

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ивановская государственная текстильная академия»
(ИГТА)

Кафедра ПТМ

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ

РОВНИЧНЫХ МАШИН

Методические указания

для студентов направления подготовки
151000 *Технологические машины и оборудование*
дневной формы обучения

Иваново 2011

Настоящие методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Основы проектирования оборудования текстильной промышленности» предназначены для студентов направления подготовки 151000 Технологические машины и оборудование, квалификации (степени) бакалавра.

Составители: канд. техн. наук, доц. Р.Р. Алешин,
канд. техн. наук, доц. И.Г. Терентьева

Научный редактор д-р техн. наук, проф. В.А. Суров

Редактор И.Н. Худякова

Корректор К.А. Торопова

Подписано в печать 26.04.2011.

Формат 1/16 60×84. Бумага писчая. Плоская печать.

Усл. печ. л. 0,93. Уч.- изд. л. 0,89. Тираж 50 экз.

Заказ №

Редакционно-издательский отдел
Ивановской государственной текстильной академии
Копировально-множительное бюро
153000 г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 21

1. Назначение ровничной машины и условия наматывания

Лента, полученная с ленточных машин, является продуктом готовым к прядению, но для того, чтобы получить из ленты пряжу на машинах кольцевого способа прядения, её необходимо утонить в 200 и более раз. Вытяжные приборы кольцевых прядильных машин не могут обеспечить такое утонение. Поэтому возникает необходимость в изготовлении промежуточного продукта, линейная плотность и структура которого позволяла бы выработать пряжу. Таким промежуточным продуктом является ровница, получаемая на ровничных машинах, а процесс её получения называется предпрядением.

Сущность процесса предпрядения состоит в утонении ленты до требуемой линейной плотности в вытяжном приборе ровничной машины, формировании ровницы с помощью небольшого кручения и наматывании её на катушку для транспортировки и дальнейшего использования на кольцевой прядильной машине [1].

При работе ровничной машины должны выполняться три условия:

1. При формировании паковки необходимо соблюдать следующие зависимости:

$$n_0 = n_{кат} - n_{вер}; \quad v_{вып} = \pi d_n (n_{кат} - n_{вер});$$

$$n_n = \frac{v_{вып}}{\pi d_n}; \quad n_n = n_0; \quad n_{кат} = n_{вер} + \frac{v_{вып}}{\pi d_n},$$

где n_0 – частота наматывания, 1/мин;

$n_{кат}$, $n_{вер}$ – частоты вращения катушки и веретена, 1/мин;

$V_{вып}$ – скорость выпуска мычки из вытяжного прибора, м/мин;

d_n – диаметр намотки;

n_n – частота наматывания, рассчитанная из условия постоянства скорости выпуска, 1/мин.

Если учесть, что наматывание ровницы происходит за счет превышения частоты вращения катушки над частотой вращения веретена, то условие наматывания (при $v_{\text{вып}}=v_n$) можно выразить уравнением:

$$v_n = \pi d_n (n_k - n_{\text{вер}}),$$

где v_n – скорость наматывания ровницы на катушку, м/мин.

Следовательно, частота вращения катушки по мере наработки съема (при увеличении диаметра намотки) должна уменьшаться, приближаясь к скорости вращения веретена, так как диаметр наматывания увеличивается, а скорость выпуска остается постоянной. Для выполнения этого условия используется вариатор скоростей для создания переменной составляющей скорости вращения и дифференциальный механизм, складывающий постоянную частоту вращения от главного вала и переменную от вариатора.

2. С целью получения паковки с постоянной плотностью намотки необходимо выполнять следующее условие:

$$v_{\text{кар}} = \frac{v_{\text{вып}} h}{\pi d_n},$$

где $v_{\text{кар}}$ – скорость подъема каретки, м/мин;

h – толщина ровницы, м;

$\frac{v_{\text{вып}}}{\pi d_n}$ – число витков, наматываемых в минуту.

Скорость возвратно-поступательного движения каретки должна уменьшаться при увеличении диаметра намотки.

3. Для обеспечения формы паковки в виде цилиндра с усеченными конусами на концах необходимо уменьшать размах каретки при наматывании каждого последующего слоя ровницы:

