

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по курсам "Технологии непрерывного действия" и "Проектирование
технологических систем непрерывного действия"**



Донецк – ДонНТУ - 2003

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по курсам "Технологии непрерывного действия" и "Проектирование
технологических систем непрерывного действия"
для студентов направления подготовки 0902 - "Инженерная
механика"
специальностей 7.090202, 8.090202 - "Технология машиностроения" и
7.090203, 8.090203 - "Металлорежущие станки и инструменты"
всех форм обучения**

**Рассмотрено
на заседании кафедры
"Технология машиностроения",
Протокол № 9 от 29.01.2003 г.
Утверждено на заседании
учебно-издательского Совета,
Протокол № 8 от 02.03.2003 г.**

Донецк – ДонНТУ - 2003

УДК 621.9.06-52

Методические указания по курсам "Технологии непрерывного действия" и "Проектирование технологических систем непрерывного действия" (для студентов всех форм обучения специальностей 7.090202, 8.090202 - "Технология машиностроения" и 7.090203, 8.090203 - "Металлорежущие станки и инструменты") / А.Н. Михайлов. - Донецк: ДонНТУ, 2003. - 26 с.

Приведено содержание, цель и задачи курсов "Технологии непрерывного действия" и "Проектирование технологических систем непрерывного действия". Даны основные понятия и определения, применяемые в курсах по технологиям и технологическим системам непрерывного действия. Приведены сведения о классах технологических процессов и технологических машин. Содержит контрольные задания и вопросы по курсам.

Составитель - профессор, д.т.н. Михайлов Александр Николаевич

**Рецензенты: - профессор, д.т.н. Заплетников И.Н.,
- доцент, к.т.н. Лукичев А.В.**

Ответственный за выпуск - профессор, д.т.н. Михайлов А.Н.

**О Донецкий национальный
технический университет, 2003 г.**

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рабочая программа дисциплины "Технологии непрерывного действия" составлена на основе следующих документов:

- образовательно-квалификационной характеристики и образовательно-профессиональной программы специалиста и магистра специальности 7.090202 и 8.090202 - "Технология машиностроения",
- учебного рабочего плана подготовки специалиста и магистра специальности 7.090202 и 8.090202 - "Технология машиностроения",
- типовой программы для высших учебных заведений специальности 7.090202 и 8.090202 - "Технология машиностроения".

Рабочая программа дисциплины "Проектирование технологических систем непрерывного действия" составлена на основе следующих документов:

- образовательно-квалификационной характеристики и образовательно-профессиональной программы специалиста и магистра специальности 7.090203 и 8.090203 - "Металлорежущие станки и инструменты",
- учебного рабочего плана подготовки специалиста и магистра специальности 7.090203 и 8.090203 - "Металлорежущие станки и инструменты",
- типовой программы для высших учебных заведений специальности 7.090203 и 8.090203 - "Металлорежущие станки и инструменты".

По дисциплине "Технологии непрерывного действия" предполагается более углубленное изучение основ проектирования технологических процессов непрерывного действия, а по дисциплине "Проектирование технологических систем непрерывного действия" - более углубленное изучение основ проектирование технологических систем непрерывного действия.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИН

Целью дисциплин является овладение студентами методов и практических навыков проектирования технологий и технологических систем непрерывного действия с наименьшими приведенными затратами, а также необходимого качества и производительности.

Задача дисциплины есть формирование у студентов комплекса знаний об общих закономерностях и тенденциях развития современного машиностроительного производства на базе технологии и технологических систем непрерывного действия.

Данные дисциплины являются профилирующими и составляют цикл технологических дисциплин, которые опираются на теоретические, общетехнические и специальные знания и оказывают содействие углублению и расширению знаний, необходимых при курсовом и дипломном проектировании, а также в дальнейшей практической работе.

В результате изучения дисциплины студент должен **знать**:

- основные направления развития технологии машиностроения на базе технологий и технологических систем непрерывного действия;
- методы анализа и синтеза новых способов обработки изделий на технологических системах непрерывного действия;
- методы проектирования технологий и технологических систем непрерывного действия.

Кроме того, в результате изучения дисциплины студент должен **уметь**:

- проектировать технологические процессы технологических систем непрерывного действия;
- анализировать особенности конструкции и работы технологических систем непрерывного действия;
- определять кинематическую структуру движений инструмента и изделия при обработке типовых деталей на базе технологий и технологических систем непрерывного действия.

3. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

1. Вступление.

Основные направления развития технологий и технологических систем непрерывного действия. Эволюция технологий и технологических систем непрерывного действия.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [3, 4], а также конспекта лекций.

2. Роторные линии - основа комплексной автоматизации производственных процессов.

Виды технологических систем непрерывного действия. Уровни автоматизации процессов. Типы компоновок технологических систем непрерывного действия. Технико-экономические показатели.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 4], а также конспекта лекций.

3. Классы технологических машин. Классы технологических процессов.

Класса технологических машин непрерывного действия. Особенности функциональной структуры четырех классов технологических машин. Производительность четырех классов технологических машин. Классы технологических процессов.

В СССР первые роторные машины для металлообработки были созданы в 1938–1943 годах, а уже в середине 50-х годов были разработаны и успешно внедрены в производство автоматические роторные линии. Основоположником и инициатором этого направления является академик Кошкин Л.Н. В статьях, опубликованных в 1949–1953 годы, и в последующих трудах, он впервые последовательно с диалектических позиций изложил взгляды на пути осуществления автоматизации и ее связи с уровнем развития техники и технологий.

Анализируя кинематическую структуру технологических машин, можно отметить, что они совершают две основные и противоположные функции: технологическое движение и транспортное движение. Исходя из этого положения, академик Кошкин Л.Н. предложил классификацию технологических машин, в основу которой положен характер отношений транспортного и технологического движений между собой и влияние их на производительность, и конструктивные особенности машин. По этому критерию все технологические машины он разделил на четыре класса.

В соответствии с классификацией академика Кошкина Л.Н., для технологических машин первого класса характерно прямое противоречие между транспортным и технологическим движениями (рис. 1):

$$K_1 \rightarrow (v_{TP} \vee v_T; P_{Ц} = f(v_{TP}, v_T)), \quad (1)$$

где K_1 – обозначение первого класса технологических машин;

v_{TP} – скорость транспортного движения предмета обработки;

v_T – скорость технологического движения инструмента (орудий и средств обработки);

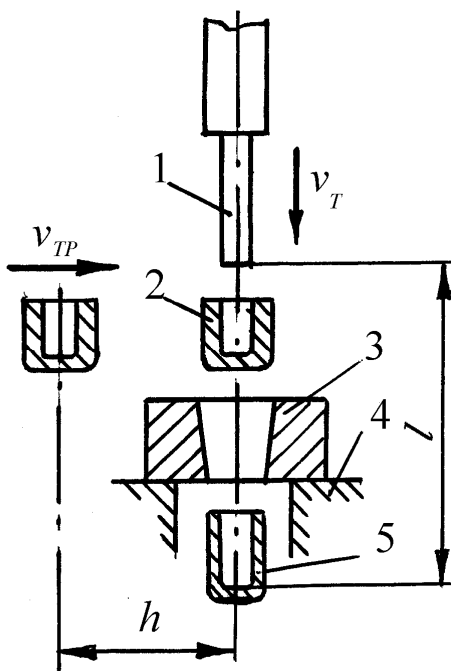


Рис. 1. Принципиальная схема технологической машины первого класса

движений:

$$P_{ц} = \frac{1}{T_{ц}} = \frac{1}{T_o + T_e}, \quad (2)$$

где $P_{ц}$ - цикловая производительность;

$T_{ц}$ - длительность полного кинематического цикла;

T_o - длительность основного времени обработки;

T_e - длительность вспомогательного времени.

При создании машин первого класса повышение их производительности требует сокращения длительности технологической операции и транспортного перемещения. Величина транспортного h и технологического l перемещений непосредственно определяются геометрическими размерами предмета обработки и инструмента, поэтому сокращение времени на выполнение транспортного и технологического движений может быть достигнуто только увеличением соответствующих скоростей. В целом цикловая производительность технологических машин первого класса находится в функциональной зависимости $P_{ц} = f(v_{TP}, v_T)$. При этом увеличение транспортной скорости ограничивается допустимыми значениями ускорений движения исполнительных органов машины, а увеличение технологической скорости - ее допустимыми значениями, определяемыми характером технологической операции. Это противоречие и является тормозом в повышении производительности машин данного класса.

