



Федеральное агентство по образованию РФ

ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет автоматизации машиностроения

Кафедра технологии автоматизированного машиностроения

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

методические указания

для выполнения контрольных работ

Специальность

120100 – Технология машиностроения

Киров 2005

УДК 621.753 (07)
Т384

В методических указаниях приведено содержание задания и рекомендации по выполнению контрольных работ, выполняемых студентами заочного отделения специальности 120100 – «Технология машиностроения» при изучении дисциплины «Технологическая оснастка».

Автор: ст. преподаватель кафедры ТАМ Иванов-Польский К.В.

Рецензент:

В редакции автора

Подписано в печать

Бумага офсетная

Заказ №

Тираж

Усл. печ. л. 2,8

Печать матричная.

Бесплатно.

Текст напечатан с оригинал-макета, предоставленного составителем.

610000, г. Киров, ул. Московская, 36

© Иванов-Польский К.В. , 2005

© Вятский государственный университет, 2005

Содержание

1. Цели и задачи курса	4
1.1 Цель изучения дисциплины	4
1.2 Задачи, решаемые при изучении дисциплины.....	4
2. Программа курса	4
3. Вопросы по курсу «Технологическая оснастка»	5
4. Перечень рекомендуемой литературы	9
4.1. Основная литература.....	9
4.2. Дополнительная литература	9
4.3. Учебно-методические и наглядные пособия	10
4.4. Перечень стандартов	10
5. Содержание задания на выполнение контрольной работы по дисциплине «Технологическая оснастка»	11
6. Пример выполнения контрольной работы.....	17
6.1. Определение усилия зажима.....	17
6.2. Расчет зажимных губок.....	18
6.3. Расчет ролика.....	21
6.4. Расчет пневмопривода	22

1. Цели и задачи курса

1.1 Цель изучения дисциплины

Дисциплина «Технологическая оснастка» изучается студентами после изучения курса «Основы технологии машиностроения», «Технология машиностроения», перед выполнением курсового проекта по «Технологии машиностроения».

Целью изучения дисциплины является усвоение студентами роли и значения средств технологического оснащения в разрабатываемом технологическом процессе механической обработки заготовок, в освоении теоретических основ принципа работы специальных станочных приспособлений и методики их проектирования. Усвоение данного курса позволит студентам сознательно и творчески подходить к созданию работоспособной, надежной, высокопроизводительной и экономичной технологической оснастки для различных условий машиностроительного производства.

1.2 Задачи, решаемые при изучении дисциплины

Дисциплина ставит своими задачами:

- освоение методов выбора вида системы станочного приспособления;
- освоение методики выбора варианта конструкции разрабатываемого приспособления;
- освоение современных методов проектирования и получение чертежной документации технологической оснастки для автоматизированных производств.

2. Программа курса

Номер раздела	Наименование разделов и их содержание
1	Основные понятия и определения. Приспособление. Вспомогательный инструмент. Классификация технологической оснастки. По целевому назначению. По специализации. По степени механизации и автоматизации. По виду привода.
2	Составные элементы оснастки и их функции.
2.1	Установочные элементы. Назначение установочных элементов. Полная и сокращенная установка. Условное обозначение. Виды опор. Основные опоры. Дополнительные опоры. Типовые случаи установки деталей в приспособление. Установка на пальцы и плоскость. Установка на оправку. Установка на призму. Установка на сложные поверхности (резьбовые, конические и т.д.)
2.2	Зажимные элементы. Определение. Усилие зажима. Исходное усилие. Назначение. Классификация по способу создания исходного усилия, по конструкции преобразующего механизма, по количеству точек приложения силы зажима к обрабатываемой детали. Требования к зажимным устройствам. Типовые конструкции. Особенности конструирования.
2.3	Передаточные механизмы. Назначение. Типы передаточных механизмов. Особенности конструирования.
3	Расчет сил закрепления и выбор зажимных устройств. Выбор и расчет силовых устройств.

Номер раздела	Наименование разделов и их содержание
3.1	Исходные данные для расчета сил зажима.
3.2	Типовые случаи определения сил зажима. Условие надежного закрепления. Коэффициент запаса надежности закрепления.
3.3	Расчет исходной силы. Определение исходной силы для винтовых, рычажных, Г-образных, эксцентриковых, кулачковых, клиновых, пружинных, гидропластовых, цанговых зажимов. Многократные зажимные устройства.
3.4	Выбор силовых устройств (приводов). Виды приводов, применяемых в технологической оснастке. Особенности. Устройства управления.
3.5	Определение основных размеров и характеристик приводов
4	Особенности проектирования некоторых типов приспособлений
4.1	Самоцентрирующие устройства. Кулачковые, рычажные самоцентрирующие устройства. Цанговые и мембранные самоцентрирующие устройства. Самоцентрирующие устройства с применением гидропласта.
4.2	Делительные устройства. Назначение. Схемы делительных устройств. Особенности. Конструкции делительных дисков и фиксаторов.
4.3	Приспособления для сверления. Типы кондукторов. Элементы для направления инструмента и кондукторных плит. Многошпиндельные сверлильные головки.
4.4	Приспособления для фрезерования и станков с ЧПУ. Установочные элементы. Настроечные элементы.
4.5	Особенности применения универсально-сборной оснастки для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и гибких автоматизированных производств.
4.6	Особенности проектирования универсальных автоматических и адаптивных сборочных приспособлений и инструмента
5	Вспомогательный инструмент.
5.1	Назначение. Виды вспомогательного инструмента.
5.2	Требования к вспомогательному инструменту.
5.3	Элементы базирования вспомогательного инструмента на станке. Элементы установки и закрепления режущего инструмента.
5.4	Устройства для настройки вспомогательного инструмента.
5.5	Типовые конструкции вспомогательного инструмента
6	Методика расчета экономической эффективности применения технологической оснастки.
7	Контрольные приспособления. Контрольно-измерительные устройства, устанавливаемые на технологической оснастке в автоматизированном производстве.

3. Вопросы по курсу «Технологическая оснастка»

1. Приспособление. Вспомогательный инструмент. Классификация технологической оснастки.
2. Установочные элементы. Назначение установочных элементов. Полная и сокращенная установка. Условное обозначение. Виды опор.

3. Установка детали на плоскость. Установка на пальцы и плоскость. Конструкции установочных элементов.
4. Установка на оправку. Установка на призму. Установка на сложные поверхности (резьбовые, конические и т.д.)
5. Зажимные элементы. Назначение. Классификация. Усилие зажима и исходное усилие.
6. Требования к зажимным устройствам.
7. Определение силы зажима детали. Исходные данные. Методика. Коэффициент запаса надежности закрепления
8. Типовые случаи определения сил зажима.
9. Винтовые зажимы. Конструирование. Определение исходной силы.
10. Рычажные и Г-образные зажимы. Конструирование. Определение исходной силы.
11. Клиновые, эксцентриковые и кулачковые зажимы. Конструирование. Определение исходной силы.
12. Пружинные зажимные устройства. Конструирование. Определение исходной силы. Зажимные устройства с гидропластом. Конструирование. Определение исходной силы.
13. Многократные зажимные устройства. Конструирование. Определение исходной силы.
14. Передаточные механизмы. Назначение. Типы передаточных механизмов. Особенности конструирования.
15. Самоцентрирующие устройства. Кулачковые и рычажные устройства. Особенности расчета и конструирования.
16. Цанговые и мембранные самоцентрирующие устройства. Особенности расчета и конструирования.
17. Самоцентрирующие устройства с применением гидропласта. Особенности расчета и конструирования.
18. Делительные устройства. Назначение. Схемы делительных устройств. Особенности. Конструкции делительных дисков и фиксаторов.
19. Приводы зажимных устройств. Ручной привод. Особенности применения.
20. Устройства управления
21. Пневматический привод. Особенности. Расчет. Устройства управления.
22. Гидравлический привод. Особенности. Расчет. Устройства управления.
23. Электромеханический привод. Магнитный привод. Вакуумный привод. Особенности. Расчет. Устройства управления.
24. Приспособления для сверления. Типы кондукторов. Элементы для направления инструмента и кондукторных плит. Многошпиндельные сверлильные головки.
25. Приспособления для фрезерования и станков с ЧПУ. Установочные элементы. Настраечные элементы.
26. Вспомогательный инструмент. Виды. Установочные и настраечные элементы вспомогательного инструмента.