$$H_0 \succ H_i \dots \succ H_k.$$

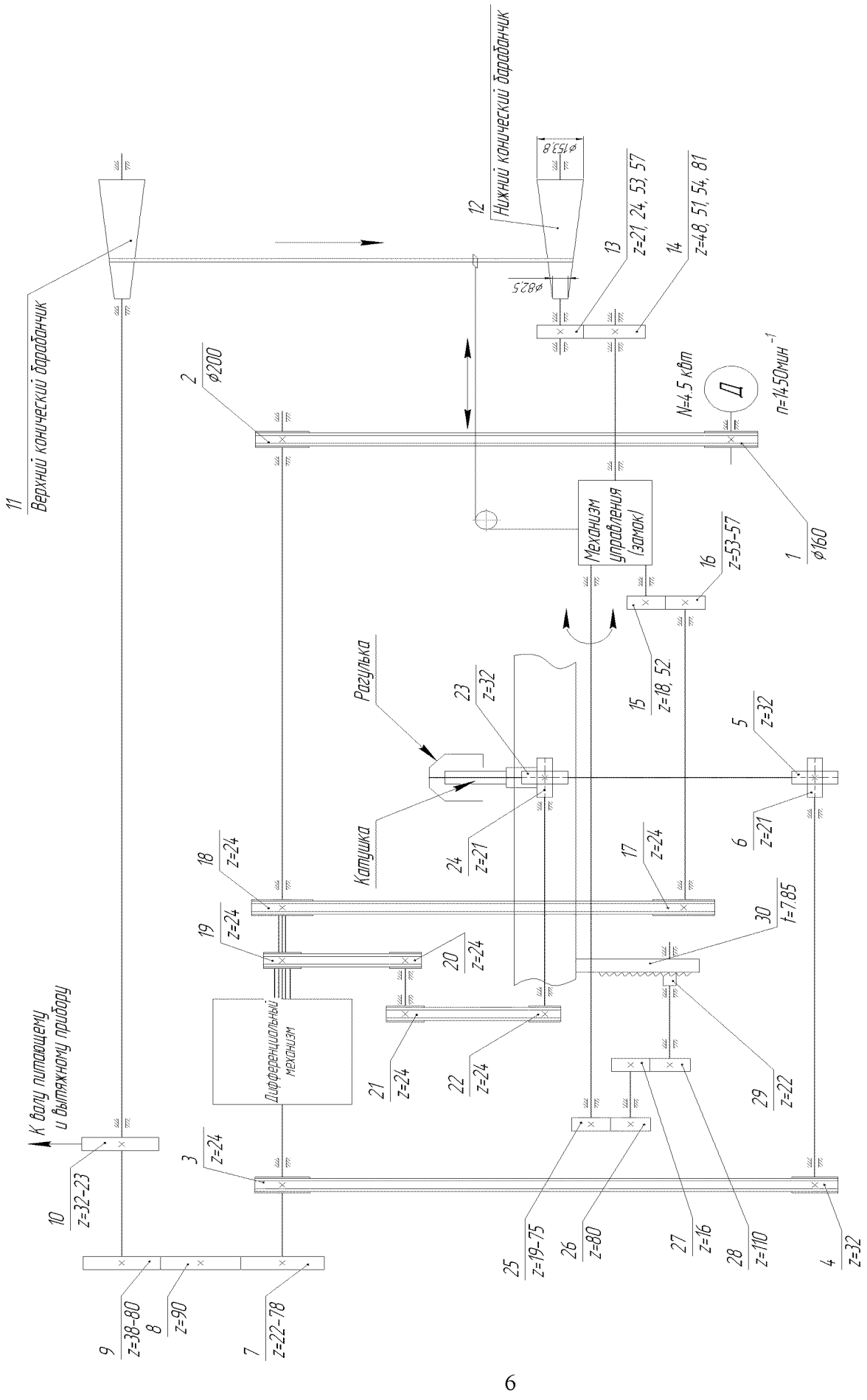


Рис. 1. Упрощенная кинематическая схема ровничной машины

Для выполнения второго и третьего условий используется механизм управления наматыванием (замок), который также изменяет передаточное отношение вариатора, для выполнения первого условия наматывания.

Упрощенная схема взаимодействия исполнительных механизмов ровничной машины приведена на рис. 1.

2. Назначение и технические требования, предъявляемые к дифференциальному механизму

Назначение дифференциального механизма состоит в сложении постоянной и переменной частот вращения и передачи суммарной частоты вращения катушкам, в соответствии с первым условием наматывания ровницы. Постоянную часть катушки получают от главного вала машины. В дифференциальном механизме к этой части прибавляется переменная часть, поступающая от вариатора скорости.

Кроме того, наличие дифференциала значительно разгружает ремень на коноидах и облегчает его работу, так как большая часть мощности, необходимой для вращения катушек, передается главным валом, а не ремнем. Вариатор должен передать катушкам только ту часть мощности, которая соответствует изменению скорости в связи с изменением диаметра намотки. Введение дифференциала позволяет также передать движение каретке и катушкам от одного вариатора [2].

Основные технические требования к конструкциям дифференциалов ровничных машин:

- 1) кинематическая схема и конструкции должны быть простыми;
- 2) использование цилиндрических колес вместо конических (при последних возникают дополнительные осевые усилия, увеличивающие трение);

3) относительные угловые скорости звеньев должны быть наименьшими (при вращении звеньев в одном направлении уменьшается трение и износ);

4) крутящие моменты (статические и динамические), необходимые для вращения катушек, должны быть распределены между главным валом и коноидами так, чтобы момент, передаваемый коноидами, был по возможности меньшим для разгрузки ремня;

5) доля мощности, передаваемая коноидами от общей мощности, потребляемой катушками при установившемся и неустановившемся режиме работы машины, должна быть наименьшей для разгрузки ремня на коноидах;

6) коэффициент полезного действия всего дифференциала должен быть высоким;

7) дифференциал должен быть статически и динамически уравновешен;

8) габариты дифференциала должны быть наименьшими;

9) моменты инерции звеньев механизма должны быть наименьшими.