Для машин второго класса характерно совпадение транспортного и технологического движений. Здесь транспортное движение становится непрерывным, а транспортная v_{TP} и технологическая v_T скорости равны между собой:

$$K_2 \rightarrow (v_{TP} \wedge v_T; v_{TP} = v_T; v_{TP} \leq [v_T]; P_{ц} = f(v_{TP} = v_T)), \quad (3)$$

$P_{ц}$ - цикловая производительность, она находится в функциональной зависимости от транспортной и технологической скорости $f(v_{TP}, v_T)$.

Технологическая обработка предмета обработки в этих машинах происходит только после завершения транспортного движения предмета обработки (подачи его в рабочую зону машины) и наоборот, то есть одно движение прерывается другим. На рис. 1 показана принципиальная схема машины первого класса для вытяжки предмета обработки через матрицу. Здесь: 1 - инструмент (пуансон), 2 - предмет обработки, 3 - матрица, 4 - основание, 5 - готовое изделие. К этому классу принадлежит большинство существующих технологических систем, станков и процессов для обработки дискретных предметов обработки.

Производительность машин этого класса определяется длительностью всего технологического цикла обработки предмета обработки, включающего время как транспортного, так и технологического

где K_2 – обозначение второго класса технологических машин.

На рис. 2 представлена принципиальная схема машины второго класса. Здесь показано: 1 – предмет обработки, 2 – инструмент (абразивный), 3 – транспортный орган машины (ротор), h – шаг предметов обработки, α – угол зоны обработки, V – направление загрузки заготовок, W – направление выгрузки изделий. Примером машин этого класса могут служить бесцентрово-шлифовальные станки, станки для накатки монет, и другие.

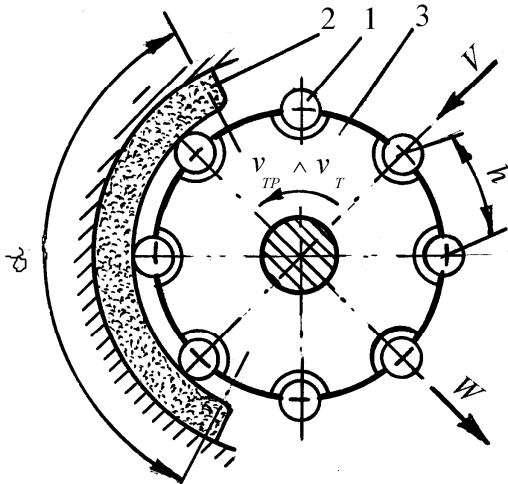


Рис. 2. Принципиальная схема технологической машины второго класса

Производительность машин второго класса определяется длительностью выпускного цикла, равного отношению транспортной скорости к шаговому расстоянию между предметами обработки

$$\Pi_{ц} = \frac{v_{TP}}{h}. \quad (4)$$

Здесь транспортная скорость v_{TP} ограничивается допустимыми значениями технологической скорости $[v_T]$, то есть $v_{TP} \leq [v_T]$. В машинах этого класса шаговое расстояние h между предметами обработки ограничено размерами самих предметами обработки и геометрическими размерами транспортирующего органа машины.

Производительность таких машин находится в функциональной зависимости $\Pi_{ц} = f(v_{TP} = v_T)$, где $v_{TP} \leq [v_T]$. Поэтому при создании машин второго класса повышение их производительности требует увеличения транспортной скорости, которая равна технологической, но повышение производительности ограничивается допустимыми значениями технологической скорости.

Машины третьего класса отличаются от машин второго класса независимостью между транспортным и технологическим движениями. В этих машинах обработка осуществляется в процессе непрерывного транспортирования предметов обработки совместно с обрабатывающим инструментом через рабочую зону технологической машины. Первые машины, созданные по этому принципу, получили название роторных автоматов:

$$K_3 \rightarrow (v_{TP} \wedge v_T; v_{TP} \neq f(v_T); \Pi_{ц} = f(v_{TP})), \quad (5)$$

где K_3 – обозначение третьего класса технологических машин;

$f(v_T)$ – функциональная зависимость от технологической скорости движения инструментов.

Принципиальная схема машины третьего класса представлена на рис. 3. Здесь показано: 1 – заготовка, 2 – пуансон, 3 – изделие, 4 – матрица. Производительность машин третьего класса, как и машин второго класса, определяется длительностью выпускного цикла, но в отличие от них не ограничивается прямо технологической скоростью обработки и находится в функциональной зависимости только от транспортной скорости $\Pi_{ц} = f(v_{TP})$:

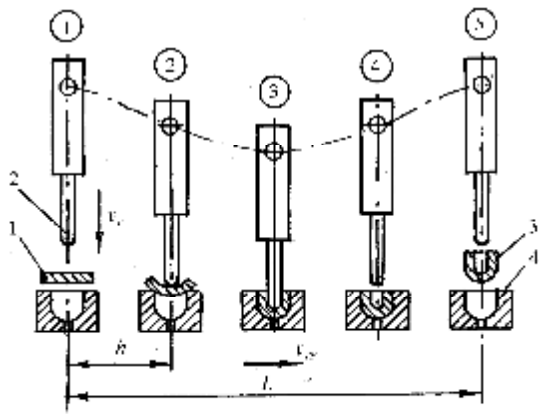


Рис. 3. Принципиальная схема технологической машины третьего класса

машинах четвертого класса обработка осуществляется в процессе массового транспортирования предметов обработки в произвольном положении через рабочую зону машины. Понятие “обрабатывающий инструмент” заменяется понятием “обрабатывающая среда”, которая осуществляет технологическое воздействие непосредственно на весь поток предметов обработки, проходящий через рабочую зону технологической машины. Технологические машины четвертого класса можно охарактеризовать следующим образом:

$K_4 \rightarrow (v_{TP} \wedge v_T; v_{TP} \neq f(v_T); v_{TP} \neq f(b \vee r) \vee v_{TP} \neq f(b \wedge r); \Pi_{Ц} = f(v_{TP}, b, r)),$ (7)
 K_4 – обозначение четвертого класса технологических машин;
 b – количество изделий по ширине поперечного сечения потока изделий;
 r – количество изделий по высоте поперечного сечения потока изделий.

При создании машин четвертого класса, повышение их производительности может быть достигнуто, как за счет увеличения транспортной скорости, так и за счет уве-

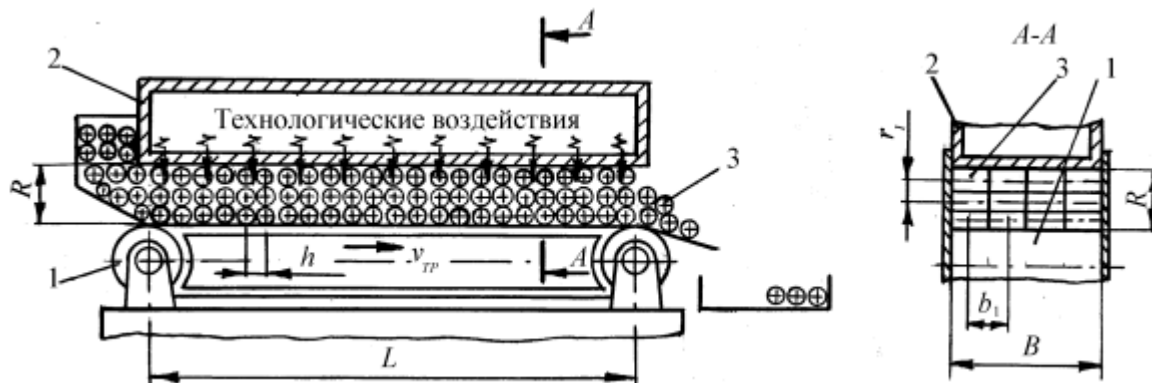


Рис. 4. Принципиальная схема машины четвертого класса

личения параметров поперечного сечения потока предметов обработки $\Pi_{Ц} = f(v_{TP}, s)$, где s – площадь поперечного сечения потока изделий.

