \frac{\theta_p}{T} .$$

В общем случае может выпускаться  $p$  деталей, тогда

$$z = p \cdot \frac{\theta_p}{T} .$$

1.1 показаны типовые зависимости изменения коэффициента использования  $\eta_{исп}$  и коэффициента технического использования  $\eta_{тех}$  в процессе эксплуатации машин.

Величина  $\eta_{исп}$  в каждый момент определяется отношением требуемой производительности к цикловой и монотонно растет пропорционально производственной программе. Величина  $\eta_{тех}$  изменяется по более сложному закону в соответствии с основными периодами эксплуатации машин или ПС:

$N_I$  – период пуска и освоения,  $N_{II}$  – период стабильной эксплуатации,  $N_{III}$  – период проявления износа.

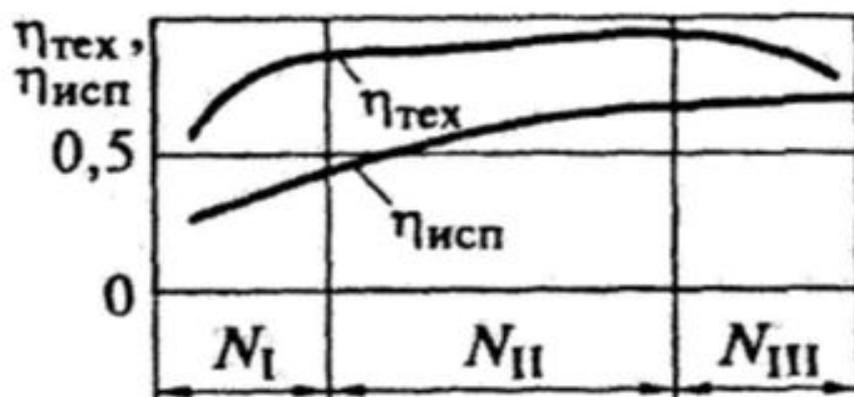


Рис. 1.1. Изменение показателей оборудования в процессе эксплуатации:

$\eta_{тех}$  – коэффициент технического использования;

$\eta_{исп}$  – коэффициент использования;  $N_I$  – период пуска и освоения;  $N_{II}$  – период стабильной эксплуатации;  $N_{III}$  – период проявления износа

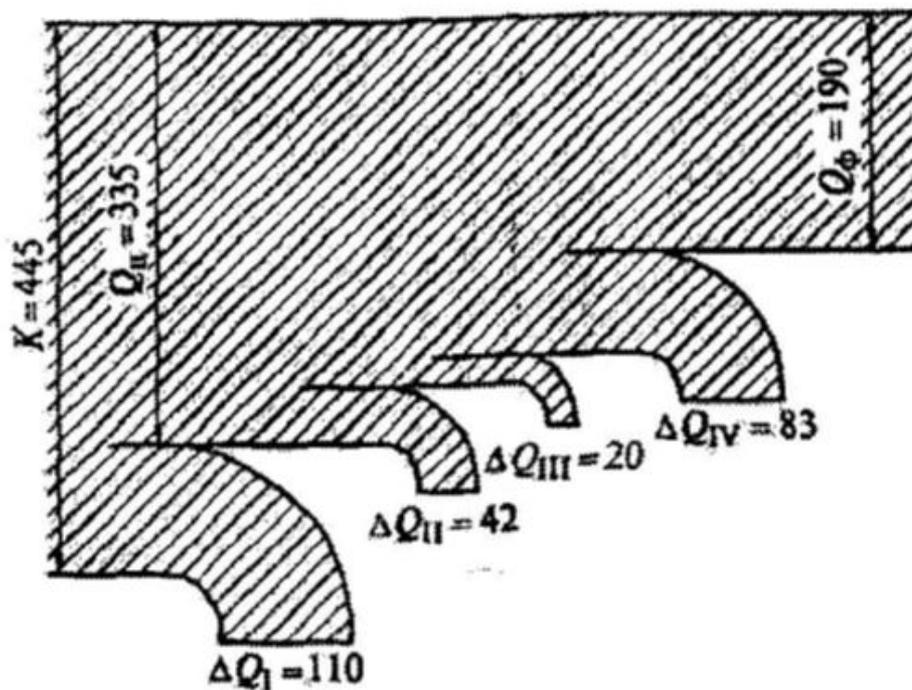


Рис. 1.2. Баланс производительности на примере автоматической линии обработки блока цилиндров:

