

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 05.06.2023 22:27:26
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


О.Г. Локтионова

« 30 » 05



ИССЛЕДОВАНИЕ ФРИКЦИОННОГО МЕХАНИЗМА

Методические рекомендации
по выполнению лабораторной работы по дисциплине
ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН
для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов»

Курск 2023

УДК 621.(076.1)

Составители: С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *П.А. Безмен*

Исследование фрикционного механизма: Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы по дисциплине: Теория механизмов и машин / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын – Курск, 2023. – с. 16.

Содержат сведения по вопросам выполнения лабораторной работы студентов, подготовке и оформлению отчетных материалов.

Предназначены для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 6,16. Уч.-изд. л. 5,58.

Тираж 30 экз. Заказ 524. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Общие сведения о фрикционных передачах.....	5
2. Общие сведения о ременных передачах	8
3. Основные характеристики фрикционной передачи.....	11
4. Порядок выполнения работы.....	13
5. Контрольные вопросы.....	14
Библиографический список	15

ВВЕДЕНИЕ

Теория механизмов и машин (ТММ) – наука об общих методах исследования свойств механизмов и машин и проектирования их схем – крайне необходима при решении проблем, возникающих при развитии и продвижении продукции такой отрасли, как машиностроение.

Поэтому дисциплина теория механизмов и машин является неотъемлемой частью при обучении на технических специальностях, а также данная дисциплина способствует освоению и развитию таких навыков у студентов, как: исследование и проектирование механизмов машин, понимание принципов преобразования движения с помощью механизмов, нахождение оптимальных параметров механизмов по заданным условиям работы и т.п.

Фрикционная передача – передаточный механизм, располагающийся в приводах машин. Она используется для трансформации механической энергии по частоте вращения и передаваемым усилиям. Они позволяют осуществлять бесступенчатое регулирование скорости и отличаются высоким КПД. Фрикционные механизмы изучаются технической механикой и используются в промышленности.

Лабораторная работа «ИССЛЕДОВАНИЕ ФРИКЦИОННОГО МЕХАНИЗМА»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучение конструкций и кинематических характеристик фрикционных передач.

ОБЪЕКТЫ выполнения работы – модель фрикционного вариатора, модель клиноременной передачи.

1. Общие сведения о фрикционных передачах

Фрикционной передачей называют механизм, в котором движение одного жесткого звена преобразуется в движение другого жесткого звена за счет сил трения.

Во фрикционных передачах вращательное движение ведущего звена преобразуется или во вращательное или в поступательное движение ведомого звена. Передачи могут иметь как постоянное передаточное отношение (рис.1.1), так и переменное (рис.1.2 – 1.5). В последнем случае передача называется вариатором.

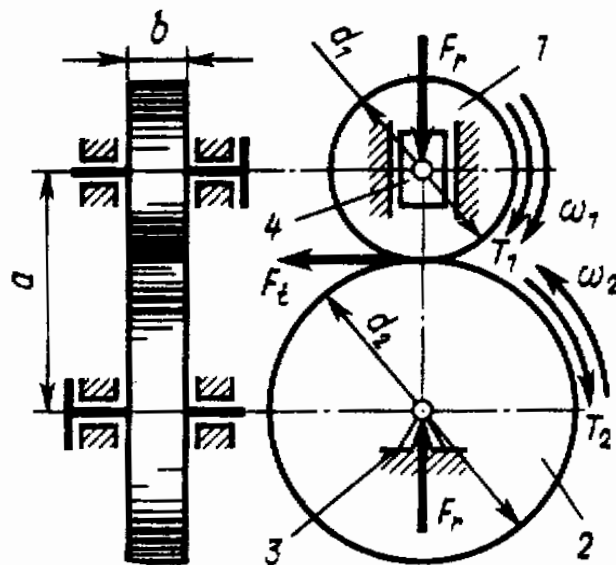


Рис.1.1. Схема фрикционного механизма: 1- ведущий каток; 2 – ведомый каток; 3 – неподвижная опора; 4 – подвижная опора

Достоинства передач: простота конструкции, плавность и бесшумность работы, возможность бесступенчатого регулирования угловых скоростей.