На принципиальной схеме технологической машины четвертого класса (рис. 4) показано: 1 – транспортный орган технологической машины; 2 – инструмент, реализующий технологическое воздействие орудий и средств обработки на изделия; 3 – поток предметов обработки. Здесь представлено: h – шаг предметов обработки в направ-

$$\Pi_{Ц} = \frac{v_{TP}}{h}, \quad (6)$$

где h – шаг между рабочими позициями технологической машины.

Анализируя выражение (6) можно отметить, что при создании машин третьего класса повышение их производительности теоретически связано только с увеличением транспортной скорости.

Для машин четвертого класса характерна не только независимость скорости транспортного движения от технологической скорости, но и независимость от них других параметров технологической операции, например, геометрических параметров сечения потока изделий. В ма-

лении транспортирования изделий; B – ширина поперечного сечения потока предметов обработки; b_1 – шаг предметов обработки по ширине поперечного сечения потока предметов обработки; R – высота поперечного сечения потока предметов обработки; r_1 – шаг предметов обработки по высоте поперечного сечения потока предметов обработки. Цикловая производительность машин четвертого класса определяется по формуле:

$$П_{ц} = \frac{v_{TP}BR}{hb_1r_1} = \frac{abr}{T_{ц}}, \quad (8)$$

где a – число предметов обработки по длине потока;

$T_{ц}$ – длительность перемещения предметов обработки на длине L .

Приведенная классификация отражает исторический процесс развития технологических систем, последовательность совершенствования которых обусловлена научно-техническим прогрессом. Здесь, можно отметить, что первыми были созданы технологические машины

Классы технологических машин	Бинарные отношения	Элементарное транспортное движение	Генерирование вариантов технологических машин
------------------------------	--------------------	------------------------------------	---

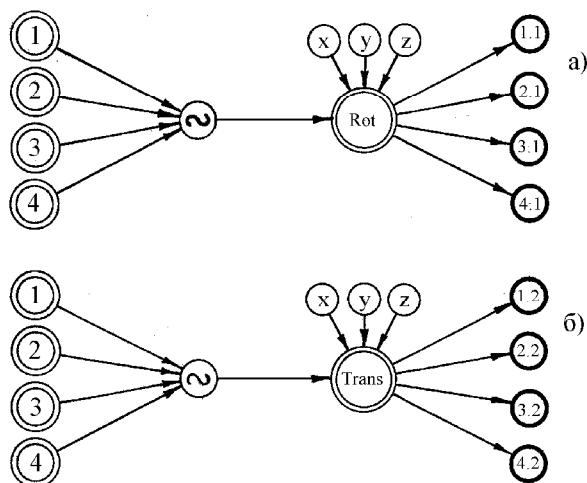


Рис. 5. Структурная схема соответствия классов технологических машин относительно элементарного транспортного движения:

а – вращательное движение,

б – прямолинейное движение

но-техническим прогрессом. Здесь, можно отметить, что первыми были созданы технологические машины (станки), в которых обработка предметов обработки выполнялась в условиях отсутствия транспортного движения и, наоборот, при наличии транспортного движения предмета обработки (загрузка и выгрузка предмета обработки в зону технологического воздействия) его обработка не выполнялась. Впоследствии появились технологические машины, которые обработку предметов обработки осуществляли в процессе транспортного движения. При этом сначала были созданы технологические машины второго класса, затем разработаны машины третьего класса, а потом – технологические машины четвертого класса.

Вместе с тем, анализ существующих четырех классов технологических машин показывает, что в этих машинах транспортное движение изделий

реализуется только на базе одного элементарного транспортного движения, а именно вращательного (*Rot*) или прямолинейного (*Trans*) движения. На рис. 5 показана структурная схема соответствия классов технологических машин относительно элементарного транспортного движения. Здесь, можно отметить, что на практике транспортное движение изделий для всех четырех классов технологических машин выполняется или вращательным (рис. 5,а) или прямолинейным (рис. 5,б) движением. В целом, общее число вариантов технологических машин в зависимости от отношения класса машины к элементарному транспортному движению составляет восемь вариантов (четыре с вращательным движением и четыре с прямолинейным движением). Здесь конечно, возможны варианты пространственного расположения каждого из движений относительно осей координат x , y , z . Однако можно отметить, что все вышесказанное является сдерживающим фактором в развитии технологических машин, в том числе техно-

логических систем непрерывного действия. Это снижает технологические возможности обрабатывающих машин и технико-экономические показатели производства.

Приведенная последовательность развития технологических систем была обусловлена ходом научно-технического прогресса и закономерностью развития технологических процессов, которые непрерывно совершенствовались во временной последовательности.

Приняв за критерий классификации технологических процессов характер соответствия рабочих элементов (точек) инструмента и обрабатываемой поверхности (сюръективное, биективное и инъективное отображение точек), академик Кошкин Л.Н. делит технологические процессы на четыре класса, соответствующих четырем возможным видам пространственного соотношения между инструментом и предметом обработки: точечному, линейному, поверхностному и объемному. В связи с этим, классификация технологических процессов представляется следующим образом:

- технологические процессы первого класса – характеризуются точечным взаимодействием между инструментом и предметом обработки, технологический результат которого определяется действием одной технологически эффективной точки инструмента, последовательно вступающей во взаимодействие со всеми точками обрабатываемой поверхности (сюръективное отображение);

- технологические процессы второго класса - характеризуются линейным взаимодействием между инструментом и предметом обработки, технологический результат которых определяется действием рабочей линии инструмента, точки которой взаимодействуют только с частью точек, лежащих на их траекториях движения (биективное отображение);

- технологические процессы третьего класса - характеризуются поверхностным взаимодействием между инструментом и предметом обработки, технологический результат которых определяется действием всей рабочей поверхности инструмента, технологически эффективными являются все точки рабочей поверхности инструмента, взаимодействующие только с соответствующими им точками предмета обработки (инъективное отображение);

- технологические процессы четвертого класса - характеризуются объемным взаимодействием между инструментом (обрабатывающей средой) и предметом обра-

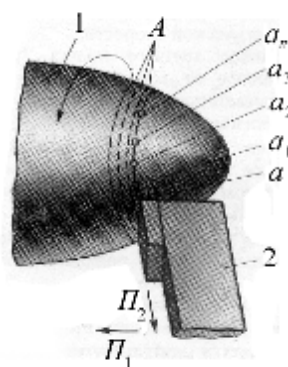


Рис. 6. Схема технологического процесса первого класса

ботки, технологический результат которого определяется действием всего объема обрабатывающей среды на предмет обработки, технологически эффективными и равноценными являются все точки, заключенные в данном объеме обрабатывающей среды (комбинации трех видов отображений).

Точечное взаимодействие между инструментом и предметом обработки (рис. 6) выражается в том, что технологический результат процесса определяется действием одной технологически эффективной точки инструмента a , последовательно вступающей во взаимодействие со всеми точками обрабатываемой поверхности a_1, a_2, \dots, a_n . Единственным общим геометрическим элементом инструмента и предмета обработки является точка. Поскольку точка является элементарным и в то же время наиболее универсальным геометриче-

ским элементом инструмента и предмета обработки является точка. Поскольку точка является элементарным и в то же время наиболее универсальным геометриче-

ским элементом, то инструмент, воздействующий точкой, способен образовать любую поверхность. На рис. 6 показано: 1 – предмет обработки; 2 – инструмент; A – траектория движения рабочей точки инструмента относительно предмета обработки; a – рабочая точка инструмента; a_1, a_2, \dots, a_n – последовательные положения рабочей точки инструмента. Примерами процессов первого класса могут служить обтачивание изделий токарным резцом, строгание резцом на строгальном станке, окрашивание изделий кистью и другие. Однако получаемый результат образования точкой линии на изделии может быть различным, так как линия может быть трех типов: прерывистая, непрерывная и единовременная. Математические модели этих линий имеют следующий вид:

- прерывистая линия

$$L_1 \rightarrow \bigvee_{t=1}^p (dl_t \times dl_v); \quad (9)$$

- непрерывная линия

$$L_2 \rightarrow \bigwedge_{t=1}^{\infty} (dl_t \times dl_v); \quad (10)$$

- единовременная линия

$$L_3 \rightarrow \left(\bigwedge_{t=1}^{\infty} dl_t \times dl_v \right) \quad (11)$$

где L_k – k -я схема линии;

$(dl_t \times dl_v)$ – элементарная поверхность в t -м и v -м направлении или окрестность точки;

p – количество точек v -м направлении.