27. Контрольные приспособления. Определение. Виды контрольных приспособлений. Требования к контрольным приспособлениям.
28. Измерительные устройства контрольных приспособлений. Виды. Узлы крепления и регулировки.
29. Установочные и направляющие узлы контрольных приспособлений. Конструирование.
30. Расчет контрольных приспособлений на точность.
31. Методика расчета экономической эффективности применения технологической оснастки.
32. Особенности применения универсально-сборной оснастки для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и гибких автоматизированных производств. Оснастка для многоцелевых станков и гибких автоматизированных производств.
33. Сборочные приспособления. Классификация. Элементы сборочных приспособлений.
34. Загрузочно-ориентирующие устройства и их расчет. Виды загрузочных и ориентирующих устройств. Области применения.
35. Назначение технологической оснастки и ее особенности в зависимости от серийности производства. Классификация технологической оснастки – приспособлений.
36. Установочные элементы и их назначение. Условные обозначения опор и установочных устройств согласно ГОСТ 3.1107 – 81. Материалы применяемые для изготовления опор, твердость и шероховатость их рабочих поверхностей.
37. Установка детали на плоскость, на плоскость и перпендикулярные к ней отверстия, на плоскость и два отверстия. Особенности конструирования установочных элементов. Материалы и термообработка.
38. Назначение зажимов и особенности их конструкций в зависимости от схемы приспособления. Условные обозначения зажимов и формы их рабочей поверхности по ГОСТ 3.1107 – 81. Материалы, применяемые для изготовления зажимов, твердость и шероховатость их рабочих поверхностей. Требования к зажимам.
39. Зажатие детали. Исходные данные для составления схемы к расчету усилия зажатия детали. Методика определения усилия зажатия детали в приспособлении. Типовые схемы к расчету усилия зажатия детали и необходимая величина усилия зажатия.
40. Особенности конструкции и эксплуатации винтовых и клиповых зажимов. Примеры их использования в приспособлениях. Величина усилия зажатия «W», создаваемая данными механизмами.
41. Особенности конструкций рычажных зажимов. Возможные типовые схемы и величина создаваемого ими зажимного усилия W; эскиз конструкции рычажного прижима для любой типовой схемы.
42. Особенности конструкции Г-образных зажимов, простых и поворотных. Эскиз конструкции Г-образного зажима для закрепления детали. Материалы,

применяемые для приготовления Г-образных зажимов, твердость и шероховатость их рабочих поверхностей.

- 43.Цанговые зажимные устройства, особенности их конструкций и область применения. Величина усилия зажима W , создаваемая данным механизмом. Материалы, применяемые для приготовления цанг, твердость и шероховатость их рабочих поверхностей.
- 44.Виды приводов зажимных устройств и их условное обозначение по ГОСТ 3.1107-81. Особенности конструкций пневматических и гидравлических приводов, величина усилия создаваемого данными приводами при подаче давления в штоковую и поршневую плоскости.
- 45.Электромеханический, магнитный, инерционный, вакуумный приводы. Виды приводов. Особенности применения.
- 46.Передаточные механизмы, их назначение и особенности их конструкций для разных типов механизмов.
- 47.Виды самоцентрирующих устройств и их особенности для различных типов приспособлений. Условные обозначения самоцентрирующих устройств по ГОСТ 3.1107-81: токарного трехкулачкового патрона, цанговой, гидропластовой оправок.
- 48.Приспособления с гидропластом. Виды приспособлений. Особенности конструирования. Определение исходной силы.
- 49.Делительные устройства. Их назначение и конструктивные особенности в зависимости от назначения. Схемы делительных устройств. Материалы основных деталей делительных устройств, их твердость, точность изготовления рабочих поверхностей.
- 50.Элементы для ориентации и установки приспособления на столе металлорежущего станка. Особенности их конструкций в зависимости от назначения. Показать на эскизах. Материалы, применяемые для изготовления рассматриваемых элементов, их твердость, точность изготовления.
- 51.Элементы для направления режущего инструмента. Особенности их конструирования в зависимости от назначения. Материалы, твердость. Пути повышения срока службы.
- 52.Вспомогательный инструмент и его назначение. Виды вспомогательного инструмента в зависимости от типа станка и их конструктивные особенности. Пример конструкции вспомогательного инструмента для любого типа станка.
- 53.Контрольные приспособления и их назначение. Требования, предъявляемые к контрольным приспособлениям. Методика расчета на точность контрольных приспособлений. Пример схемы к расчету на точность контрольного приспособления, контроля биения шейки вала, установленного в центрах и составляющие погрешности приспособления.
- 54.Узлы контрольных приспособлений. Требования к ним. Особенности конструирования.

4. Перечень рекомендуемой литературы

4.1. Основная литература

1. Андреев, Геннадий Николаевич. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: Учеб. пос. / Андреев, Геннадий Николаевич, Новиков, Владимир Юрьевич, Схиртладзе, Александр Георгиевич; Под ред. Ю. М. Соломенцева. - 2-е изд., испр. - М.: Высш. шк., 1999. - 415с.: ил. - (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств). - Библиогр.: с. 407. - ISBN 5-06-003665-0.
2. Станочные приспособления: Альбом / Моск. гос. технолог. ун-т (СТАНКИН). - Тверь, 1999. - 112с.: ил. - ISBN 5-7995-0040-7.

4.2. Дополнительная литература

3. Детали и сборочные единицы универсально-сборных приспособлений к металлорежущим станкам серии 2 (УСП-8): Каталог 31. 0114. 41-95 / Госстандарт России. - М.: Изд-во стандартов, 1996. - 72с.: ил.
4. Свешников, Владимир Константинович. Станочные гидроприводы: Справ. - 3-е изд., перераб. И доп. - М.: Машиностроение, 1995. - 448с.: ил. - (Б-ка конструктора).
5. Схиртладзе, Александр Георгиевич. Технологическое оборудование машиностроительных производств: Учеб. пос. / Схиртладзе, Александр Георгиевич, Новиков, Владимир Юрьевич. - М.: Высш. шк., 2002. - 407с.: ил. - ISBN 5-06-003667-7.
6. Андреев Г.Н. Проектирование технологической оснастки: Учеб. Пособие / Андреев, Г.Н., Новиков, В.Ю., Схиртладзе, А.Г. - М.: Станкин, 1997. - 416с.: ил. - ISBN 5-7028-0057-5.
7. Схиртладзе, А.Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств: Учеб. Пособие. Ч.1. - М.: Станкин, 1999. - 598с.: ил.
8. Схиртладзе, А.Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств: Учеб. Пособие. Ч.2. - М.: Станкин, 1999. - 615с.: ил.
9. Маслов, Андрей Руффович. Приспособления для металлообрабатывающего инструмента: Справ. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2002. - 256с.: ил.
10. Чернилевский, Дмитрий Владимирович. Детали машин. Проектирование приводов технического оборудования: Учеб. Пособие. - 3-е изд., испр. - М.: Машиностроение, 2003. - 560с.: ил. - ISBN 5-217-03190-5.
11. Черпаков, Борис Ильич. Технологическая оснастка: Учеб. - М.: Академия, 2003. - 288с. - (Среднее профессиональное образование).
12. Технологическая оснастка: Практикум / Косов, Н.П., Исаев, А.Н., Схиртладзе, А.Г. и др. - Тольятти, 2003. - 226с.: ил.
13. Новожилов, Эдуард Дмитриевич. Приспособления в единичном и мелкосерийном производстве: Учеб. Пособие для проф. учеб. заведений. - М.: Дрофа, 2004. - 208с.: ил.

14. Схиртладзе, Александр Георгиевич. Станочные приспособления: Учеб. пос. / Схиртладзе, Александр Георгиевич, Новиков, Владимир Юрьевич. - М.: Высш. шк., 2001. - 110с.: ил. - ISBN 5-06-003988-9.

15. Технологические наладки механической обработки и сборки в машиностроении: Учеб. пособие / Схиртладзе, А. Г., Морозов, В. В., Драчев, О. И. и др. - Тольятти, 2003. - 180с.: ил.