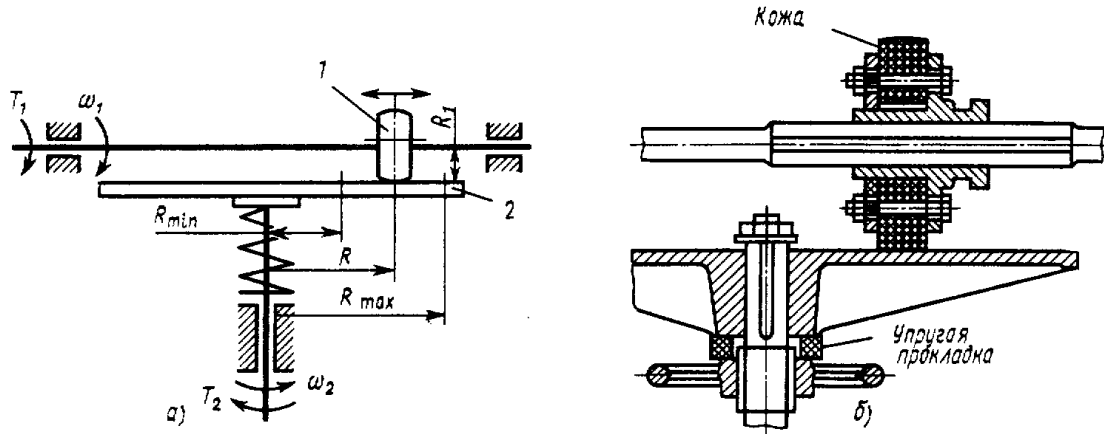


Рис.1.2. Схема фрикционного вариатора:
1 – ведущий каток; 2- ведомый диск

Недостатки: большое давление на валы и опоры, необходимость регулировки силы прижатия катков, сравнительно высокий износ.

Фрикционные механизмы характеризуется передаточным отношением. С учетом коэффициента проскальзывания ε можно записать для передачи

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)}; \quad (1.1)$$

для вариатора

$$u_{max} = \frac{\omega_1}{\omega_{2min}} = -\frac{R_{max}}{R_1};$$

$$u_{min} = \frac{\omega_1}{\omega_{2max}} = -\frac{R_{min}}{R_1}; \quad (1.2)$$

где d_1 и d_2 - соответственно диаметры ведущего и ведомого катков; R_{max} , R_{min} и R_1 - соответственно радиусы диска и ведущего колеса.

В различных мехатронных устройствах нашли применение вариаторы различных типов.

Лобовые вариаторы (см. рис.1.3). Ведущий каток 1 радиуса R_1 , устанавливается на валу на скользящей шпонке и может перемещаться вдоль оси. Ведомый каток 2 радиуса R_2 закреплен на валу неподвижно. За счет нажимного устройства создается сила трения, необходимая для работы вариатора. Бесступенчатое изменение угловой скорости в этом вариаторе достигается перемещением вдоль вала ведущего катка 7; при этом $R_1 = \text{const}$; $R_2 \neq \text{const}$. Отсюда передаточное число $u \approx R_2/R_1 \neq \text{const}$, здесь не учитывается проскальзывание катков, поэтому равенство приближенное.

Торовые вариаторы (см. рис. 1.3). На концы валов насажены две торовые чашки 1 и 2. Вращение от ведущей чашки к ведомой передается промежуточными дисками 3, свободно вращающимися на осях 4. Угловая скорость ведомой чашки изменяется при одновременном повороте осей 4 вокруг шарнира 5. При этом изменяются радиусы R_1 и R_2 чашек 1 и 2, т. е. $R_1 \neq \text{const}$; $R_2 \neq \text{const}$. Отсюда