$K$  – технологическая производительность;  $Q_{\text{ц}}$  – цикловая производительность;  $Q_{\text{ф}}$  – фактическая производительность линии;  $\Delta Q_I$  – цикловые потери производительности;  $\Delta Q_{II}$  – потери (простой) по инструменту;  $\Delta Q_{III}$  – потери (простой) по оборудованию;  $\Delta Q_{IV}$  – потери (простой) по организационным причинам

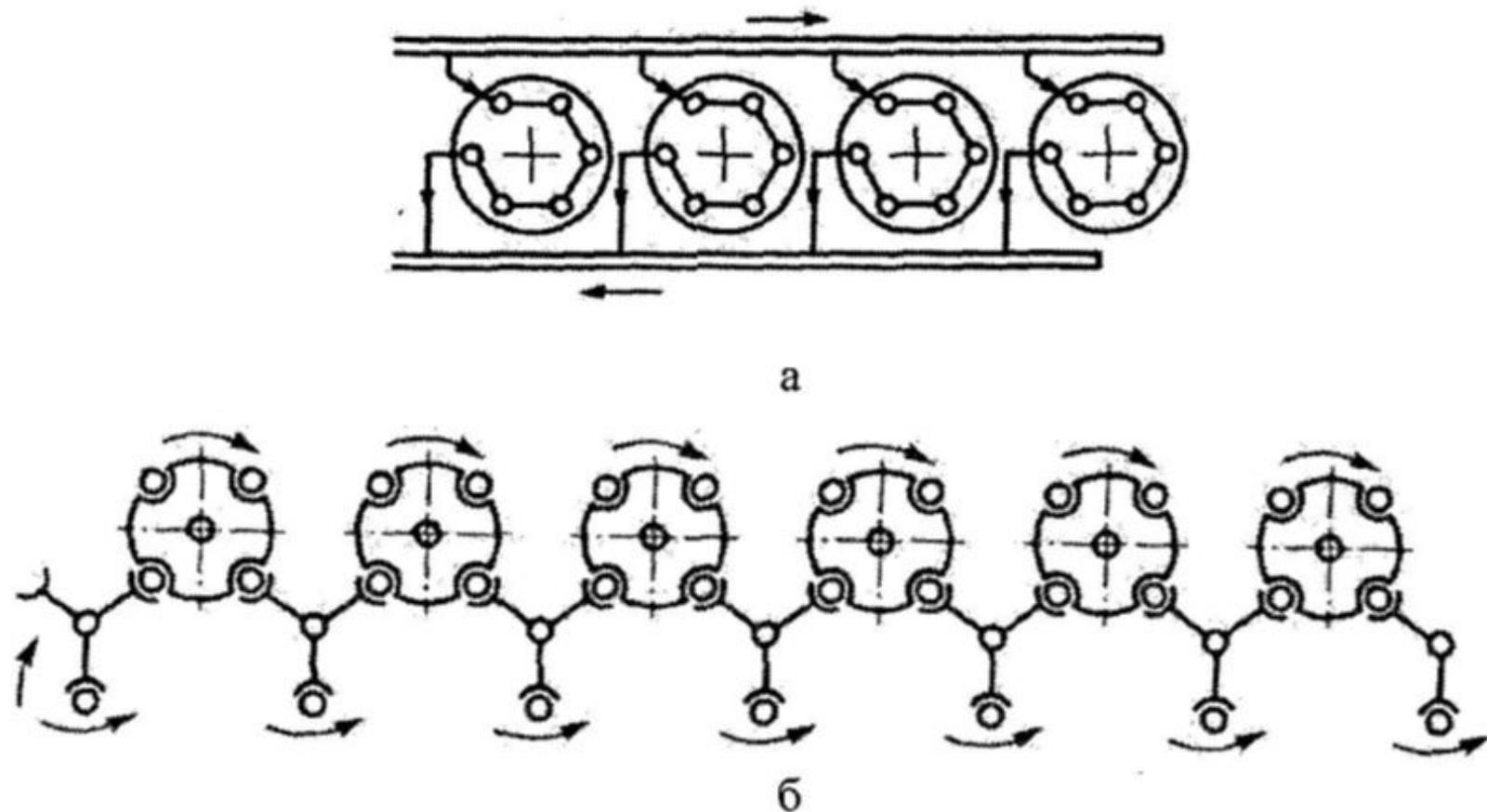


Рис. 1.3. Структурно – компоновочные варианты АЛ последовательно – параллельного действия:

- а – линия из автоматов последовательного действия, работающих параллельно;
- б – линия из автоматов параллельного действия, работающих последовательно (роторная линия)