3. Дифференциальный механизм

Дифференциальный механизм является механизмом планетарного типа, так как отдельные зубчатые колеса вращаются не только вокруг своих осей, но и перемещаются в пространстве, вращаясь вокруг общей оси механизма. На ровничных машинах такой осью является ось главного вала машины. Каждый дифференциальный механизм имеет солнечные колеса. Эти колеса вращаются только вокруг своих осей. Кроме них механизм имеет так называемые планетарные шестерни или сателлиты, вращающиеся вокруг своих осей и совершающие планетарное движение. Планетарное движение они совершают благодаря тому, что оси их закреплены в детали, вращающейся вокруг оси механизма и называемой водилом.

Частоты вращения в дифференциальном механизме складываются, так как сателлиты, во-первых, вращаются относительно своих осей за счет взаимодействия с ведущим или ведомым колесом, а, во-вторых, они

вращаются за счет перекатывания по ведущей или ведомой шестерне при планетарном движении.

На рис. 2 показан один из вариантов дифференциального механизма ровничной машины. Центральное зубчатое колесо «А» с внутренним зацеплением жестко закреплено на главном валу машины и, следовательно, получает постоянную частоту вращения от двигателя и является ведомым. Колесо «А» вносит в механизм постоянную составляющую скорости вращения катушек. Два планетарных колеса «В» находятся в зацеплении как с ведущим колесом «А», так и с ведущим колесом «С», расположенным на втулке. На этой же втулке закреплен блок «D», получающий переменную часть частоты вращения катушек от вариатора. Оси планетарных колес закреплены на водиле «Е», установленном на второй втулке, посаженной на втулке ведущего колеса «С». Обе втулки могут вращаться независимо одна от другой и независимо от главного вала машины. На одной втулке с водилом закреплен блок «F», от которого суммарная частота вращения передается катушкам.

Все вращающиеся детали механизма смонтированы на шариковых подшипниках, что уменьшает расход энергии, требуемый для вращения механизма. Механизм заключен в герметичный корпус, хорошие условия смазки обеспечивают длительную надежную работу механизма.

Передаваемая катушкам частота вращения n_k равна частоте вращения водила, так как на водиле складываются постоянная и переменная части частоты вращения катушек:

$$n_k = (n_{г.в.} + n_B i^{(H)}) / (1 + i^{(H)}),$$

где $n_{г.в.}$ — частота вращения главного вала машины;

n_B — частота вращения ведущей шестерни, получаемая ею от вариатора;

$i^{(H)}$ — передаточное отношение рядовой зубчатой передачи в предположении неподвижности водила.

Суть кинематического анализа дифференциального механизма заключается в определении частоты вращения ведомого звена в зависимости от заданных частот вращения двух других звеньев. При этом механизм рассматривают как обычную зубчатую передачу. В дифференциальном механизме описываемой конструкции ведущее зубчатое колесо имеет 32 зуба, а ведомое — 96 зубьев. Следовательно, передаточное отношение этого механизма

$$i^{(H)} = 32/96 = 0,333.$$

Движение от дифференциального механизма передается прутковому валу верхней каретки, от которого получают движение катушки. Прутковый вал верхней каретки перемещается вверх и вниз вместе с ней. Таким образом, необходимо передавать движение от дифференциального механизма, который не перемещается в пространстве, перемещающемуся прутковому валу. Для этого применен механизм перекидки.