4.3. Учебно-методические и наглядные пособия

Технологическая оснастка: Курс лекций, К.В. Иванов-Польский, Эл-ный. документ. Спец. 1201 / ВятГУ – Киров, 2005. – 72с.

16. Технологическая оснастка: Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. К.В. Иванов-Польский. Спец. 1201 / ВятГУ. Эл-ный. документ – Киров, 2005. – 185с.

17. Схемы измерения и типовые узлы контрольных приспособлений: Справоч. материал для курсового и диплом. о проектирования. Дисц. "Технология машиностроения", "Основы технологии машиностроения", "Проектирование технолог. оснастки и вспомогат. инструмента". Спец. 1201 / ВятГТУ, ФАМ, каф. ТАМ; Сост. В. В. Фоминых, В. Д. Перовошиков, К. В. Иванов-Польский, Ю. И. Кувалдин. - Киров, 2001. - 36с.

18. Альбом вспомогательного инструмента: Справочный материал для курсового и дипломного проектирования. Дисц. "Технология машиностроения", "Основы технологии машиностроения". Спец. 1201 / ВятГУ, ФАМ, каф. ТАМ; Сост. В. В. Фоминых, В. Д. Перовошиков, К. В. Иванов-Польский, Ю. И. Кувалдин. - Киров, 2001. - 28с.

19. Технологическая оснастка: Методические указания для выполнения контрольных работ. Спец. 1201 / ВятГУ, ФАМ, каф. ТАМ. К.В. Иванов-Польский. Электр. докум. – Киров, 2004. 24с.

20. Технологическая оснастка: Курс лекций. Спец. 1201 / ВятГУ, ФАМ, каф. ТАМ. К.В. Иванов-Польский. Электр. докум. – Киров, 2005. – 72с.

21. Технологическая оснастка: Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. Спец. 1201 / ВятГУ, ФАМ, каф. ТАМ. К.В. Иванов-Польский. Электр. докум. – Киров, 2005. – 185с.

4.4. Перечень стандартов

1. СТП ВятГУ 101-2000. Общие требования к оформлению текстовых документов.

2. СТП ВятГУ 102-2000. Общие требования к структуре, оформлению и представлению курсовых проектов и работ

5. Содержание задания на выполнение контрольной работы по дисциплине «Технологическая оснастка»

Для предложенного задания необходимо:

1. Получить расчетную формулу для определения исходного усилия привода или диаметра пневмоцилиндра в соответствии с полученным заданием.
2. Ввиду многосвязности зажимного механизма, расчетную формулу получить в виде:

$$Q = P \cdot w_1 \cdot w_2 \cdots w_n, \quad Q = M \cdot w_1 \cdot w_2 \cdots w_n,$$

где P, M – усилие и крутящий момент резания;

$w_1, w_2 \dots w_n$ – передаточные отношения звеньев силового механизма.

Или:

$$D = D(P, p_b), \quad D = D(M, p_b)$$

где D – диаметр пневмоцилиндра;

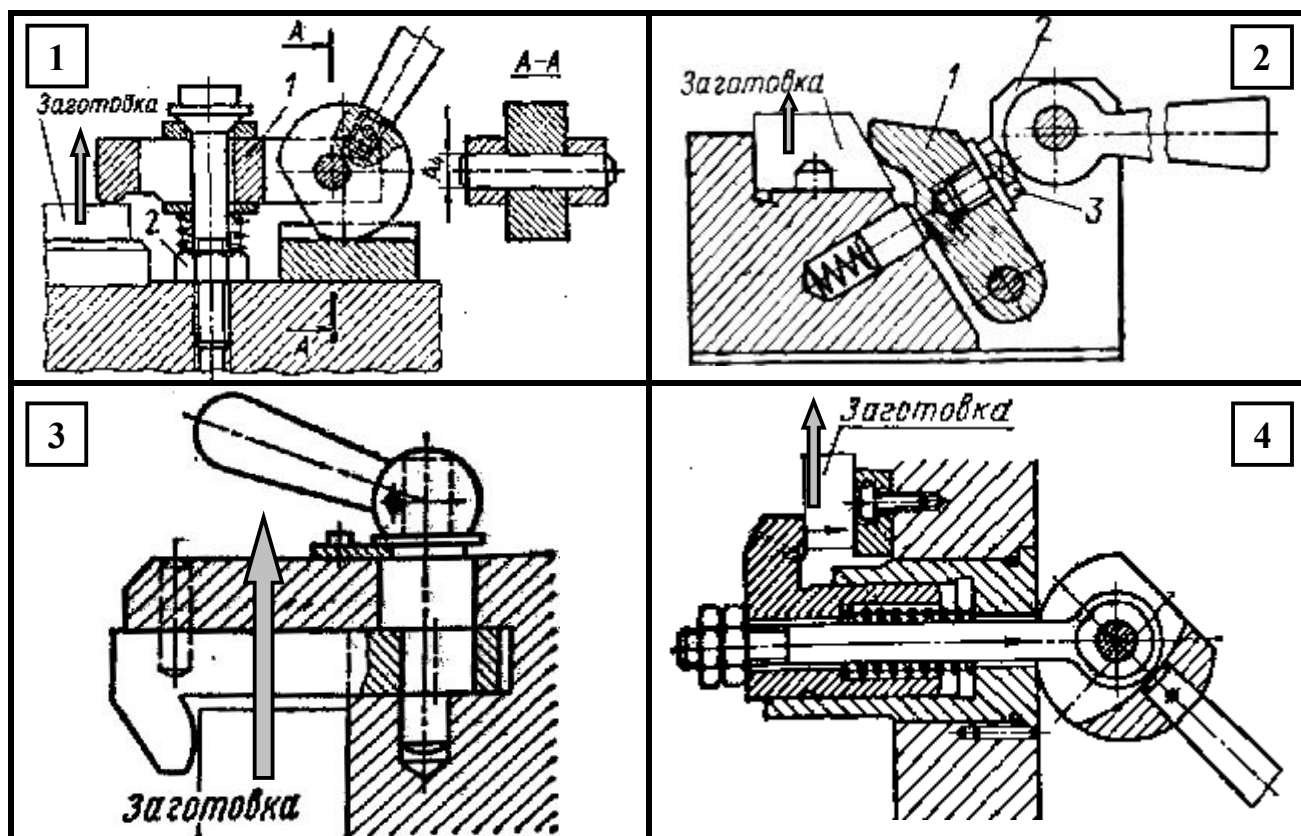
p_b – давление в пневмосети.