При расчете надежности учитывают только второй период, третий определяется свойствами самой машины, первый – качеством ее изготовления.

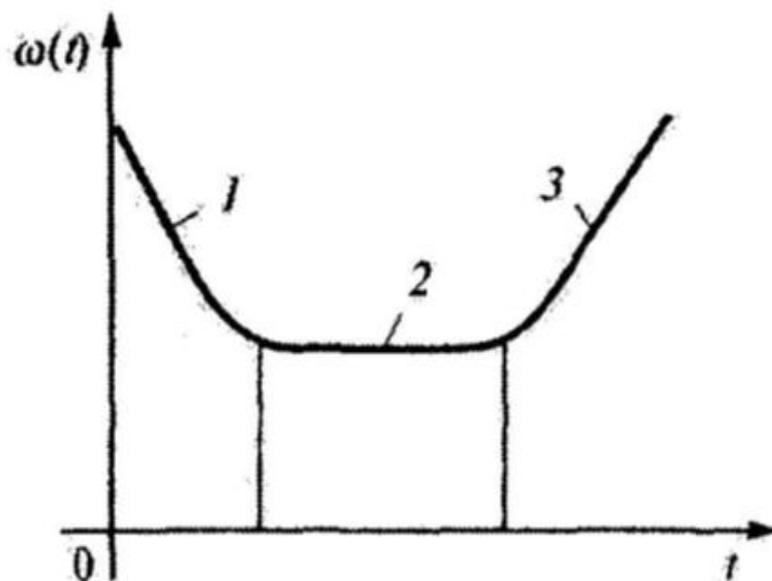
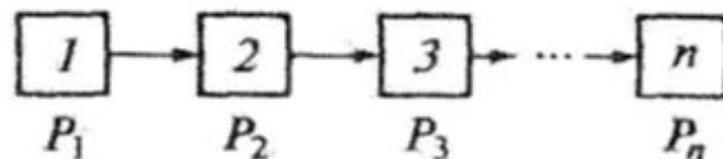
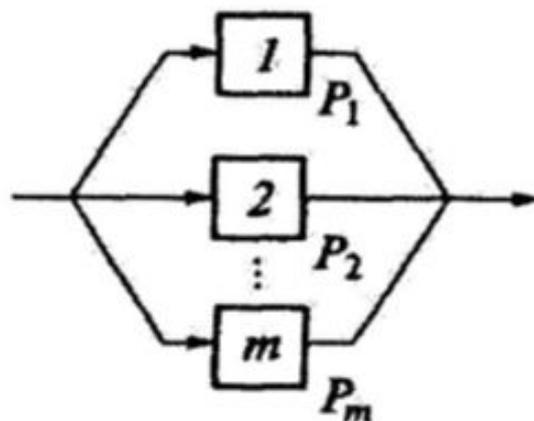


Рис 1.4. Распределение потока (частоты) отказов по периодам эксплуатации машины (механизма)

При расчленении сложной системы на отдельные элементы, для каждого из которых можно отдельно определить вероятность безотказной работы, для расчета надежности широко используют структурные схемы. В этих схемах каждый  $i$ -й, элемент характеризуется значением  $P_i$  — вероятностью его безотказной работы в течение заданного периода времени. Требуется определить вероятность безотказной работы  $P(t)$  всей системы.