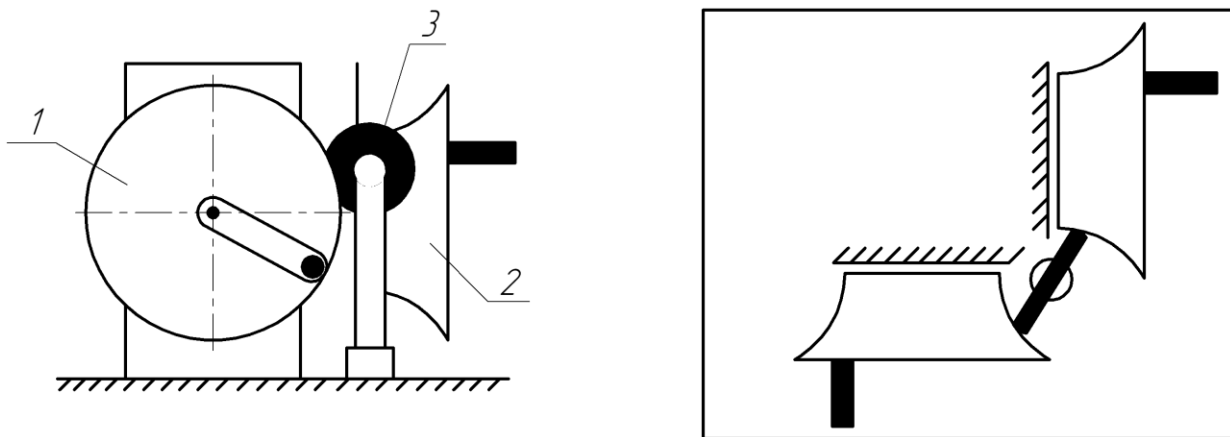
$$u \approx R_2/R_1 \neq \text{const}$$


Рис. 1.3. Торовый вариатор: 1 — ведущая торовая чашка; 2 — ведомая торовая чашка; 3 — ролик; 4 — оси дисков; 5 — шарниры осей

Вариатор с коническими катками (см. рис. 1.4). На ведущем и ведомом валу установлены катки 1 и 2 с рабочими поверхностями конической формы. Вращение от ведущего катка 1 к ведомому 2 передается промежуточным диском 3 цилиндрической формы, свободно вращающимся на оси 4. Пружина 5 обеспечивает необходимую силу нажатия для нормальной работы вариатора. При перемещении промежуточного диска 3 вдоль оси 4 радиусы R_1 и R_2 ведущего 1 и ведомого 2 катков изменяются. В данной конструкции вариатора $R_1 \neq \text{const}$; $R_2 \neq \text{const}$. Отсюда

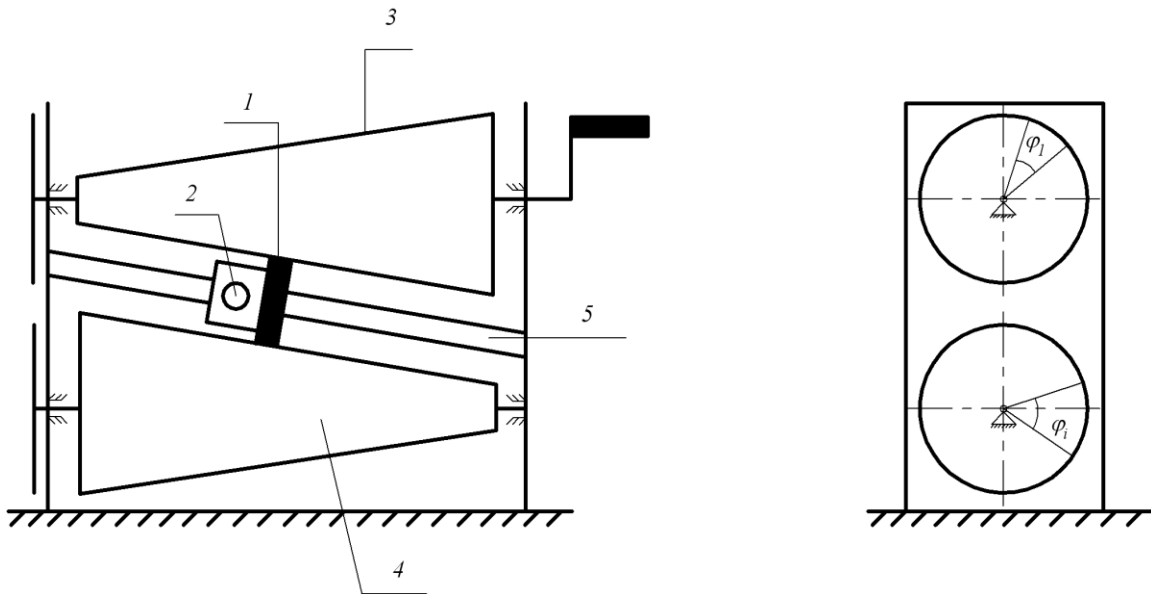
$$u \approx R_2/R_1 \neq \text{const}$$


Рис.1.4. Конусный вариатор: 1 – ролик, 2 – фиксатор, 3 - ведущий каток; 4 – ведомый каток; 5 – направляющая (стойка).

2. Общие сведения о ременных передачах

Ременные передачи относятся к передачам с гибкими связями. Ременная передача является фрикционным механизмом и служит для передачи вращательного движения на большие расстояния.