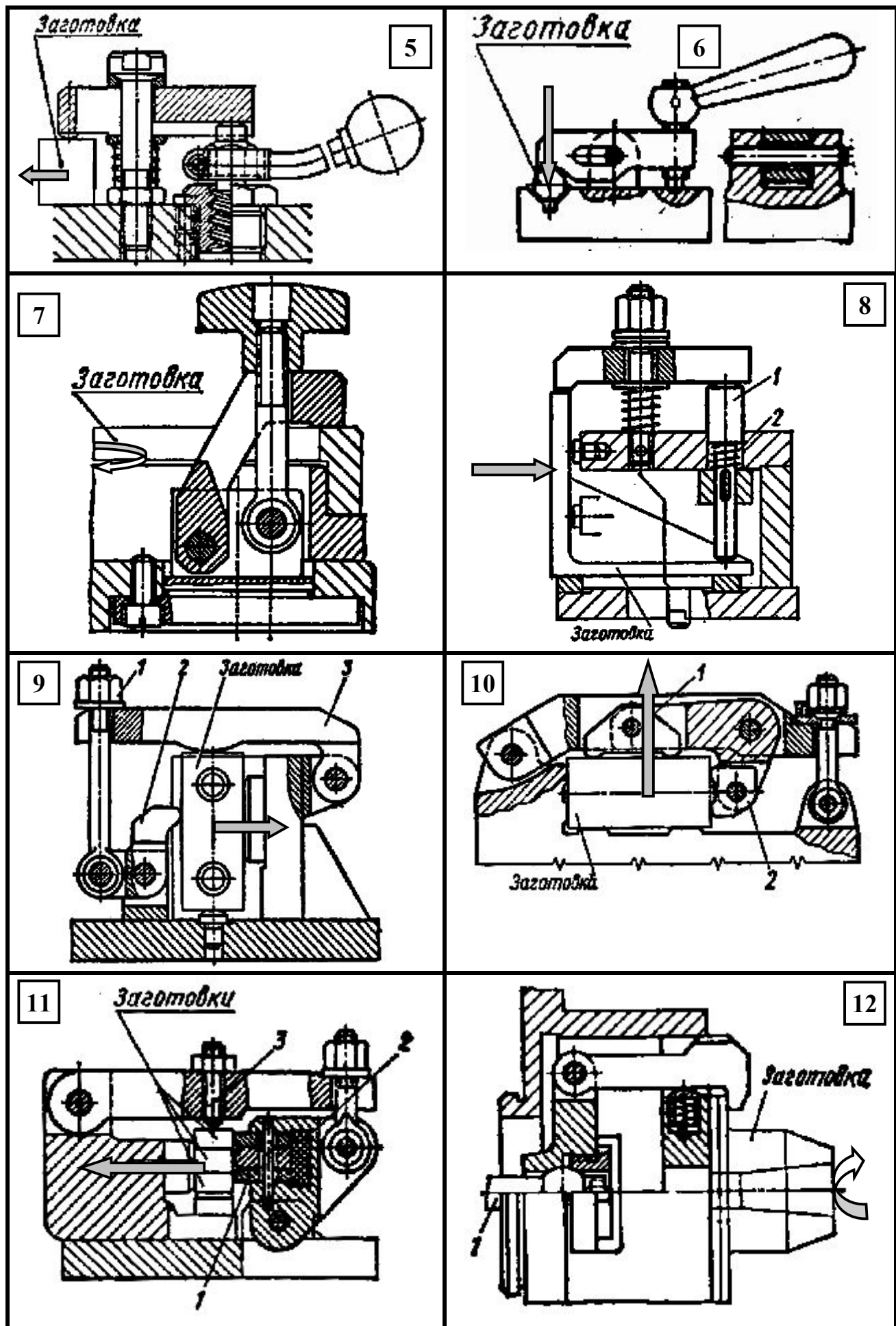
3. При выводе формулы учитывать:
 - а. трение во всех звеньях привода, передаточного и зажимного механизма
 - б. усилия возвратных пружин.
4. Особое внимание уделить составлению уравнений равновесия звеньев зажимного, передающего механизма и привода.
5. Проверку правильности вывода формулы проводить, принимая коэффициенты трения скольжения и качения равными нулю.

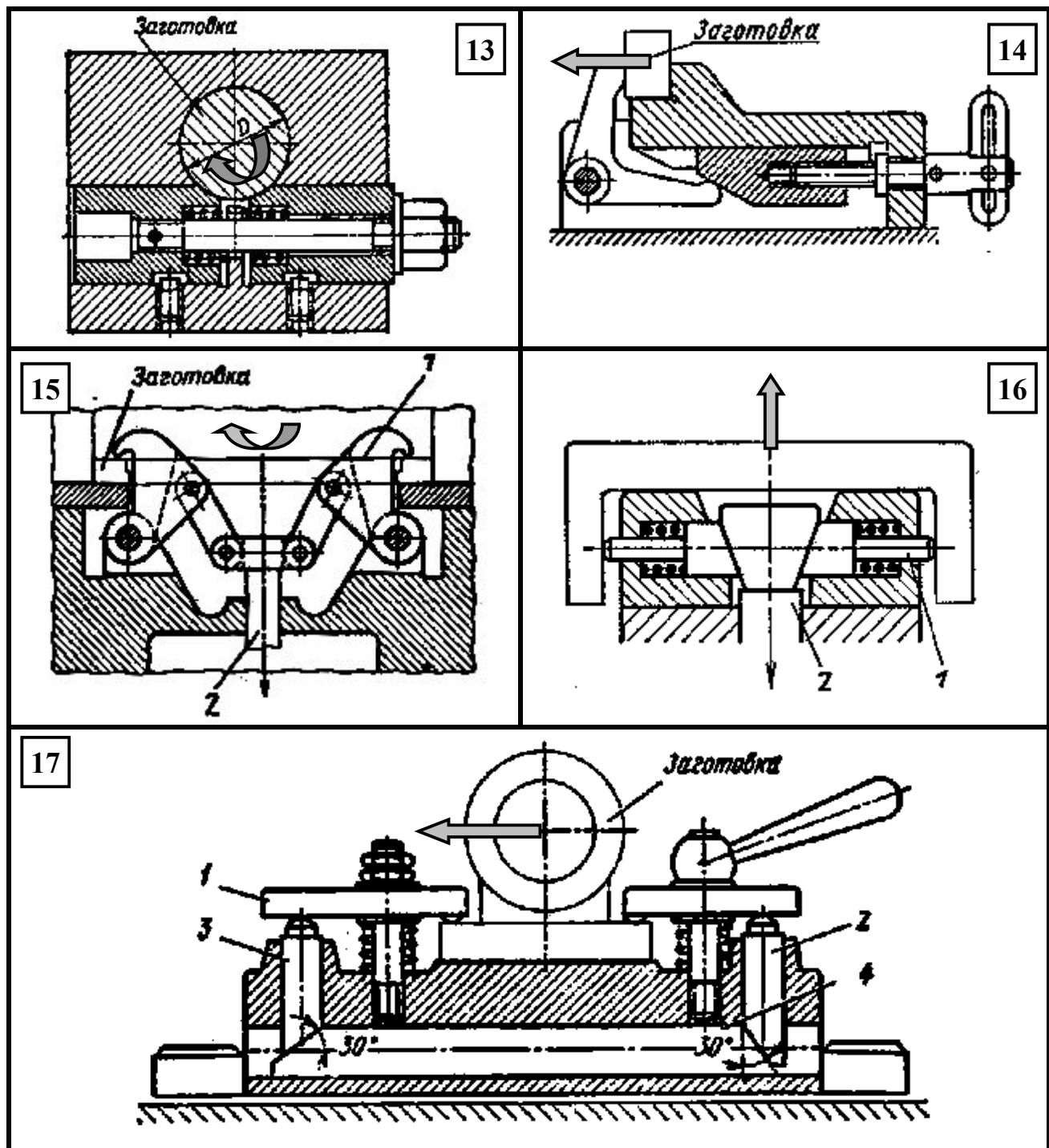
Вариант задания выбирать в соответствии с таблицей 1.