Анализируя выражения (9)...(11) можно сделать вывод о том, что точечное взаимодействие инструмента и предмета обработки может дать различные результаты. Поэтому для получения этих линий необходимы различные схемы технологического воздействия.

Линейное взаимодействие между инструментом и предметом обработки выражается в том, что технологический результат процесса определяется действием рабочей линии инструмента (рис. 7). На рис. 7 показано: 1 – предмет обработки; 2 – инструмент; A – траектория движения одной точки рабочей линии инструмента относительно предмета обработки; l – рабочая линия инструмента; a, b, c – точки рабочей линии инструмента; $a_1, \dots, a_n; b_1, \dots, b_n; c_1, \dots, c_n$ – последовательные положения соответствующих точек рабочей линии инструмента. Технологически эффективными являются все точки рабочей линии инструмента a, b, c последовательно взаимодействующие уже не со всеми точками обрабатываемой поверхности, а лишь с точками, лежащими на траекториях соответствующих рабочих точек $a_1, \dots, a_n; b_1, \dots, b_n; c_1, \dots, c_n$. Общим геометрическим элементом инструмента и предмета обработки является линия – геометрическая образующая обрабатываемой поверхности. Примерами процессов второго класса могут служить точение фасонным резцом, обработка шлицев протяжкой, волочение проволоки, окрашивание поверхности изделия валиком и другие.

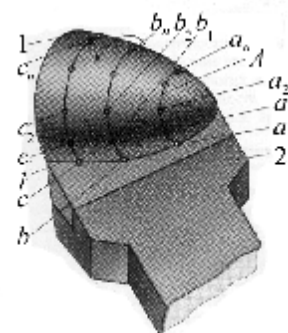


Рис. 7. Схема технологического процесса второго класса

Поверхностное взаимодействие между инструментом и предметом обработки выражается в том, что результат технологического процесса определяется непосредственным воздействием всей рабочей поверхности инструмента (рис. 8). Технологически эффективными являются все точки рабочей поверхности инструмента a, b, n , взаимодействующие только с соответствующими им

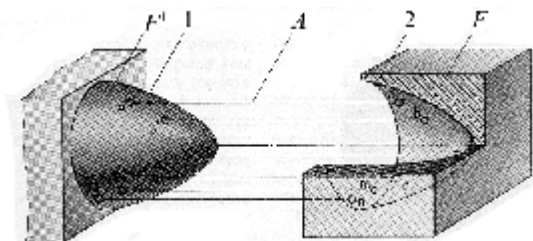


Рис. 8. Схема технологического процесса третьего класса

точками предмета обработки. Общим геометрическим элементом инструмента и предмета обработки является поверхность. На рис. 8 показано: 1 – предмет обработки; 2 – инструмент; A – траектория движения одной точки рабочей поверхности инструмента относительно предмета обработки; a, b, c, \dots, n – точки рабочей поверхности инструмента; a, b, c, \dots, n – точки поверхности предмета обработки; F – рабочая поверхность инструмента; F' – поверхность предмета обработки. Примерами процессов третьего класса могут служить объемная штамповка, выдавливание резьбовых поверхностей, чеканка изделий и другие.

Следует отметить, что технологическое воздействие орудий и средств обработки на поверхность изделия может реализовываться различными методами. При этом образующие поверхности можно представить с помощью следующих математических моделей:

- прерывистая поверхность

$$F_1 \rightarrow \bigvee_{v=1}^r \bigvee_{t=1}^p (dl_t \times dl_v); \quad (12)$$

- непрерывная поверхность

$$F_2 \rightarrow \bigwedge_{v=1}^{\infty} \bigwedge_{t=1}^{\infty} (dl_t \times dl_v); \quad (13)$$

- единовременная поверхность

$$F_3 \rightarrow \left(\bigwedge_{t=1}^{\infty} dl_t \times \bigwedge_{v=1}^{\infty} dl_v \right); \quad (14)$$

- непрерывно-прерывистая поверхность

$$F_4 \rightarrow \bigvee_{v=1}^r \bigwedge_{t=1}^{\infty} (dl_t \times dl_v); \quad (15)$$

- единовременно-прерывистая поверхность

$$F_5 \rightarrow \bigvee_{v=1}^r \left(\bigwedge_{t=1}^{\infty} dl_t \times dl_v \right); \quad (16)$$

- единовременно-непрерывная поверхность

$$F_6 \rightarrow \bigwedge_{v=1}^{\infty} \left(\bigwedge_{t=1}^{\infty} dl_t \times dl_v \right); \quad (17)$$

где F_k - k -я схема поверхности;

r – количество точек в v -м направлении.

Объемное взаимодействие между инструментом (обрабатывающей средой) и предметом обработки выражается в том, что результат технологического процесса определяется действием всего объема обрабатывающей среды на предмет обработки (рис. 9).

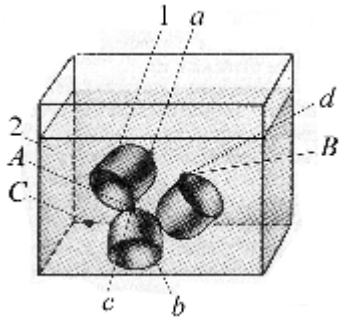


Рис. 9. Схема технологического процесса четвертого класса

Технологически эффективными и равноценными являются все точки, заключенные в данном объеме обрабатывающей среды. Любая точка рабочего пространства A, B, C способна воздействовать на любую точку предмета обработки a, b, c, d . На рис. 9 показано: 1 – предмет обработки; 2 – обрабатывающая среда; A, B, C – любые точки рабочего объема; a, b, c, d – точки предмета обработки. Примерами процессов четвертого класса могут служить окрашивание погружением в ванну, пропитка, сушка предметов

обработки, термическая обработка, различные виды физико-химической обработки и другие. При этом схемы технологического воздействия на заданный объем предмета обработки можно представить с помощью следующих математических моделей:

$$V_1 \rightarrow \prod_{w=1}^g \prod_{v=1}^r \prod_{t=1}^p (dl_t \times dl_v \times dl_w); \quad (18)$$

$$V_2 \rightarrow \bigwedge_{w=1}^{\infty} \bigwedge_{v=1}^{\infty} \bigwedge_{t=1}^{\infty} (dl_t \times dl_v \times dl_w); \quad (19)$$

$$V_3 \rightarrow \bigwedge_{t=1}^{\infty} dl_t \times \bigwedge_{v=1}^{\infty} dl_v \times \bigwedge_{w=1}^{\infty} dl_w; \quad (20)$$

$$V_4 \rightarrow \prod_{w=1}^g \prod_{v=1}^r \bigwedge_{t=1}^{\infty} (dl_t \times dl_v \times dl_w); \quad (21)$$

$$V_5 \rightarrow \prod_{w=1}^g \bigwedge_{v=1}^{\infty} \bigwedge_{t=1}^{\infty} (dl_t \times dl_v \times dl_w); \quad (22)$$

$$V_6 \rightarrow \prod_{v=1}^r \prod_{t=1}^p \left(dl_t \times dl_v \times \bigwedge_{w=1}^{\infty} dl_w \right); \quad (23)$$

$$V_7 \rightarrow \bigwedge_{v=1}^{\infty} \bigwedge_{t=1}^{\infty} \left(dl_t \times dl_v \times \bigwedge_{w=1}^{\infty} dl_w \right); \quad (24)$$

$$V_8 \rightarrow \bigwedge_{v=1}^{\infty} \prod_{t=1}^p \left(dl_t \times dl_v \times \bigwedge_{w=1}^{\infty} dl_w \right); \quad (25)$$

$$V_9 \rightarrow \prod_{t=1}^p \left(dl_t \times \bigwedge_{v=1}^{\infty} dl_v \times \bigwedge_{w=1}^{\infty} dl_w \right); \quad (26)$$

$$V_{10} \rightarrow \bigwedge_{t=1}^{\infty} \left(dl_t \times \bigwedge_{v=1}^{\infty} dl_v \times \bigwedge_{w=1}^{\infty} dl_w \right); \quad (27)$$

где V_k - k -я схема объемного технологического воздействия на предмет обработки;

$(dl_t \times dl_v \times dl_w)$ - элементарный объем в t -м, v -м и w -м направлении или окрестность объемной точки;

g – количество элементарных точек в w -м направлении.