Ременная передача (рис.2.1) состоит из двух шкивов 1 и 2, связанных ремнем 3 и натяжного устройства 4, обеспечивающего передачу движения за счет сил трения.

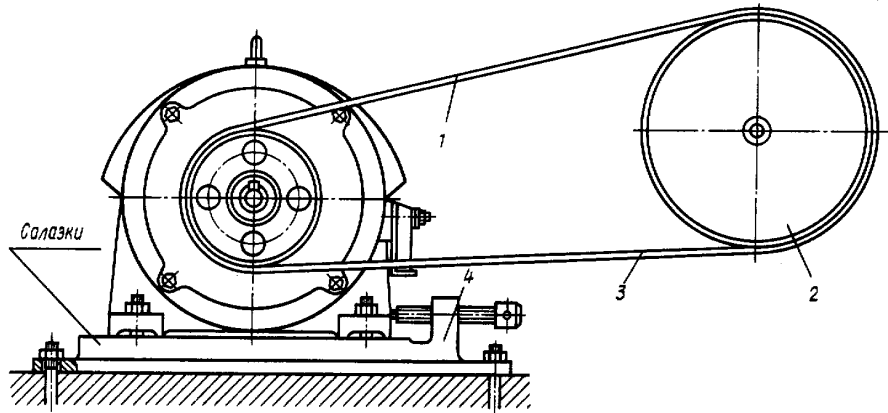


Рис.2.1. Схема ременной передачи

По типу ременной передачи делят на плоско-ременные (рис.2.2, а, б), клиноременные (рис.2.2, в) круглоременные (рис. 2.2, г, д).

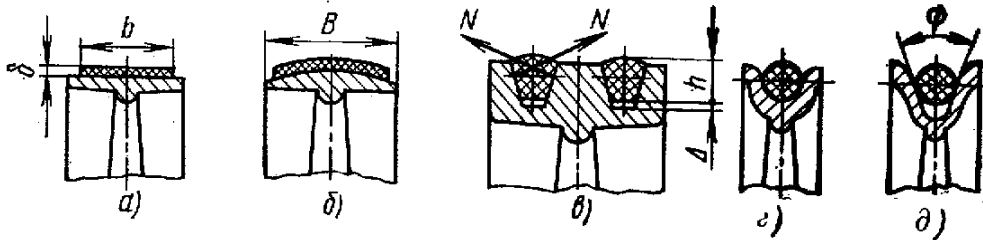


Рис.2.2. Типы ремней

В последнее время получили распространение зубчато-ременные передачи (рис. 2.3).

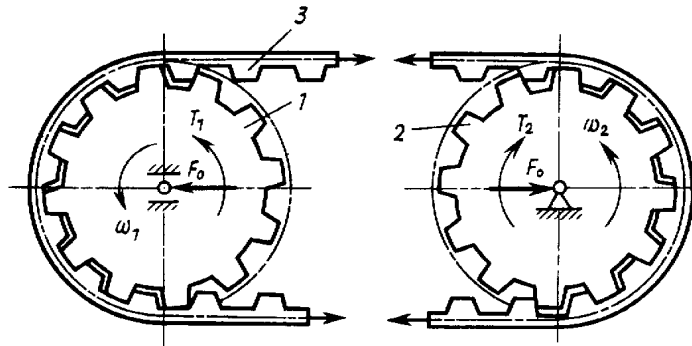


Рис.2.3. Схема зубчатоременной передачи: 1 и 2 – шкивы (звездочки); 3- ремень

Ременная передача является одним из старейших типов механических передач, сохранивших свое значение до последнего времени. Основные преимущества ременной передачи: возможность передачи движения на значительное расстояние (до 15 м и более); плавность и бесшумность работы, обусловленные эластичностью ремня и позволяющие работать при высоких скоростях; предохранение механизмов от резких колебаний нагрузки вследствие упругости ремня; предохранение механизмов от перегрузки за счет возможного проскальзывания ремня; простота конструкции и эксплуатации (передача не требует смазки).

Основными недостатками ременной передачи являются: повышенные габариты (для одинаковых условий диаметры шкивов примерно в пять раз больше диаметров зубчатых колес); некоторое непостоянство передаточного отношения, вызванное зависимостью скольжения ремня от нагрузки; повышенная нагрузка на валы и их опоры, связанная с большим предварительным натяжением ремня (увеличение нагрузки на валы в 2...3 раза по сравнению с зубчатой передачей); низкая долговечность ремней (в пределах от 1000 до 5000 ч).