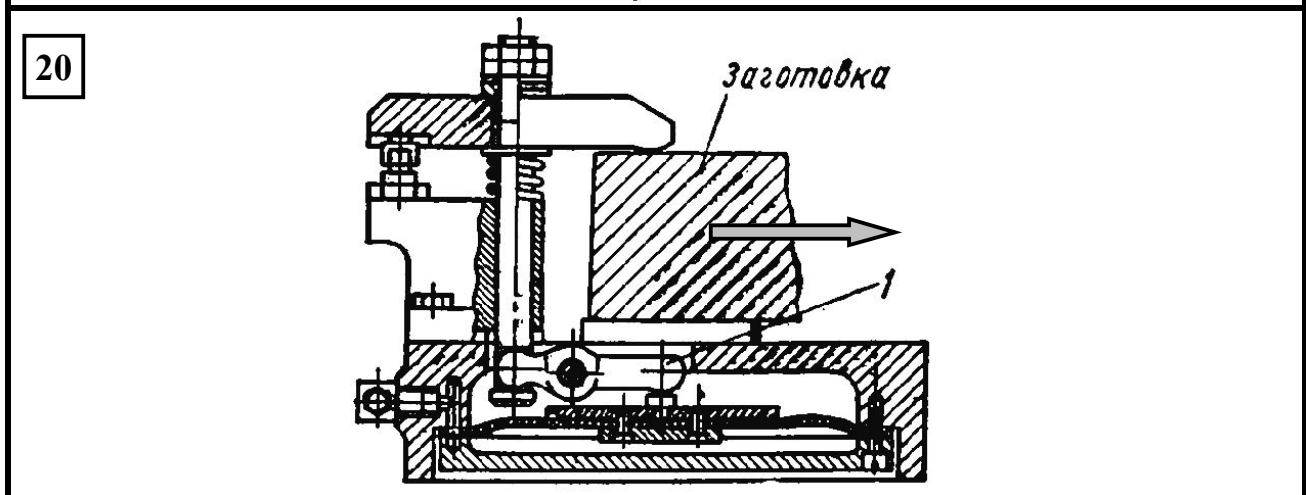
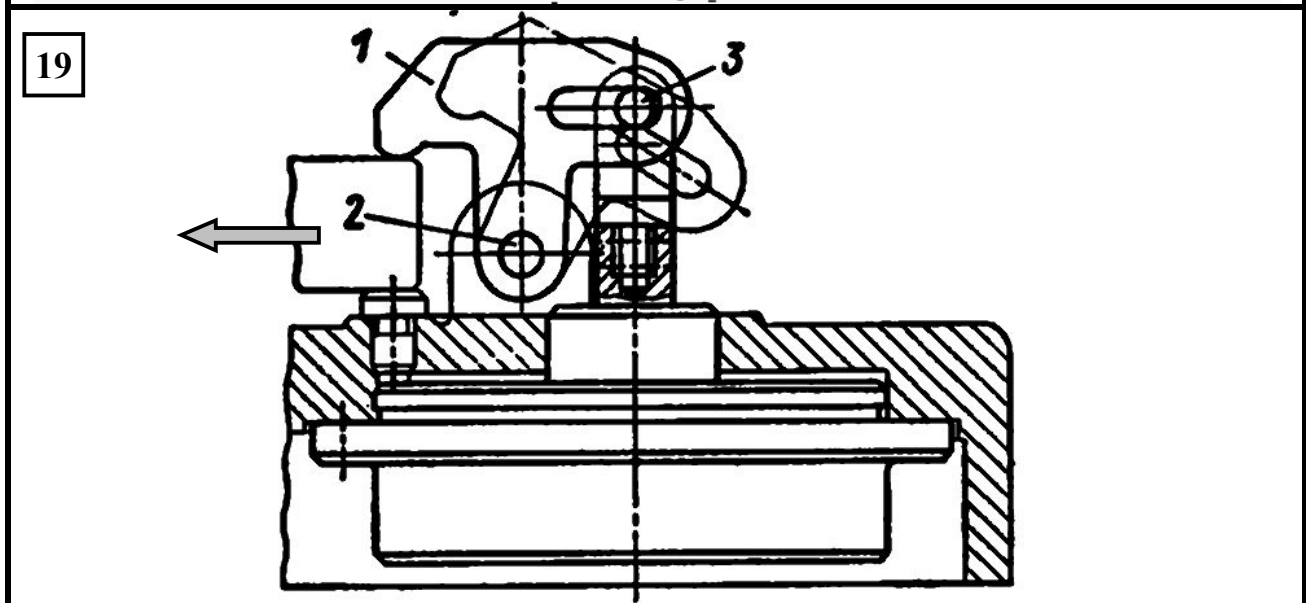
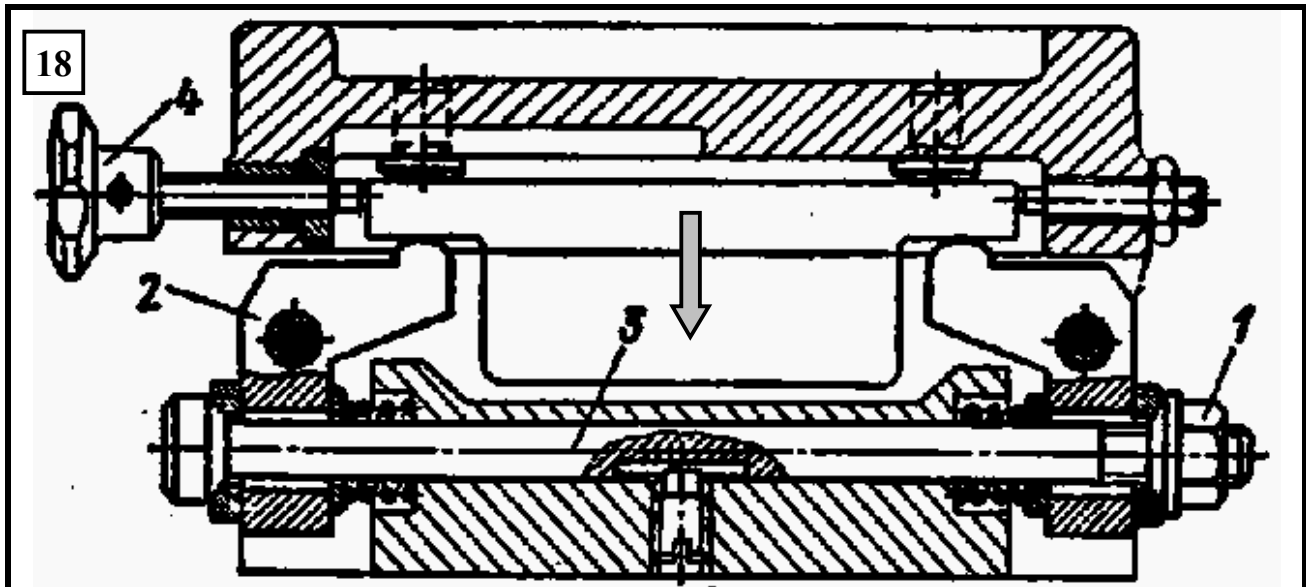
Таблица 1 – Выбор номера варианта по двум последним цифрам номера зачетки

		Десятки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Единицы	0	16	4	23	9	9	3	2	23	8	17
	1	23	12	2	6	14	21	16	16	19	17
	2	15	19	16	10	1	15	4	10	16	7
	3	16	9	24	7	22	21	4	1	12	18
	4	7	7	14	13	22	12	7	20	17	23
	5	6	10	3	9	11	24	20	6	13	13
	6	16	16	10	3	15	15	20	7	13	17
	7	1	18	7	19	12	22	6	9	4	12
	8	17	1	11	16	1	8	14	6	5	10
	9	3	19	16	17	2	18	3	6	4	15