Данные математические модели, представленные выражениями (9)...(27), позволяют исследовать процессы формообразования предметов обработки и назначать необходимые схемы технологического воздействия. Это позволяет использовать автоматизированные методы проектирования технологических процессов и обрабатывающих систем.

Общие закономерности развития технологических процессов обусловлены ходом научно-технического прогресса, который заключается в переходе от процессов с точечным взаимодействием инструмента и предмета обработки к процессам с линейным, поверхностным и объемным взаимодействиями. Основное направление развития технологических процессов состоит в непрерывном их совершенствовании и качественном изменении свойств процессов.

При этом исторический процесс развития классов технологических процессов и классов технологических машин заложил основы к многовариантному синтезу новых структурных вариантов технологий, выбору их оптимальных параметров и свойств для конкретных изделий и сложившихся возможностей производства. Это особенно эффективно для решения вопросов автоматизации производственных процессов и развития перспектив комплексной автоматизации производств.

4. Особенности работы роторных и роторно-конвейерных машин и линий.

Особенности и область эффективного применения АРЛ и АРКЛ. Типовая компоновка технологического ротора. Типовая компоновка АРЛ. Типовая компоновка АРКЛ.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 2, 6], а также конспекта лекций.

5. Классификация технологических систем непрерывного действия, технологических и транспортных роторов.

Классификация технологических систем непрерывного действия. Классификация технологических роторов. Классификация транспортных роторов. Примеры технологических систем непрерывного действия.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 2, 4, 6], а также конспекта лекций.

6. Структура автоматических роторных и роторно-конвейерных линий.

Структурные группы технологических систем непрерывного действия. Аддитивная структура. Мультипликативная структура. Аддитивно-мультипликативная структура. Производительность структурных вариантов.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 4, 6], а также конспекта лекций.

7. Общие данные о роторных и роторно-конвейерных машинах и линиях.

Основы теории маршрутизации изделий в роторных линиях. Виды маршрутизации изделий. Маршрутизация изделий в разветвляющихся технологических системах. Математические модели. Структурные схемы.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 3, 6], а также конспекта лекций.

8. Основы проектирования блоков технологического воздействия.

Инструментальные блоки. Функции блоков технологического воздействия. Типы инструментальных блоков.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 3, 4, 6], а также конспекта лекций.

9. Кинематическая структура АРЛ и АРКЛ.

Кинематическая структура технологических систем непрерывного действия. Математическая модель. Универсальная принципиальная кинематическая схема технологических и транспортных движений. Отображение кинематических функций.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [3], а также конспекта лекций.

10. Технологические роторы для обработки инструментом.

Функциональная структура технологических роторов. Примеры технологических роторов. Компонентные решения.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 3, 4, 6], а также конспекта лекций.

11. Технологические роторы для обработки средой.

Функциональная структура технологических роторов. Примеры технологических роторов. Компонентные решения.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 3, 4, 6], а также конспекта лекций.

12. Автоматизация металлообрабатывающих операций.

Основы автоматизации металлообрабатывающих операций. Компонентные решения АРЛ для металлообработки.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 3, 4, 6], а также конспекта лекций.

13. Автоматизация сборочных операций.

Особенности автоматизации сборочных операций на базе технологических систем непрерывного действия. Функциональная структура. Компонентные решения АРЛ для сборочных операций.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 3, 4, 6], а также конспекта лекций.

14. Транспортные роторы.

Функциональная структура. Особенности компоновки. Типы транспортных роторов.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 2, 4, 6], а также конспекта лекций.

15. Системы приводов.

Варианты систем приводов роторных машин. Схема однодвигательного привода роторной линии. Схема многодвигательного привода.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 4, 6], а также конспекта лекций.

16. Производительность, циклы, структура технологических систем непрерывного действия.

Структурные схемы технологических систем. Универсальная структурная модель АРЛ. Циклограммы. Виды производительности. Понятие о надежности и производительности.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 3, 4, 6], а также конспекта лекций.

17. Основы проектирования роторных линий.

Основы компоновки роторных линий. Схемы компоновки АРЛ. Проектирование роторных машин и линий.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 4, 6], а также конспекта лекций.

18. Обслуживание, монтаж, наладка.

Системы управления и контроля качества работы АРЛ. Особенности обслуживания, монтажа и наладки АРЛ. Перспективы развития АРЛ и АРКЛ.

Данную тему лекции рекомендуется изучать с использованием работ [1, 4, 6], а также конспекта лекций.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Изучение назначения и технологических возможностей автоматических роторных машин.
2. Изучение назначения и технологических возможностей автоматических роторно-конвейерных линий.
3. Изучение функциональной структуры блоков технологического воздействия.
4. Изучение технологических роторов для обработки инструментом.
5. Изучение технологических роторов для обработки средой.
6. Изучение особенностей работы, конструкции и процесса сборки роторного автомата для сборки цилиндрического изделия и уплотнения.
7. Определение числа позиций технологических машин роторного типа.
8. Изучение вопросов маршрутизации изделий в АРЛ. Выдача контрольных заданий. Выполнение контрольных заданий.

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа студентов **предусматривает:**

- систематическую посещаемость аудиторных занятий, ведение конспекта лекции;
- регулярное изучение лекционного материала и содержания рекомендованной учебной литературы;
- подготовку к практическим занятиям;
- выполнение 2-х контрольных работ.

Самостоятельная работа студентов и качество усвоения учебного материала **проверяется:**

- во время опрашивания на практических занятиях;
- во время зачета.

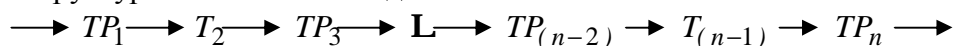
6. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Контрольные работы предусматривают выполнение **двух заданий**. Эти задания выполняют студенты **по вариантам**. Каждый вариант **определяется двумя последними цифрами зачетной книжки** студента.

Задание 1.

Даны следующие параметры автоматической роторной линии (АРЛ):

1. Структурно-логическая модель АРЛ:



где TP_i - i -й транспортный ротор;

T_j - j -й технологический ротор;

n - общее количество транспортных и технологических роторов.

2. Общее число транспортных и технологических роторов n .

3. Количество (множества) блоков технологического воздействия (блоков инструментов) в каждом роторе:

$$u = \{u_1, u_2, \dots, u_n\},$$

где u_i - количество блоков технологического воздействия в i -м транспортном или технологическом роторе.

3. Цикловая производительность АРЛ - $П_{ц}$ (шт/с).

Необходимо выполнить следующее:

1. В соответствии с работами [1, 6] выбрать геометрические параметры каждого ротора и определить их кинематические параметры:

- шаг роторов h_i ,

- диаметр начальных окружностей роторов D_i ,

- время полного кинематического цикла для каждого ротора $T_{ци}$,

- линейную скорость v_{mp} движения предмета обработки в АРЛ.

Результаты выбора геометрических параметров и расчетов кинематических параметров роторов АРЛ необходимо свести в табл. 1.

Таблица 1. Геометрические и кинематические параметры роторов АРЛ

Параметры АРЛ	Номер ротора				
	1	2	3	...	n
h_i					
D_i					
$T_{ци}$					
v_{mp}					

2. Разработать принципиально-структурную схему АРЛ, описать структуру и принцип ее работы, представить чертеж принципиально-структурной схемы АРЛ.

В качестве примера на рис. 10 представлена принципиально-структурная схема (модель) роторной линии для изготовления тонкостенных изделий с резьбой, получаемой методом выдавливания. Структура этой линии построена на основании комплексного процесса изготовления тонкостенных деталей с резьбой.