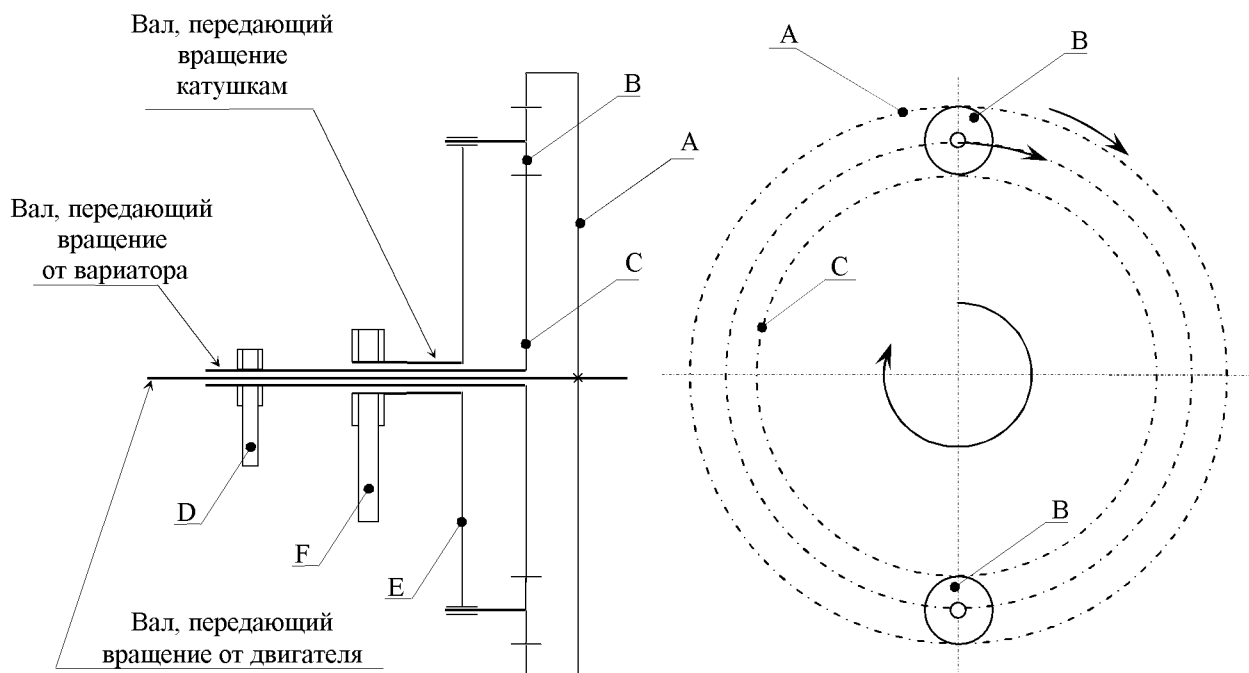


Рис. 2. Дифференциальный механизм

Дифференциальные механизмы можно разделить на три типа:

1. Водило передает движение катушкам. Одно центральное колесо жестко закреплено на главном валу, другое – свободно на нем вращается, получая движение от коноидов.

2. Водило жестко закреплено на главном валу. Одно центральное колесо получает движение от коноидов, другое – передает вращение катушкам.

3. Водило получает движение от коноидов. Одно центральное колесо жестко закреплено на главном валу, другое – передает вращение катушкам.

4. Примеры кинематического анализа дифференциальных механизмов

Скорости вращения главного вала и зубчатого колеса, принимающего движение от конических барабанчиков, определяются из кинематического расчета ровничной машины. Скорость вращения зубчатого колеса, получающего движение с конических барабанчиков, $n_{к.б.}=150$ (1/мин), частота вращения главного вала $n_{г.в.}=500$ (1/мин).

Дифференциальный механизм 1 (рис. 3).

Все центральные колеса вращаются в одну сторону. Передаточное отношение при остановленном водиле:

$$i_{4-1}^{(H)} = \frac{w_4 - w_H}{w_1 - w_H} = \frac{n_4 - n_H}{n_1 - n_H} = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4} \times (-1)^k;$$

$$k = 1;$$

где w – угловая скорость, c^{-1} ;

k – число внешних зацеплений.

Частота вращения водила, передающего вращение на катушки:

$$i_{4-1}^{(H)} = \frac{n_4 - n_H}{n_1 - n_H}; \quad i_{4-1}^{(H)} n_1 - i_{4-1}^{(H)} n_H = n_4 - n_H;$$

$$n_H = -\frac{i_{4-1}^{(H)}}{1 - i_{4-1}^{(H)}} n_1 + \frac{1}{1 - i_{4-1}^{(H)}} n_4.$$