а



б

Рис. 1.5. Схема последовательного (а) и параллельного (б) соединений элементов сложной системы:

$1 - n$  — порядковый номер элемента системы;  $P_1 - P_n$  — вероятность безотказной работы элемента

Зависимости производительности  $Q$  от частоты отказов  $\omega$  для разных значений длительности цикла  $T_i$  приведены на рис. 1.6.

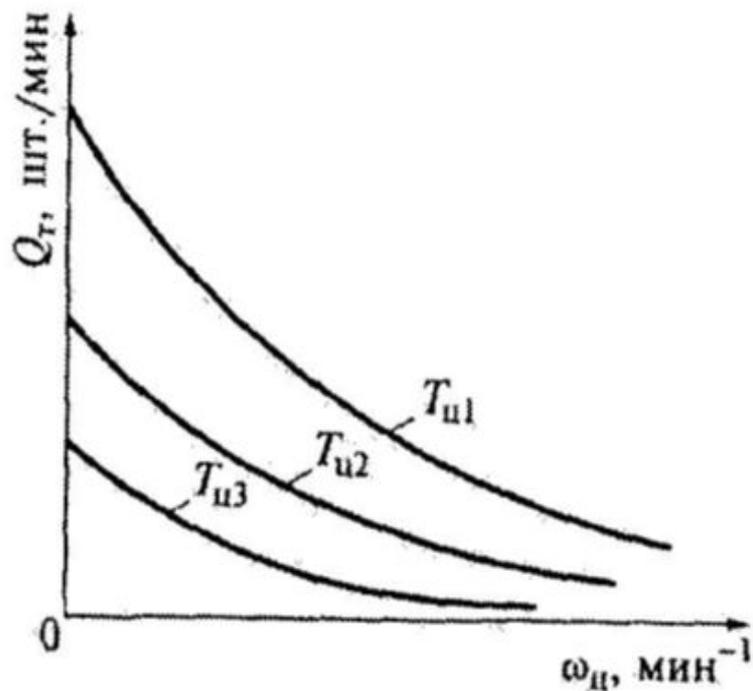


Рис. 1.6. Зависимость производительности от частоты отказов  $\omega_{ц}$  при разных значениях длительности циклов ( $T_{ц1} > T_{ц2} > T_{ц3}$ )

## *Вопросы для самопроверки*

1. Назовите преимущества стандартизации и унификации изделий, оборудования, технологических процессов.
2. Перечислите основные требования, предъявляемые к технологии механической обработки и сборки в условиях мелкосерийного производства.
3. Перечислите основные принципы построения технологии в ПС. Укажите их назначение и пути реализации.
4. Что является основой типизации технологических процессов? Где применяют типовые технологические процессы?
5. Перечислите различия классификации деталей в мелкосерийном и крупносерийном производствах.
6. Для чего и по каким критериям проводится отработка конструкций изделий на технологичность?
7. Что является основой построения групповой технологии. Где она применяется?
8. Приведите примеры использования методов типизации и групповой технологии при обработке типовых деталей.
9. Что такое модульная технология?
10. Что такое производительность машины, производственной системы? Как определяется фактическая производительность?
11. Что такое баланс производительности? Какова методика его построения?
12. Объясните связь надежности с производительностью.
13. Назовите основные свойства, определяющие надежность.
14. Укажите основные показатели надежности: частные и комплексные.
15. Охарактеризуйте три периода эксплуатации машин.
16. Что такое технологическая надежность оборудования?
17. Укажите методы повышения надежности и производительности ПС