Роторная линия (рис. 10) содержит отрезной ротор 1, в цилиндрических магазинах 2 которого устанавливаются заготовки в виде прутков, рабочего ротора 3 смазки заготовок, рабочего ротора 4 холодного выдавливания стаканчика, рабочего ротора 5 пробивки отверстия в доньшке, рабочего ротора 6 смазки стаканчика, рабочего ротора 7 редуцирования резьбы и рабочего ротора 8 свинчивания резьбовой оправки. Между

рабочими роторами установлены транспортные роторы 9, предназначенные для передачи изделий между смежными рабочими роторами. Транспортный ротор 10 предназначен для передачи

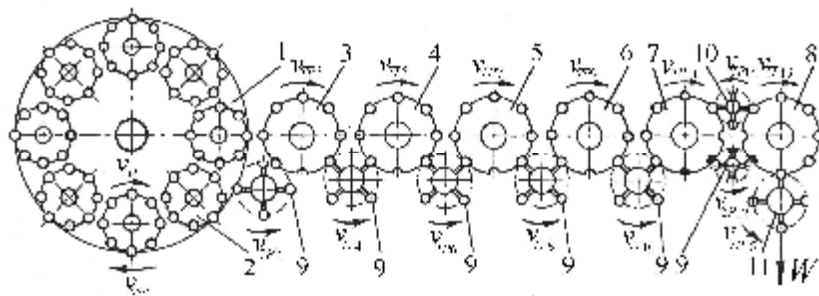


Рис. 10. Принципиально-структурная модель роторной линии комплексного процесса изготовления тонкостенных деталей с резьбой

резьбовой оправки с рабочего ротора 8 на рабочий ротор 7. С помощью транспортного ротора 11 готовые изделия выгружаются с рабочего ротора 8, которые далее передаются по потоку W . На рис. 10, стрелками с обозначениями $v_{TP1}, v_{TP2}, \dots, v_{TP15}$ показаны направления

транспортных вращений соответствующих роторов, а стрелкой v_M показано направление периодического поворота магазина 2 в отрезном роторе 1.

3. Необходимо определить общее число различных маршрутов в АРЛ.

Общее число различных маршрутов в АРЛ определяется на основании следующей формулы:

$$N = \text{НОК}(u_1, u_2, \dots, u_n),$$

где $\text{НОК}(u_1, u_2, \dots, u_n)$ - наименьшее общее кратное чисел (u_1, u_2, \dots, u_n) .

4. Необходимо построить таблицу истинности для всех различных маршрутов АРЛ (в ряде случаев общее количество маршрутов можно согласовать с преподавателем). Результаты сводятся в табл. 2.

Таблица 2. Таблица истинности различных маршрутов в АРЛ

Номер маршрута	Номер ротора						
	1	2	3	4	5	...	n
	Номера позиций ротора						
1							
2							
3							
4							
...							
N							

5. Необходимо определить позиции роторов АРЛ по которым проходят изделия со следующими номерами (номера указаны в задании для каждого варианта):

- с номером - v_j^1 ,
- с номером - v_j^2 ,
- с номером - v_j^3 .

Позиции роторов АРЛ определяем на основании основных выражений алгебры групп по следующей формуле:

$$v_j = m u_i + r_i,$$

где v_j - номер изделия проходящего через АРЛ;

u_i - количество позиций i -го ротора;

r_i - номер позиции i -го ротора, через которую проходит v_j изделие.

m - целое число, определяющее количество полных оборотов ротора.

Здесь следует иметь ввиду то, что если $r_i = 0$, то $r_i = u_i$.

Определенные маршруты изделий следует записать в виде выражения

$$P_1(r_1) \rightarrow P_2(r_2) \rightarrow \dots \rightarrow P_n(r_n).$$

Например: для 48 номера изделия будет следующий маршрут в АРЛ $P_1(12) \rightarrow P_2(47) \rightarrow P_3(148) \rightarrow P_4(3) \rightarrow P_5(123) \rightarrow P_6(38)$.

Варианты задания №1

Таблица 3. Варианты задания №1

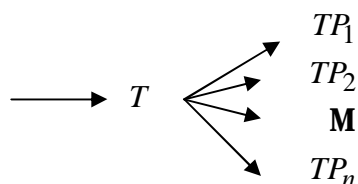
№ п/п	n	П _ц шт/с	Количество позиций в роторах									v _j ¹	v _j ²	v _j ³
			u ₁	u ₂	u ₃	u ₄	u ₅	u ₆	u ₇	u ₈	u ₉			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	7	4	4	5	6	8	4	5	6	-	-	285	1320	3260
2	9	6	3	4	5	6	8	3	4	5	6	290	1330	3262
3	7	8	5	6	3	4	5	6	3	-	-	295	1340	3264
4	9	10	3	4	5	6	8	3	4	5	6	300	1350	3266
5	7	12	4	5	6	8	4	5	6	-	-	305	1360	3268
6	9	14	5	6	8	4	3	5	6	8	4	310	1370	3270
7	7	16	6	8	8	4	3	6	8	-	-	315	1380	3272
8	9	4	8	8	6	5	4	8	8	6	5	320	1390	3274
9	7	6	8	8	6	5	4	8	8	-	-	325	1400	3276
10	9	8	3	4	6	5	4	3	4	6	5	330	1410	3278
11	7	10	4	5	6	8	3	4	5	-	-	335	1420	3280
12	9	12	5	6	8	4	4	5	6	8	5	340	1430	3282
13	7	14	6	8	8	4	4	5	6	-	-	345	1440	3284
14	9	16	8	8	6	5	4	6	5	4	8	350	1450	3286
15	7	4	8	8	6	4	5	6	8	-	-	355	1460	3288
16	9	6	8	6	5	4	3	8	6	5	4	360	1470	3290
17	7	8	6	6	5	6	8	6	6	-	-	365	1480	3292
18	9	10	8	8	4	5	6	8	8	4	5	370	1490	3294
19	7	12	8	8	4	5	6	8	4	-	-	375	1500	3296
20	9	14	5	5	4	5	6	5	4	6	6	380	1510	3298
21	7	16	4	4	5	5	6	6	4	-	-	385	1520	3300
22	9	4	5	8	6	8	4	6	8	5	6	390	1530	3302
23	7	6	6	5	6	6	5	4	8	-	-	395	1540	3304

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
24	9	8	8	8	6	8	8	6	8	6	6	400	1550	3306
25	7	10	8	8	4	6	4	6	8	-	-	405	1560	3308
26	8	12	4	3	5	6	5	3	4	6	5	410	1570	3310
27	7	14	5	6	5	4	6	5	4	-	-	415	1580	3312
28	9	16	6	5	4	6	6	4	4	6	6	420	1590	3314
29	7	4	8	5	6	8	5	6	5	-	-	425	1600	3316
30	9	6	8	5	5	10	8	5	10	8	8	430	1610	3318
31	7	8	8	5	5	4	4	5	4	-	-	435	1620	3320
32	9	10	6	5	6	5	6	10	6	5	10	440	1630	3322
33	7	12	5	5	6	6	5	6	5	-	-	445	1640	3324
34	9	14	4	8	4	8	6	4	8	4	8	450	1650	3326
35	7	16	3	5	4	3	5	4	3	-	-	455	1660	3328
36	9	4	4	5	4	6	4	5	4	6	5	460	1670	3330
37	7	6	5	6	5	6	5	6	10	-	-	465	1680	3332
38	9	8	6	4	12	3	6	4	12	3	6	470	1690	3334
39	7	10	8	5	10	8	5	10	5	-	-	475	1700	3336
40	9	12	8	4	16	4	8	16	4	8	16	480	1710	3338
41	7	14	8	5	8	5	8	5	5	-	-	485	1720	3340
42	9	16	6	4	4	4	3	6	4	3	6	490	1730	3342
43	7	4	5	4	5	10	5	4	5	-	-	495	1740	3344
44	9	6	4	5	4	5	4	4	5	5	4	500	1750	3346
45	7	8	3	4	12	4	3	4	12	-	-	505	1760	3348
46	9	10	4	6	4	5	6	4	5	6	15	510	1770	3350
47	7	12	6	5	6	6	5	5	5	-	-	515	1780	3352
48	9	14	8	8	6	8	6	5	6	8	6	520	1790	3354
49	7	16	8	4	6	8	4	6	8	-	-	525	1800	3356
50	9	4	10	5	20	10	5	15	5	10	5	530	1810	3358

Задание 2.