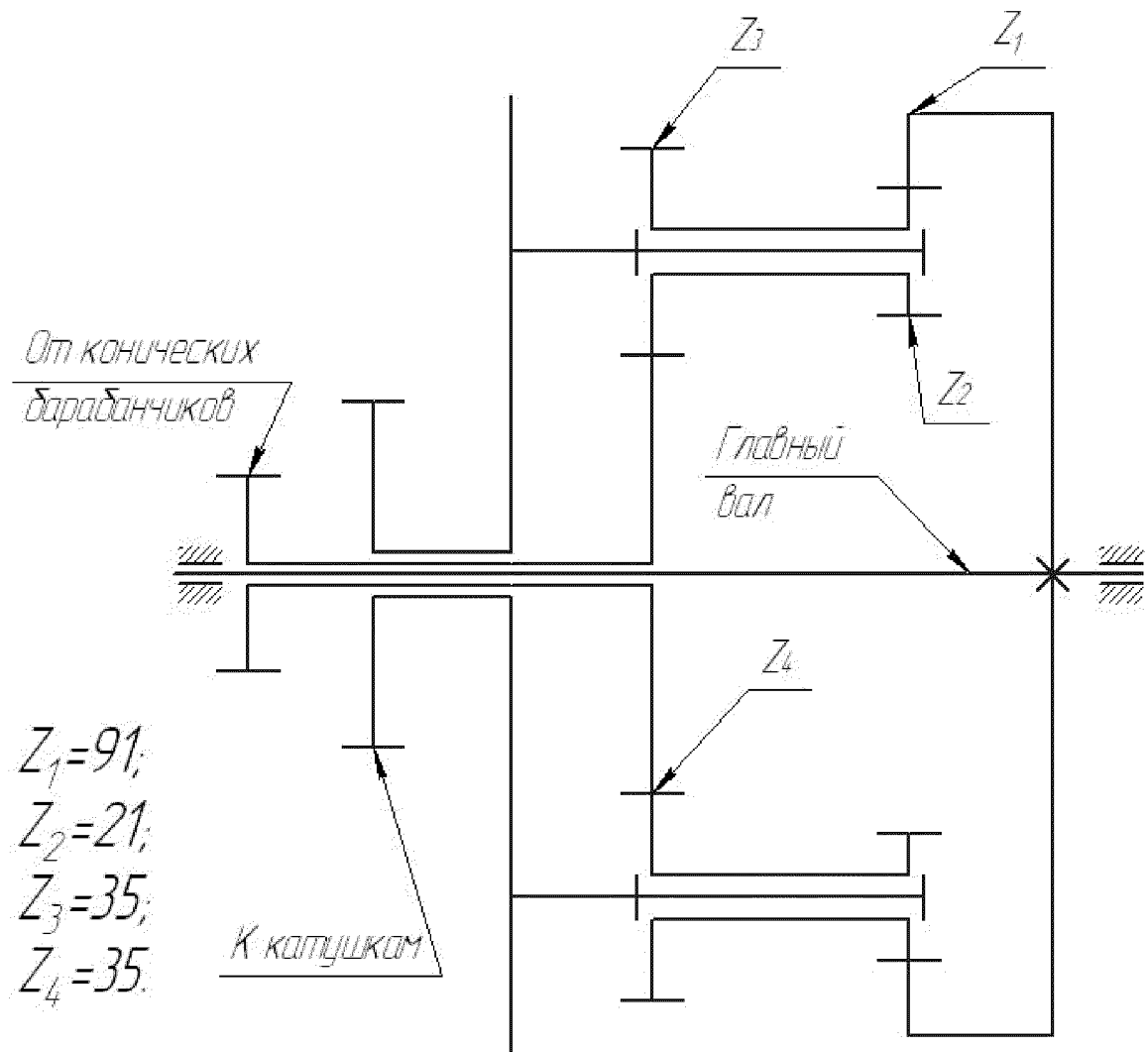


Рис. 3. Дифференциальный механизм 1 типа

Дифференциальный механизм 2 (рис. 4). Передаточное отношение при остановленном водиле:

$$i_{1-6}^{(H)} = \frac{w_1 - w_H}{w_6 - w_H} = \frac{n_1 - n_H}{n_6 - n_H};$$

$$i_{1-6}^{(H)} = \frac{Z_6}{Z_5} \times \frac{Z_4}{Z_3} \times \frac{Z_2}{Z_1} \times (-1)^k;$$