Ременные передачи применяют преимущественно в тех случаях, когда по условиям конструкции валы расположены на значительных расстояниях.

Основными критериями работоспособности ременных передач являются: тяговая способность, определяемая силой трения между ремнем и шкивом, долговечность ремня, которая в условиях нормальной эксплуатации ограничивается разрушением ремня от усталости.

Окружные скорости на шкивах определяются по формулам

$$v_1 = \pi d_1 \cdot n_1 / 60; \quad v_2 = \pi d_2 \cdot n_2 / 60.$$

Учитывая упругое скольжение ремня, можно записать $v_2 < v_1$ или

$$v_2 = v_1 (1 - \varepsilon),$$

где ε — коэффициент скольжения. При этом передаточное отношение

$$u = n_1 / n_2 = v_1 d_2 / (v_2 d_1) = d_2 / [d_1(1 - \varepsilon)].$$

Величина ε зависит от нагрузки, поэтому в ременной передаче передаточное отношение не является строго постоянным. При нормальных рабочих нагрузках $\varepsilon \approx 0,0.1...0.2$. Небольшое значение ε позволяет приближенно принимать $u \approx d_2/d_1$

Ременные передачи используют как понижающие при мощностях $N \leq 50 \text{ кВт}$, линейных скоростях ремня $V \approx 5-15 \text{ м/с}$ и передаточных отношениях $u \leq 4$.

3. Основные характеристики фрикционной передачи

Для расчета фрикционной передачи необходимо учитывать следующие критерии

1. Передаточное число – величина, равная отношению числа зубьев ведомого и ведущего валов. Оно оказывает воздействие на скорость передачи крутящегося момента от мотора к приводу узла. Эта характеристика равна отношению угловых скоростей катков. Также передаточное количество можно выразить при помощи отношения частот вращения или диаметров катков. В большинстве фрикционных механизмов его значение меньше или равно 7.

2. КПД: указывает количество утраченных мощностей. Зависит от числа потерь во время качения и скольжения. Величина этого параметра рассчитывается экспериментальным методом, при помощи сравнения мощностей ведущего и ведомого валов. Средний КПД фрикционных механизмов равняется 90%.

3. Контактная прочность: характеризует способность передачи выдерживать крупные нагрузки. Оценивается при помощи контактного напряжения, возникающего в месте соприкосновения катков. Чем ниже контактная прочность конструкции, тем сильнее изменяется форма основных деталей во время соприкосновения. Рассчитать эту характеристику можно при помощи формулы Герца, где учитываются коэффициент нагрузки, приведенный радиус кривизны, модуль упругости и сила сжатия катков.

4. Тип движения катков: характеризует траекторию движения рабочих тел вращения. Оно может быть реверсивным и

нереверсивным. При реверсивном движении рабочие тела вращения перемещаются в противоположных направлениях, что позволяет осуществлять передачу 2 путями. При нереверсивном движении катки движутся в 1 направлении. Передача производится только 1 единственным способом.

5. Материал тел качения – характеристика, влияющая на износостойкость устройство, контактную прочность, коэффициент трения и модуль упругости. Чаще всего при изготовлении деталей кинематической пары используется металлокерамика или сочетание стандартной и закаленной стали (закалка до 60 HRC). Эти материалы уменьшают габариты механизма и увеличивают величину КПД. При использовании чугуна катки смогут работать без использования смазки. Наиболее дешевым материалом являются фрикционные пластмассы и текстолит. Но они обладают низким КПД: 50%. Высокими показателями трения обладают валы с кожаным или деревянным покрытием. Минусом этих материалов является низкая контактная прочность.

Ниже указана величина коэффициента трения для фрикционных передач из разных материалов:

Покрытая смазкой сталь	0,04 – 0,05
Сталь с сухой поверхностью	0,14 – 0,19
Фрикционная пластмасса с высушенной поверхностью	0,36 – 0,46
Текстолит с высушенной поверхностью	0,31 – 0,36
Металлокерамика с сухой поверхностью	0,29 – 0,34

Эти факторы и характеристики учитываются при изображении фрикционной передачи на кинематических схемах.