Технологическая система состоит из одного технологического ротора и нескольких транспортных роторов. При этом предметы обработки поступают по одному потоку в технологический ротор, а выгружаются посредством нескольких транспортных роторов по нескольким выходным потокам. Эта схема основана на разветвляющейся структуре. Здесь даны следующие параметры автоматического роторного модуля (АРМ):

1. Структурно-логическая модель АРМ



2. Количество транспортных роторов n .
3. Множества блоков технологического воздействия:
- для технологического ротора

$$u = \{1, 2, \dots, u_s\};$$

- для транспортных роторов

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= \{1, 2, \dots, v_{s1}\} ; \\ v_2 &= \{1, 2, \dots, v_{s2}\} ; \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ v_n &= \{1, 2, \dots, v_{sn}\} , \end{aligned} \right\}$$

где u_s - количество блоков технологического воздействия в технологическом роторе;

v_{si} - количество рабочих позиций i -го транспортного ротора;

n - количество транспортных роторов.

4. Цикловая производительность АРМ Π_u^T , шт/с

Необходимо определить следующие параметры:

1. В соответствии с работами [1, 6] необходимо выбрать следующие геометрические параметры роторов:

- шаг роторов h_m и h_{mpi} ;

- диаметр начальной окружности роторов D_m и D_{mpi} ;

- время полного кинематического цикла T_u^m и T_{ui}^{mp} .

Результаты выбора геометрических параметров роторов АРМ необходимо свести в табл. 4.

Таблица 4. Геометрические параметры роторов АРМ

Параметры	Виды роторов						
	Технологический ротор	Транспортные роторы					
		Номера роторов					
		1	1	2	3	...	n
h_m или h_{mpi}							
D_m или D_{mpi}							
T_u^m или T_{ui}^{mp}							

2. Разработать принципиально-структурную схему АРМ, описать структуру и принцип его работы, представить чертеж принципиально-структурной схемы АРМ.

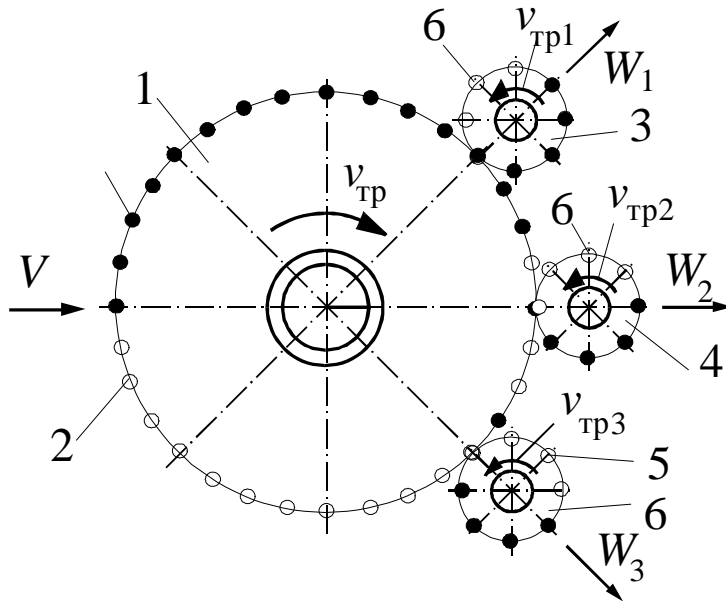


Рис. 11. Принципиально-структурная схема автоматического роторного модуля с разветвляющимися потоками изделий

В качестве примера на рис. 11 представлена принципиально-структурная схема (модель) АРМ для изготовления для завальцовки самопорящихся гаек.

Описание структуры и принципа работы АРМ необходимо сделать самостоятельно.

3. Определить общее число различных маршрутов в АРМ:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= \sum_{i=1}^n HOK(B, v_{s_i}); \\ B &= \frac{HOK(u_s, n)}{n}, \end{aligned} \right\}$$

где n - число транспортных роторов;

u_s - число блоков технологического воздействия технологического ротора;

сского ротора;

v_{s_i} - число позиций i -го транспортного ротора.

4. Определить число маршрутов в АРМ, когда завершается полный кинематический цикл в АРМ

$$N_2 = n HOK \left[\frac{HOK(u_s, n)}{n}, HOK(v_{s1}, v_{s2}, \dots, v_{sn}) \right].$$

5. Необходимо построить таблицу истинности для всего полного кинематического цикла в АРМ. Результаты свести в табл. 5.

Таблица 5. Таблица истинности различных маршрутов в АРМ

Номера маршрутов	Виды роторов					
	Технологический ротор	Транспортные роторы				
		Номера роторов				
	1	1	2	3	...	n
	Номера позиций роторов					
1						
2						
3						
...						
N_2						

6. Определить позиции роторов АРМ по которым проходит изделия следующих номеров (номера указаны в задании для каждого варианта):

- с номером - v_j^1 ,

- с номером - v_j^2 ,

- с номером - v_j^3 .

Номера позиций роторов определяются по следующим выражениям:

- для технологического ротора

$$v_j = m u_s + r;$$

- для транспортных роторов

$$\left. \begin{aligned} v_j &= m_t n + r_i; \\ m_t + \frac{r_i}{h} &= m_i^{mp} v_{si} + r_i^{mp}; \\ i &= 1, 2, \dots, n, \end{aligned} \right\}$$

где m_t - целое число, определяющее количество полных циклов повторяемости поступления изделий в транспортные роторы;

r_i - номер транспортного ротора, в который поступает v_j -е изделие;

m_{si}^{mp} - целое число, определяющее количество полных оборотов транспортного ротора;

r_i^{mp} - номер позиции i -го транспортного ротора, в которую поступает v_j -е изделие.

Здесь следует учитывать особенности многомерной алгебры групп (в этом случае двумерная алгебра групп), которые в данном случае заключаются в следующем.

Для правой части уравнений:

- если $r = 0$, то $r = u_s$;

- если $r_i = 0$, то $r_i = n$;

- если $r_i^{mp} = 0$, то $r_i^{mp} = v_{si}$.

Для левой части уравнений:

- если $r_i = 0$, то $h = n$;

- если $r_i = a$, то $h = a$.

Варианты задания № 2

Таблица 6. Варианты задания № 2

№ п/п	$П_u^T$, шт/с	u_s	n	v_{s1}	v_{s2}	v_{s3}	v_{s4}	v_j^1	v_j^2	v_j^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	16	3	3	4	5	-	80	500	1100
2	2	18	3	4	6	7	-	82	502	1102
3	3	20	3	5	8	9	-	84	504	1104
4	4	22	3	4	10	11	-	86	506	1106

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5	24	3	4	4	5	-	88	508	1108
6	6	26	3	5	6	7	-	90	510	1110
7	7	28	3	4	8	9	-	92	512	1112
8	8	30	3	4	10	11	-	94	514	1114
9	9	32	3	5	4	5	-	96	516	1116
10	10	34	3	5	6	7	-	98	518	1118
11	11	36	3	5	8	9	-	100	520	1120
12	12	38	3	6	10	11	-	102	522	1122
13	13	40	4	3	4	5	4	104	524	1124
14	14	42	4	4	6	7	6	106	526	1126
15	15	44	4	5	8	9	8	108	528	1128
16	1	46	4	3	10	11	10	110	530	1130
17	2	48	4	4	4	5	4	112	532	1132
18	3	50	4	5	6	7	6	114	534	1134
19	4	52	4	6	8	9	8	116	536	1136
20	5	54	4	5	10	11	10	118	538	1138
21	6	56	4	8	4	5	12	120	540	1140
22	7	58	4	10	6	7	4	122	542	1142
23	8	60	4	12	8	9	6	124	544	1144
24	9	16	4	4	10	11	8	126	546	1146
25	10	18	2	5	4	-	-	128	548	1148
26	11	20	2	6	6	-	-	130	550	1150
27	12	22	2	8	8	-	-	132	552	1152
28	13	24	2	10	10	-	-	134	554	1154
29	14	26	2	4	12	-	-	136	556	1156
30	15	28	2	5	4	-	-	138	558	1158
31	1	30	2	6	6	-	-	140	560	1160
32	2	32	2	7	8	-	-	142	562	1162
33	3	34	2	8	10	-	-	144	564	1164
34	4	36	2	9	4	-	-	146	566	1168
35	5	38	2	10	6	-	-	148	568	1170
36	6	40	2	12	8	-	-	150	570	1172
37	7	42	3	4	10	5	-	152	572	1174
38	8	44	3	6	4	7	-	154	574	1176
39	9	46	3	8	6	9	-	156	576	1178
40	10	48	3	10	8	11	-	158	578	1180
41	11	50	3	12	10	4	-	160	580	1182
42	12	52	4	4	12	6	4	162	582	1184
43	13	54	4	6	4	8	6	164	584	1186
44	14	56	4	8	6	10	8	168	586	1188
45	15	58	4	10	8	12	10	170	588	1190
46	1	60	4	12	10	4	12	172	590	1192
47	2	62	2	4	12	-	-	174	592	1194
48	3	64	2	6	4	-	-	176	594	1196
49	4	66	2	8	6	-	-	178	596	1198