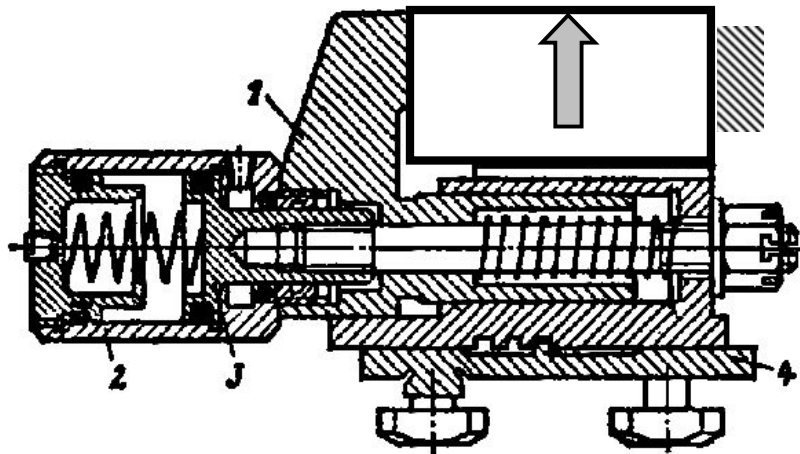




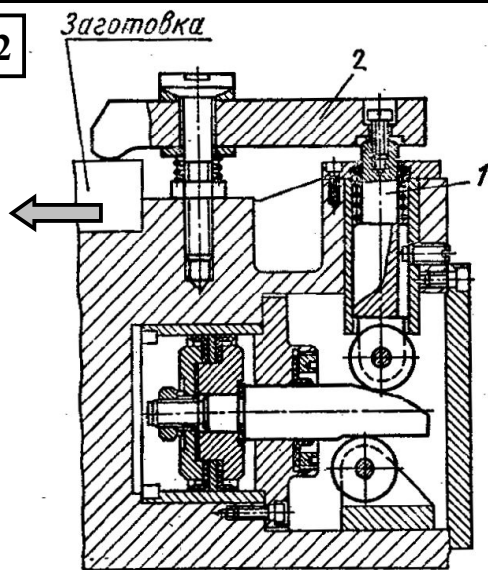




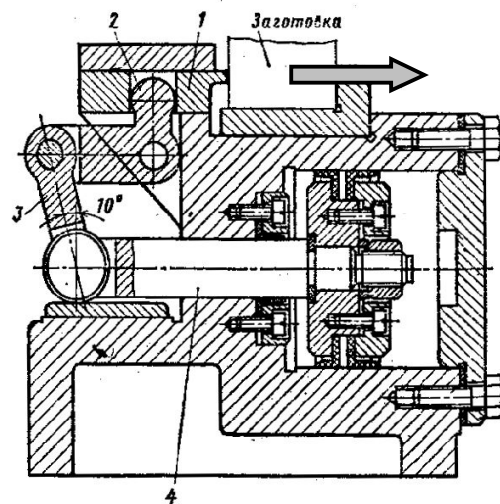
21



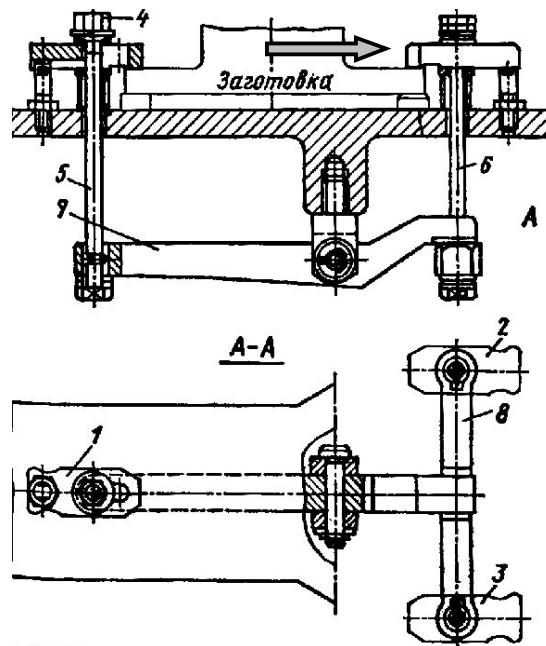
22



23



24



6. Пример выполнения контрольной работы

Необходимо получить расчетную формулу для определения диаметра пневмоцилиндра в соответствии для приспособления, схема которого приведена на рисунке 1.

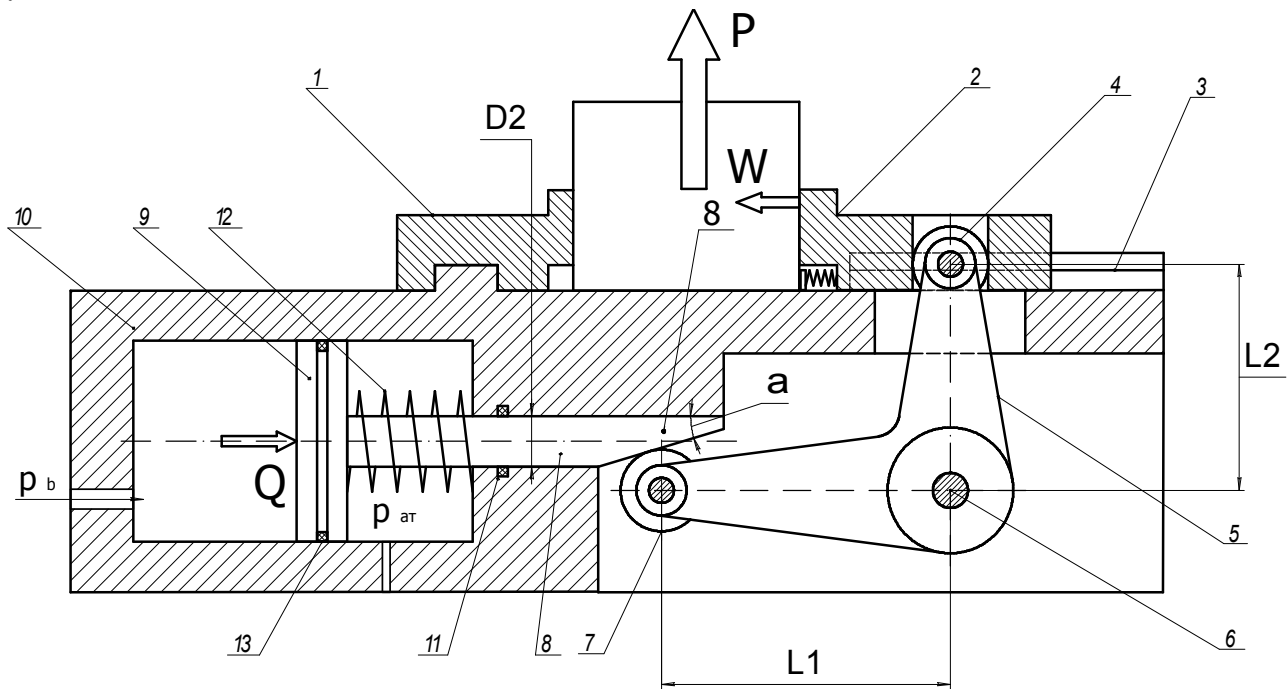


Рисунок 1 - Схема приспособления

6.1. Определение усилия зажима

Расчетная схема приведена на рисунке 2.

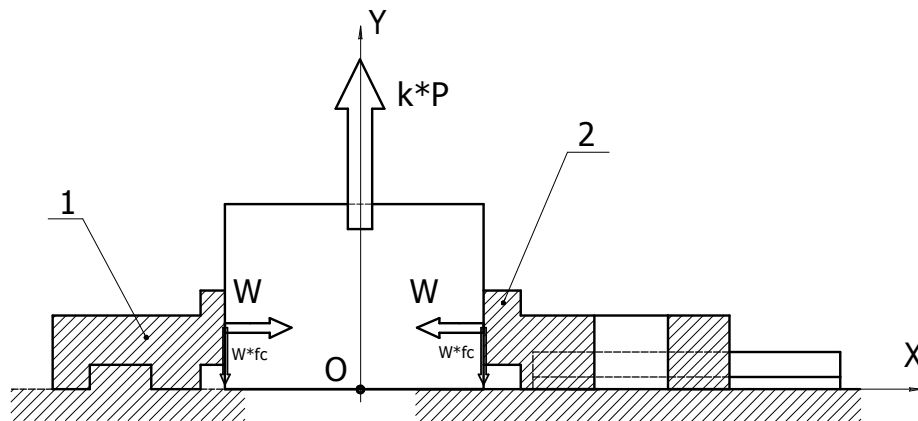


Рисунок 2 - Схема для расчета усилия зажима

Для обеспечения надежного закрепления увеличиваем силу резания P в k раз. При этом множитель $k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$ — коэффициент надежности закрепления.

Неизменность положения детали в процессе обработки достигается при выполнении условия ее равновесия под действием всех приложенных к ней сил и крутящих моментов.

Поскольку рассматриваемое приспособление представляет собой плоский механизм, то, в общем виде, это условие запишется так:

Со стороны обрабатываемой детали на нее действует сила реакции детали $N1$ равная по модулю, но противоположная по направлению силе зажима W .

Со стороны возвратной пружины – сила $q1$. А со стороны рычажного передающего механизма на губку действует сила $N2$, которую необходимо найти.

Поскольку линии действия сил $N1$, $N2$ и $q1$ не совпадают с продольной осью направляющих губки, то на их рабочих поверхностях появляются силы нормальной реакции $N3$ и $N4$, которые, в свою очередь создают силы трения, направленные вдоль оси X , но противоположно силе $N2$.

Запишем условие равновесия губки под действием всех приложенных к ней сил и создаваемых ими моментов. В качестве точки относительно которой будет составляться уравнение моментов примем точку O_1 , расположенную в центре рабочей части направляющих.

$$\begin{cases} N1 + q1 + N3 \cdot f_c - N2 + N3 \cdot f_c = 0 \\ N1 \cdot f_c - N3 - N2 \cdot f_k + N4 = 0 \\ -N1 \cdot L1 - N1 \cdot f_c \cdot L - q1 \cdot h_0 - N3 \cdot f_c \cdot \frac{h}{2} - N2 \cdot f_k \cdot \frac{a}{2} \\ + N3 \cdot \frac{L3}{3} + N2 \cdot L2 + N4 \cdot \frac{L3}{3} + N4 \cdot f_c \cdot \frac{h}{2} = 0 \end{cases} \quad 5$$

Причем $N1=W$.