$$k = 2.$$

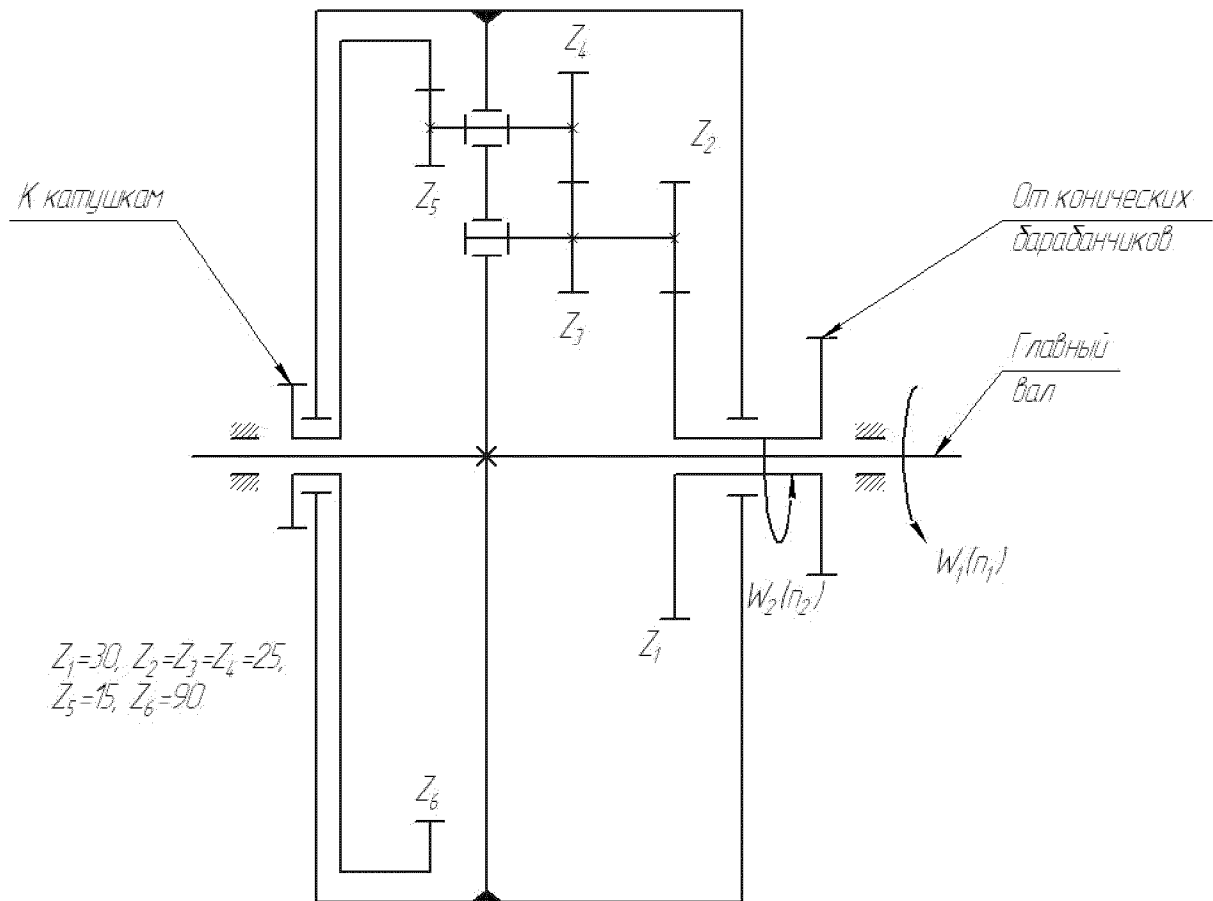


Рис. 4. Дифференциальный механизм 2 типа

Дифференциальный механизм 3 (рис. 5). Передаточное отношение при остановленном водиле:

$$i_{1-4}^{(H)} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_4 - \omega_H} = \frac{n_1 - n_H}{n_4 - n_H};$$

$$i_{1-4}^{(H)} = \frac{Z_4}{Z_3} \times \frac{Z_2}{Z_1}.$$

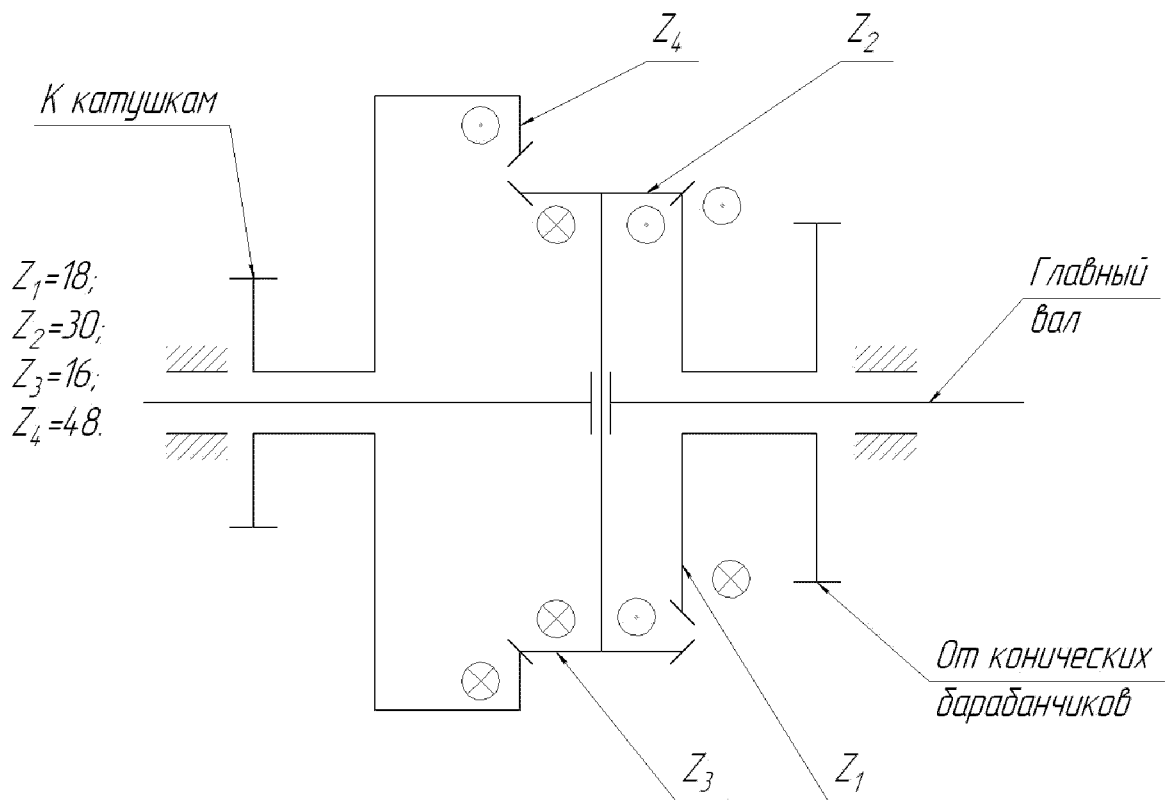


Рис. 5. Дифференциальный механизм 2 типа системы Твидельс

Дифференциальный механизм 4 (рис. 6).