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
50	5	68	2	10	8	-	-	180	598	1200

Контрольные вопросы

по дисциплинам "Технологии непрерывного действия" и "Проектирование технологических систем непрерывного действия"

1. Особенности развития технологий непрерывного действия, роторных и роторно-конвейерных линий.
2. Основные характеристики роторных линий.
3. Основные характеристики роторно-конвейерных линий.
4. Виды технологических систем непрерывного действия. Линейно-пространственная компоновка.
5. Виды технологических систем непрерывного действия. Поверхностно-пространственная компоновка.
6. Виды технологических систем непрерывного действия. Объемно-пространственная компоновка.
7. Сравнение технико-экономических показателей технологических систем непрерывного действия с различными вариантами компоновок.
8. Теоретическая производительность.
9. Структурные группы технологических систем непрерывного действия.
10. Аддитивная структура технологических систем непрерывного действия.
11. Мультипликативная структура технологических систем непрерывного действия.
12. Аддитивно-мультипликативная структура технологических систем непрерывного действия.
13. Основные формулы по определению технологической производительности технологических систем с различными вариантами структуры.
14. Типы технологических систем в зависимости от структуры объединения рабочих позиций.
15. Универсальная кинематическая схема транспортного движения блоков технологического воздействия технологических систем непрерывного действия.
16. Классы технологических машин. Первый класс технологических машин.
17. Классы технологических машин. Второй класс технологических машин.
18. Классы технологических машин. Третий класс технологических машин.
19. Классы технологических машин. Четвертый класс технологических машин.
20. Классы технологических машин. Пятый класс технологических машин.
21. Принципиально-структурные модели поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия.
22. Классы технологических процессов. Технологический процесс первого класса.
23. Классы технологических процессов. Технологический процесс второго класса.
24. Классы технологических процессов. Технологический процесс третьего класса.
25. Классы технологических процессов. Технологический процесс четвертого класса.

26. Назначение и область эффективного применения автоматических роторных линий (АРЛ).
27. Назначение и область эффективного применения автоматических роторно-конвейерных линий (АРКЛ).
28. Типовые компоновки технологических роторов. Основные элементы. Принцип работы технологического ротора с механическим приводом рабочего движения.
30. Типовая компоновка АРЛ. Принцип работы.
31. Типовая компоновка АРКЛ. Принцип работы.
32. Инструментальные блоки. Конструкции инструментальных блоков. Рекомендации по изготовлению корпусов инструментальных блоков.
33. Основные функции инструментальных блоков.
34. Компоновка инструментального блока для вытяжки штампуемых деталей. Принцип работы.
35. Блок шпинделей вертикального ротора для операций сверления, зенкерования, развертывания.
36. Блок шпинделей ротора фрезерной обработки.
37. Транспортные роторы. Основные функции транспортных роторов.
38. Транспортные роторы. Типы рабочих органов. Два вида клещевых захватов.
39. Компоновка обычного транспортного ротора. Принцип работы. основные элементы.
40. Компоновка транспортного ротора для поворота заготовки. Основные элементы. Принцип работы.
41. Транспортный ротор для радиального перемещения заготовок. Основные элементы. Принцип работы.
42. Транспортный ротор для вертикального перемещения заготовок. Основные элементы. Принцип работы.
43. Типовые схемы приводов захватных органов.
44. Типовые схемы приводов захватных органов. Привод без активного сопровождения.
45. Типовые схемы приводов захватных органов. Две схемы приводов с активным сопровождением.
46. Типовые схемы приводов захватных органов. Привод с угловой ориентацией.
47. Системы привода вращения роторов.
48. Схема однодвигательного привода роторной линии для транспортного и технологического движений.
49. Схема привода роторной линии с отдельными источниками транспортного и технологического движений.
50. Схема многодвигательного привода роторной линии с дифференциальными редукторами.
51. Проблема маршрутизации предметов обработки в АРЛ.
52. Три схемы маршрутизации.
53. Простая маршрутизация. Пример роторов, реализующих простую маршрутизацию. Общая структурная схема. Цифровая модель. Математическая модель.
54. Неполная сложная маршрутизация. Пример роторов, реализующих неполную сложную маршрутизацию. Общая структурная схема. Цифровая модель. Математическая модель.
55. Сложная маршрутизация. Пример роторов, реализующих сложную маршрутизацию. Общая структурная схема. Цифровая модель. Математическая модель.

56. Теория маршрутизации изделий в АРЛ. Основные теоремы.
57. Формулы по определению числа маршрутов изделий в АРЛ., номера позиции ротора, номеров позиций предыдущего ротора, с которых поступают изделия на фиксированную позицию данного ротора.
58. Структура автоматических роторных линий. Основные элементы и подсистемы.
59. Структурная цепочка АРЛ. Структурная схема одной АРЛ.
60. Универсальная структурная модель АРЛ.
61. Классификация АРЛ и АРКЛ.
62. Классификация технологических роторов.
63. Классификация транспортных роторов.
64. Понятие о надежности и производительности АРЛ и АРКЛ.
65. Основы компоновки АРЛ.
66. Перспективы развития технологий и технологических систем непрерывного действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клусов И.А. Проектирование роторных машин и линий: Учеб. пособие для студентов машиностр. спец. вузов. – М.: Машиностроение, 1990. – 320с.
2. Кошкин А.Н. Роторные и роторно-конвейерные линии. – М.: Машиностроение, 1986. – 320с.
3. Михайлов А.Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия. - Донецк: ДонНТУ, 2002. - 379 с.
4. Прейс В.В. Технологические роторные машины: вчера, сегодня, завтра. – М.: Машиностроение, 1986. – 128с.
5. Автоматические линии в машиностроении. Справочник. В 3-х т. Т.1; Т.2; Т.3/ Ред. совет: А.И. Дашенко (пред) и др. – М.: Машиностроение, 1984. - 312 с.;1984. - 408 с.; 1985. - 480 с.
6. Автоматические роторные линии / И.А. Клусов, Н.В. Волков, В.И. Золотухин и др. – М.: Машиностроение, 1987. – 288с.
7. Шаумян Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов. - М.: Машиностроение, 1973. – 640 с.
8. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1; Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1986. - 656 с.; 1985. - 496 с.
9. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учеб. для машиностроит. спец. вузов - М.: Высш. шк., 2001.. - 591 с.
10. Основы автоматизации машиностроительного производства: Учеб. для машиностроит. спец. вузов / Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Высш. шк., 2001. - 312 с.
11. Хубка В. Теория технических систем: Пер. с нем. - М.: Мир, 1987. - 208 с.

Михайлов Александр Николаевич

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по курсам "Технологии непрерывного действия" и "Проектирование
технологических систем непрерывного действия"
для студентов направления подготовки 0902 - "Инженерная
механика"
специальностей 7.090202, 8.090202 - "Технология машиностроения" и
7.090203, 8.090203 - "Металлорежущие станки и инструменты"
всех форм обучения**