В результате решения данной системы уравнений получаем выражение для искомой силы $N2$:

$$N2 = \frac{3f_c^3 h \cdot N1 + 2f_c^2 (3 \cdot L + L3) N1 + 2 \cdot L3 \cdot (N1 + q1) + 6f_c (L1 \cdot N1 + h_0 \cdot q1)}{-3af_c \cdot f_k + 3f_c^2 \cdot f_k \cdot h + 6f_c \cdot L2 + 2 \cdot L3 + 2f_c \cdot f_k \cdot L3} \quad 6$$

Передаточное отношение зажимных губок:

$$w2 = \frac{N2}{N1} = \frac{3f_c^3 h + 2f_c^2 (3 \cdot L + L3) + 2 \cdot L3 \cdot (1 + \rho) + 6f_c (L1 + h_0 \cdot \rho)}{-3af_c \cdot f_k + 3f_c^2 \cdot f_k \cdot h + 6f_c \cdot L2 + 2 \cdot L3 + 2f_c \cdot f_k \cdot L3}, \quad 7$$

где $\rho = \frac{q1}{N1}$ - относительное усилие пружины.

Для проверки полученного выражения примем коэффициенты трения скольжения и трения качения равными нулю:

$$w2|_{f_c=0, f_k=0} = 1 + \rho, \quad 8$$

Расчет передающего механизма

Расчетная схема приведена на рисунке 4.

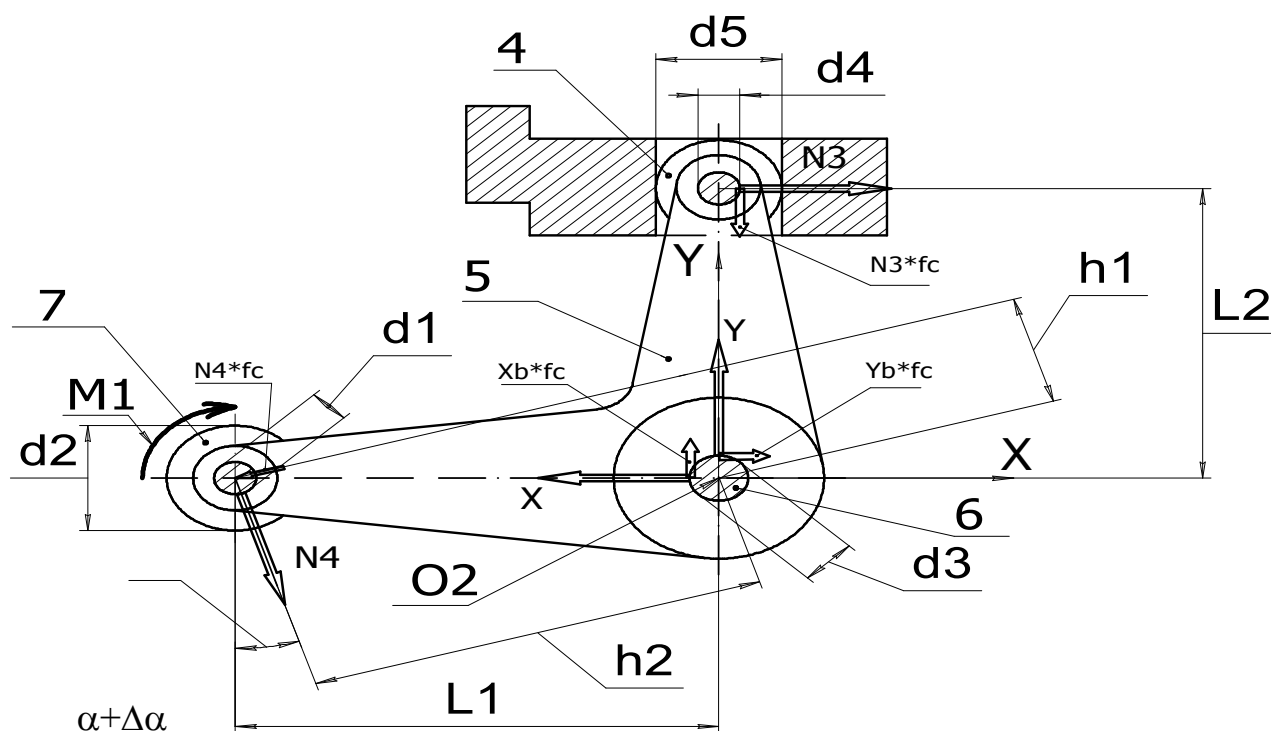


Рисунок 4 - Схема для расчета передающего механизма

Со стороны ролика 4 на рычаг действует реакция N_3 , которая создает силу трения $N_3 \cdot f_c$. Рычаг поворачивается на оси 6. С стороны оси на него действует реакция опоры, представленная двумя составляющими X и Y . Точки их приложения находятся на поверхности контакта оси и рычага. В этих же точках приложены и создаваемые ими силы трения.

Реакция N_4 действует на рычаг со стороны пневматического привода через ролик 7. Она наклонена к оси Y системы координат под углом $\alpha + \Delta\alpha$. И приложена к точке на поверхности оси ролика.

Цель расчета – найти формулу для определения этой силы.

Угол α определяется углом клина пневмопривода (см. рисунки 5 и 6). Угол $\Delta\alpha$ определяется трением качения между роликом и клином пневмопривода (см. рисунок 5).

При составлении уравнений равновесия рычага под действием всех приложенных к нему сил будем использовать систему координат с центром в точке O_2 .

Использовать в уравнении моментов сил относительно точки O_2 реальную точку приложения сил N_2 и вызванной ею силы трения $N_2 \cdot f_c$ неудобно: трудно найти величину ее плеча h_1 .

Поэтому указанная сила трения приведена к оси ролика. Чтобы не произошло изменения картины нагружения рычага, к ней добавлен крутящий момент M , стремящийся повернуть рычаг по часовой стрелке и равный по модулю:

$$M = -N_4 \cdot f_c \cdot \frac{d_1}{2},$$

С учетом этого уравнения равновесия для рычага:

$$\begin{cases} N3 + Y \cdot f_c - X + N4 \cdot \sin(\alpha + \Delta\alpha) - N4 \cdot f_c \cdot \cos(\alpha + \Delta\alpha) = 0 \\ -N3 \cdot f_c - Y + X \cdot f_c - N4 \cdot \cos(\alpha + \Delta\alpha) - N4 \cdot f_c \cdot \sin(\alpha + \Delta\alpha) = 0 \\ -N3 \cdot L2 - N3 \cdot f_c \frac{d4}{2} - Y \cdot f_c \frac{d3}{2} - X \cdot f_c \frac{d3}{2} + N4 \cdot h2 + N4 \cdot f_c \cdot h1 - N4 \cdot f_c \frac{d1}{2} = 0, \end{cases} \quad 10$$

где

$$h1 = L1 \cdot \sin(\alpha + \Delta\alpha);$$

$$h2 = h2 \cdot \cos(\alpha + \Delta\alpha)$$

После подстановки и преобразования решение системы уравнения равновесия:

$$N4 = - \frac{(f_c - 1) \cdot (d4 \cdot f_c + d3 \cdot f_c + 2 \cdot L2) \cdot N3}{(d3 \cdot f_c (1 + f_c) - 2(f_c - 1)L1) \cos(\alpha + \Delta\alpha) + f_c (1 - f_c) (d1 + (d3 - 2 \cdot L1) \sin(\alpha + \Delta\alpha))} \quad 11$$

Передаточное отношение передающего механизма:

$$w3 = \frac{N4}{N3} = - \frac{(f_c - 1) \cdot (d4 \cdot f_c + d3 \cdot f_c + 2 \cdot L2)}{(d3 \cdot f_c (1 + f_c) - 2(f_c - 1)L1) \cos(\alpha + \Delta\alpha) + f_c (1 - f_c) (d1 + (d3 - 2 \cdot L1) \sin(\alpha + \Delta\alpha))} \quad 12$$

Для проверки полученного выражения примем коэффициент трения скольжения равным нулю.

$$w3|_{f_c=0} = \frac{L2}{L1 \cdot \cos(\alpha + \Delta\alpha)}, \quad 13$$

6.3. Расчет ролика

Расчетная схема представлена на рисунке 5.