Все центральные колеса вращаются в одну сторону. Передаточное отношение при остановленном водиле:

$$i_{1-3}^{(H)} = \frac{w_1 - w_H}{w_3 - w_H} = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H};$$

$$i_{1-3}^{(H)} = \frac{Z_3}{Z_2} \times \frac{Z_2}{Z_1} \times (-1)^k = \frac{Z_3}{Z_1} \times (-1)^k;$$

$$k=1.$$

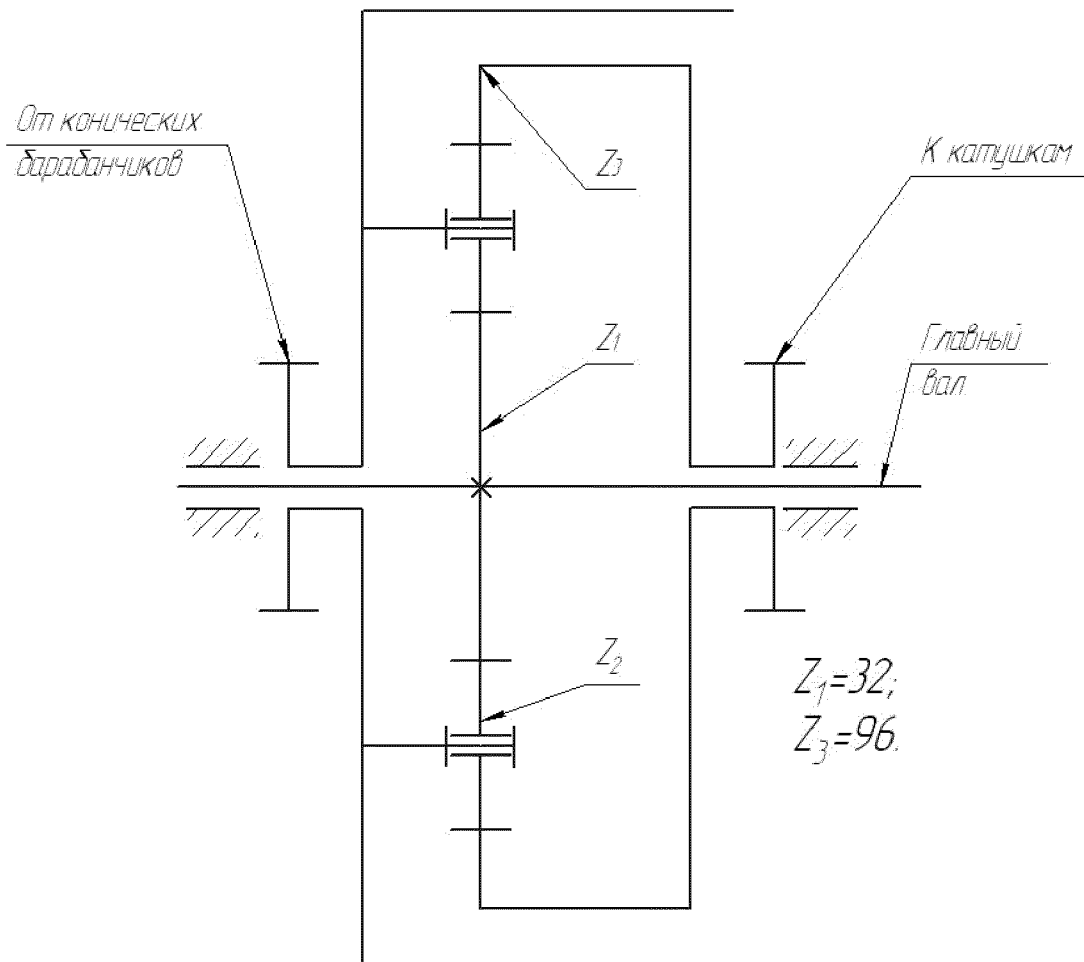


Рис. 6. Дифференциальный механизм 3 типа

Дифференциальный механизм 5 (рис. 7). Передаточное отношение при остановленном водиле:

$$i_{4-1}^{(n)} = \frac{w_4 - w_H}{w_1 - w_H} = \frac{n_4 - n_H}{n_1 - n_H};$$

$$i_{4-1}^{(n)} = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_2}{Z_4} \times (-1)^k;$$

$$k = 1.$$

В дифференциалах, изображенных на рисунках 3, 6 и 7, используются два сателлита, расположенных симметрично, для разгрузки зубчатой передачи.