Применение фрикционных передач для больших мощностей ограничено из-за высоких нагрузок на валы и присутствия скольжения между телами вращения. В этом случае катки изнашиваются быстрее, что приводит к их частичной или полной поломке. Фрикционные устройства не используются в механизмах,

где не допускается большое количество ошибок в углах поворота фрикционных звеньев. В противном случае повышается количество недопустимых углов передач, приводя к появлению скольжений в зоне соприкосновения рабочих тел вращения. В промышленности фрикционные передачи используются при изготовлении кузнечно-штамповочных машин и прессового оборудования, транспортировочных устройств, тяговых приборов с приводом и станков для обработки заготовок из металла. В машиностроительных отраслях чаще всего используются фрикционные радиаторы, объединенные с двигателями внутреннего сгорания или электронными моторами. Они позволяют бесступенчато регулировать скорость передачи силовых усилий между трансмиссией и приводом автомобиля или другого транспортного средства.

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкцией вариатора и нарисовать ее кинематическую схему.
2. Замерить основные геометрические параметры .
3. Измерьте диаметры d_1 ведущего и d_2 ведомого катков в точке их касания с роликом.
4. Составить формулу для вычисления передаточного отношения от входного к выходному звену и определить его значение.
5. Проверить передаточное отношение, через углы поворотов ведущего и ведомого вала. Для этого необходимо повернуть ведущий вал на угол φ_1 и измерить угол поворота φ_2 ведомого, после чего вычислить передаточное отношение по формуле

$$U_{12} = \varphi_1 / \varphi_2$$
6. Переместить ролик в некоторое следующее положение и повторить пункты 3-5 для этого положения.
7. Определить передаточное отношение вариатора для 5 фиксированных положений ролика, перемещая его от одного крайнего положения до другого.
8. Полученные результаты занести в таблицу.
9. Определить степень подвижности механизма: $W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5 - p_4$

Таблица - Результаты измерений

№	Перемещение ролика S , мм	Диаметры катков		Передаточное отношение U	Угол поворота катков, °		Передаточное отношение U
		d_1 , мм	d_2 , мм		φ_1	φ_2	
1							
2							
3							
4							
5							

10. Построить график зависимости передаточного отношения фрикционного вариатора от положения ролика.

11. Написать выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

1. Какая передача называется фрикционной? Что такое вариатор?
2. Перечислите преимущества и недостатки фрикционных механизмов.
3. Как определяется передаточное отношение фрикционной передачи?
4. Как меняется передаточное отношение механизма при изменении положения ролика?
5. Чему равна степень подвижности механизма?
6. Из каких звеньев состоит механизм?
7. Что такое коэффициент проскальзывания?
8. Какие передачи называются ременными?
9. Назовите основные типы ременных передач.
10. Достоинства и недостатки ременных передач.

Библиографический список:

1. Теория механизмов и машин : [учебник для студентов по направлениям подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)"] / П. Н. Учаев [и др.] ; под общ. ред. П. Н. Учаева. - Старый Оскол: ТНТ, 2016. - 296 с. - Текст : непосредственный.

2. Яцун, С. Ф. Основы функционирования технических систем: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 15.03.01 Машиностроение, 23.03.01 Технологии транспортных комплексов, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / С. Ф. Яцун, А. Н. Рукавицын, Е. Н. Политов; Юго-Западный государственный университет. - Курск : Университетская книга, 2019. - 195 с. - Текст: непосредственный.

3. Теория механизмов и машин: учебное пособие / М. А. Мерко, А. В. Колотов, М. В. Меснянкин, А. А. Шаронов; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2015. – 248 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497728> (дата обращения: 06.06.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.

4. Яцун, С. Ф. Кинематика, динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 08.06.01 "Техника и технология строительства", 08.04.01 "Строительство" и 06.06.01 "Метрология, стандартизация и сертификация" / С. Ф. Яцун, В. Я. Мищенко, Е. Н. Политов. - Москва: ИНФРА-М : Альфа-М, 2015. - 207 с. - Текст: непосредственный.

5. Локтионова, О. Г. Лекции по теоретической механике: учебное пособие : [для студентов инженерно-технических специальностей всех форм обучения] / О. Г. Локтионова, С. Ф. Яцун, О. В. Емельянова; ЮЗГУ. - Курск: ЮЗГУ, 2014. – 185 с. - Текст: электронный.

6. Социально-экономические аспекты технологической модернизации современного машиностроительного производства : монография / ред. совет: С. Г. Емельянов (пред.) [и др.] ; гл. ред. А. В. Киричек. - М. : Спектр, 2013. - 288 с. - Текст : непосредственный.
7. Андреев, В. И. Техническая механика: учебник / В. И. Андреев, А. Г. Паушкин, А. Н. Леонтьев. - М. : АСВ, 2012. - 251 с. - Текст : непосредственный.