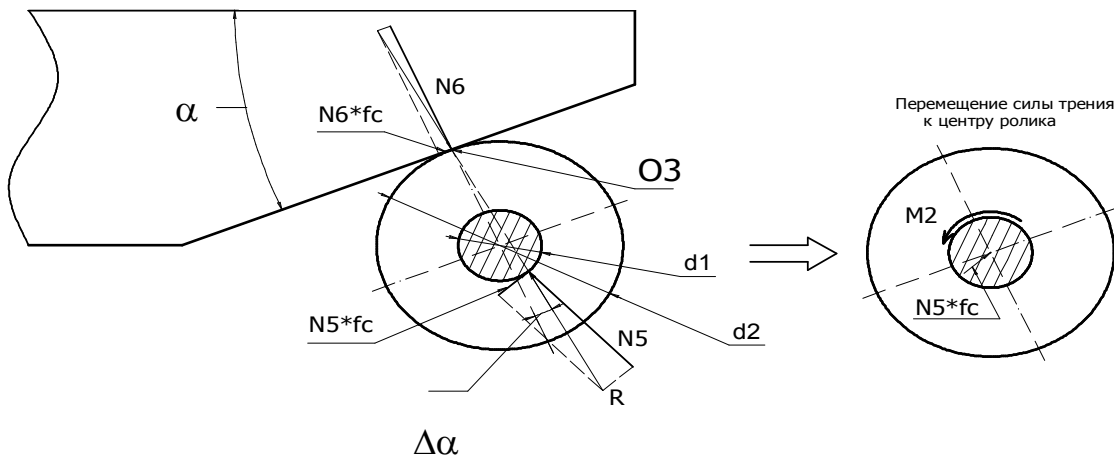


Рисунок 5 - Схема для расчета ролика

Ролик находится в равновесии под действием реакции клина пневмопривода T и реакции передающего механизма R . Так как система находится в равновесии, то силы эти равны по модулю, противоположны по направлению и проходят через одну и ту же точку O_3 .

Сила T появляется в результате сложения силы нормального давления $N6$ и силы трения качения $N6 \cdot f_k$. Сила R – в результате сложения силы нормального давления $N5$ и силы трения скольжения оси в отверстии рычага $N5 \cdot f_c$.

За счет сил трения линия действия реакции $N5$ наклонена относительно нормали к поверхности клина на угол $\Delta\alpha$, который использовался в расчете передающего механизма:

$$\begin{aligned}\Delta\alpha &= \beta + \gamma \\ \operatorname{tg}(\beta) &= \frac{N6 \cdot f_k}{N6} = f_k \\ \operatorname{tg}(\gamma) &= \frac{N5 \cdot f_c}{N5} = f_c\end{aligned}\quad 14$$

Необходимо найти силу $N6$.

Из рисунка 5:

$$\begin{aligned}T &= N6 \sqrt{1 + f_k^2} \\ R &= N5 \sqrt{1 + f_c^2} \\ N6 &= N5 \frac{\sqrt{1 + f_c^2}}{\sqrt{1 + f_k^2}}\end{aligned}\quad 15$$

Передаточное отношение ролика:

$$w4 = \frac{N6}{N5} = \frac{\sqrt{1 + f_c^2}}{\sqrt{1 + f_k^2}}\quad 16$$

6.4. Расчет пневмопривода

Расчетная схема представлена на рисунке 6.

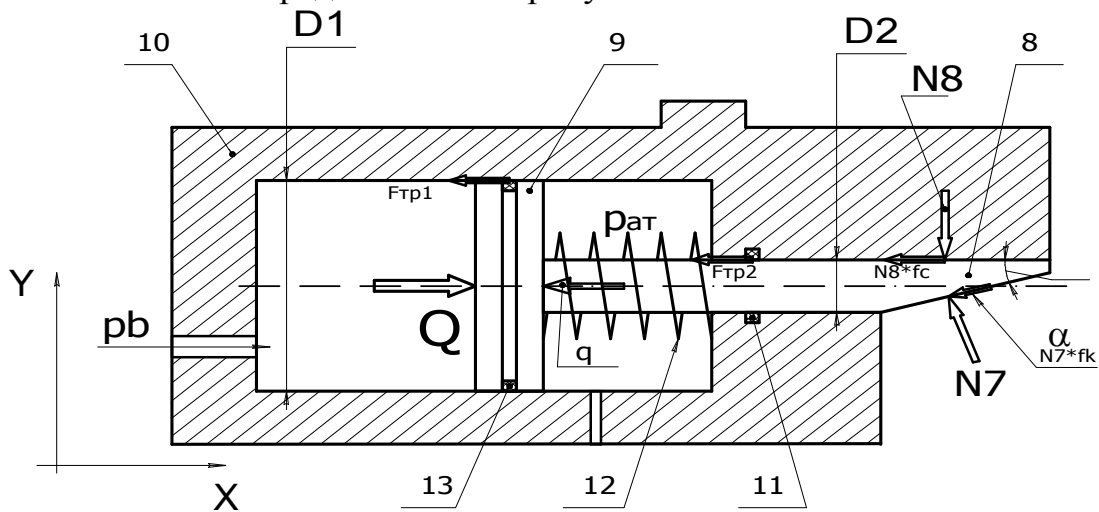


Рисунок 6 - Схема расчета пневмопривода

Необходимо найти диаметр пневмоцилиндра.

Поршень 9 со штоком 8 находится в равновесии под действием всех приложенных к нему сил и моментов.

Сила $N7$ – сила нормальной реакции ролика, равная по модулю силе $N6$.

Силы $Ftr1$ и $Ftr2$ – силы трения уплотнений 11 и 13 пропорциональные периметру уплотнений:

$$\begin{aligned} Ftr1 &= T_k \cdot \pi \cdot D1 \\ Ftr2 &= T_k \cdot \pi \cdot D2, \end{aligned} \quad 17$$

где $D1$ и $D2$ – диаметры поршня и штока;

T_k – удельная сила трения уплотнений;

$D2/D1=\xi$ - постоянное конструктивное отношение диаметров штока и поршня.

Уравнения равновесия:

$$\begin{cases} Q - q - Ftr1 - Ftr2 - N8 \cdot f_c - N7 \cdot \sin(\alpha) - N7 \cdot f_k \cdot \cos(\alpha) = 0 \\ -N8 + N7 \cdot \cos(\alpha) - N7 \cdot f_k \cdot \sin(\alpha) = 0 \end{cases}, \quad 18$$

где $Q = p_b \cdot \pi \frac{D1^2}{4}$;

p_b – давление воздуха в цеховой пневмосети;

q – усилие возвратной пружины 12;

$N8$ – сила реакции направляющей штока.

После преобразований и упрощений:

$$D1 = \frac{2 \left(T_k (1 + \xi) + \frac{\sqrt{\pi T_k^2 (1 + \xi)^2 + p_b \{q + N7 [(f_c + f_k) \cos(\alpha) + (1 - f_c f_k) \sin(\alpha)]\}}}{\sqrt{\pi}} \right)}{p_b} \quad 19$$

С учетом передаточных отношений:

$$D1 = \frac{2 \left(T_k (1 + \xi) + \frac{\sqrt{\pi T_k^2 (1 + \xi)^2 + p_b \{q + P \cdot w1 \cdot w2 \cdot w3 \cdot w4 [(f_c + f_k) \cos(\alpha) + (1 - f_c f_k) \sin(\alpha)]\}}}{\sqrt{\pi}} \right)}{p_b} \quad 20$$

Если трение в уплотнениях и на других поверхностях трения отсутствует ($f_c=f_k=T_k=0$), то

$$D1|_{f_c=0, f_k=0, T_k=0} = D1_0 = 2 \sqrt{\frac{q + P \cdot w1 \cdot w2 \cdot w3 \cdot w4 \cdot \sin(\alpha)}{p_b \cdot \pi}} \quad 21$$