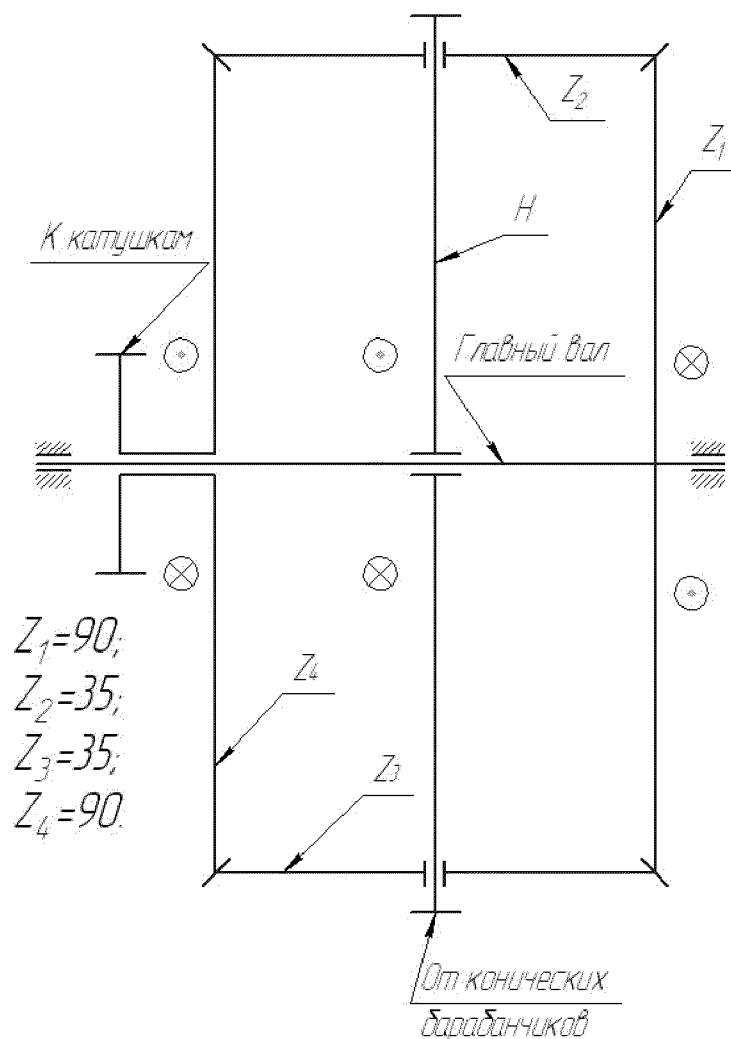


Рис. 7. Дифференциальный механизм 3 типа (механизм Гудсворта)

5. Практическая часть

Цель работы: ознакомиться с конструкционным исполнением дифференциальных механизмов и получить практические навыки выполнения кинематических схем и определения передаточного отношения для них.

Содержание работы:

- Рассмотреть конструкции дифференциальных механизмов.
- Определить количество зубьев зубчатых колес.
- Зарисовать кинематические схемы механизмов.
- Определить тип механизма и рассчитать передаточное отношение в предположении остановленного водила.

По кинематической схеме ровничной машины, выданной преподавателем, определить скорости вращения вала, передающего движение катушкам, и скорость вращения катушек при крайних положениях ремня на коноидах для одного дифференциального механизма.

Отчет о лабораторной работе должен содержать цель работы, краткие сведения о назначении дифференциальных механизмов и требованиях, предъявляемых к их конструкции. Кинематический анализ необходимо представить в виде таблицы.

Таблица отчета о лабораторной работе.

Кинематическая схема дифференциального механизма и её описание	Тип дифференциального механизма...
	Z1=
	Z2=
	... Zn=
Расчет передаточного отношения (с приведением аналитического вывода зависимости)	Передаточное отношение
	$i^H=...$
Расчет входных величин по кинематической схеме	Входные скорости вращения
	Выходная скорость вращения

6. Список литературы

1. Башков, А.П. Технология и оборудование текстильного производства Ч. 1. Производство пряжи и нитей [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.П. Башков, Г.В. Башкова, В.Д. Фролов. - Иваново: ИГТА, 2006.—436с.
2. Эфрос, Л.Е. Механика и конструктивные расчеты ровничных машин [Текст] / Л.Е. Эфрос. - М.: Машиностроение, 1967. — 200 с.
3. Теория механизмов и машин [Текст] / под ред. К.Ф. Фролова. - М.: Высшая школа, 1987.
4. Зиновьев, В.А. Курс теории механизмов и машин [Текст] / В.А. Зиновьев. - М.: Наука, 1972.