

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 22.01.2021 16:03:00  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

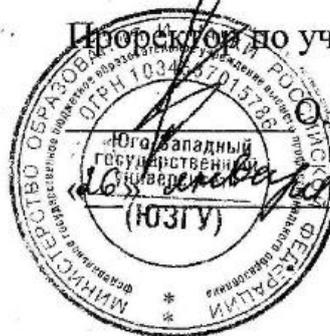
Кафедра механики, мехатроники и робототехники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2015 г.



### РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАТОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ методические указания по выполнению практической работы по дисциплине «Техническая механика»

Курск 2015

УДК 681.323

Составитель Е.Н. Политов

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент Юго-Западного государственного университета *В.Я. Мищенко*

Расчет кинематических и силовых параметров передаточных механизмов: методические указания по выполнению практической работы по дисциплине «Техническая механика»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.Н. Политов. Курск, 2015. 14 с. Библиогр.: с. 14.

Изложены теоретические предпосылки, задания и примеры решения задач по разделу технической механики, посвященному передаточным механизмам.

Материалы соответствуют требованиям программы, утверждённой учебно-методическим объединением.

Методическая разработка предназначена для студентов направления «Мехатроника и робототехника», а также других направлений технического профиля для всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл.печ.л. Уч.-изд.л. Тираж 30 экз. Заказ. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАТОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ

**Цель занятия:** приобретение знаний и навыков определения основных кинематических и силовых параметров механических передач

### Краткие теоретические сведения

Одним из основных элементов машины является передаточный механизм, установленный между двигателем и исполнительным органом.

На рис. 1 дана типовая схема машины.

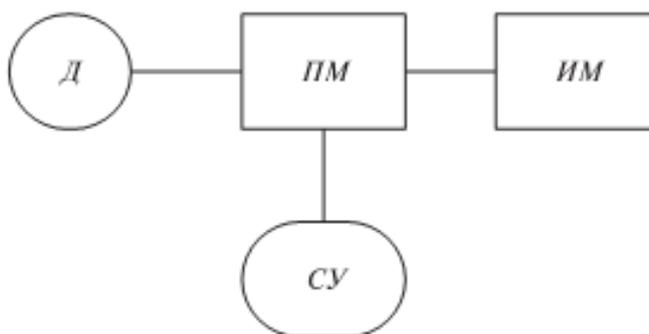


Рис. 1: Д – двигатель, ПМ – передаточный механизм, ИМ – исполнительный механизм, СУ – система управления приводом

Передаточный механизм должен обеспечивать с заданной степенью точности передачу движения и его преобразование, быть экономичным и безопасным в работе.

### *1. Передаточное отношение привода*

Важнейшей характеристикой передач вращательного движения является **передаточное отношение**, которое показывает, во сколько раз угловая скорость  $\omega$  (или частота вращения  $n$ )

ведомого звена больше или меньше угловой скорости (частоты вращения) ведущего звена.

$$U = \frac{\omega_{\text{ведущ}}}{\omega_{\text{ведом}}} = \frac{n_{\text{ведущ}}}{n_{\text{ведом}}}, \quad (1)$$

где  $\omega_{\text{ведущ}}$  – угловая скорость ведущего звена;

$\omega_{\text{ведом}}$  – угловая скорость ведомого звена.

Для зубчатых передач передаточное отношение можно определить, зная число зубьев каждого из колес:

$$U = \frac{z_2}{z_1} \quad (2)$$

Для цепных передач передаточное отношение можно определить, зная число зубьев ведущей и ведомой звездочек:

$$U = \frac{z_2}{z_1} \quad (3)$$

Для ременных передач передаточное отношение можно определить, зная диаметры ведущего и ведомого шкивов:

$$U = \frac{d_2}{d_1} \quad (4)$$

Для фрикционных передач передаточное отношение можно определить, зная диаметры ведущего и ведомого катков:

$$U = \frac{d_2}{d_1} \quad (5)$$

Привод может включать несколько передаточных механизмов (ступеней). При этом значение общего передаточного отношения определяется произведением передаточных отношений отдельных кинематических ступеней привода

$$u_{\text{об}} = u_{12} \cdot u_{23} \dots u_n = \frac{\omega_1}{\omega_n} \quad (6)$$

### Пример 1.

Определить частоту вращения вала 1, если диаметры шкивов равны соответственно (мм):  $d_1 = 200$ ,  $d_2 = 400$ , число зубьев

звездочек цепной передачи:  $z_2 = 180$ ,  $z_3 = 540$ , а частота вращения звездочки 3  $n_3 = 200$  об/мин (рис. 2)

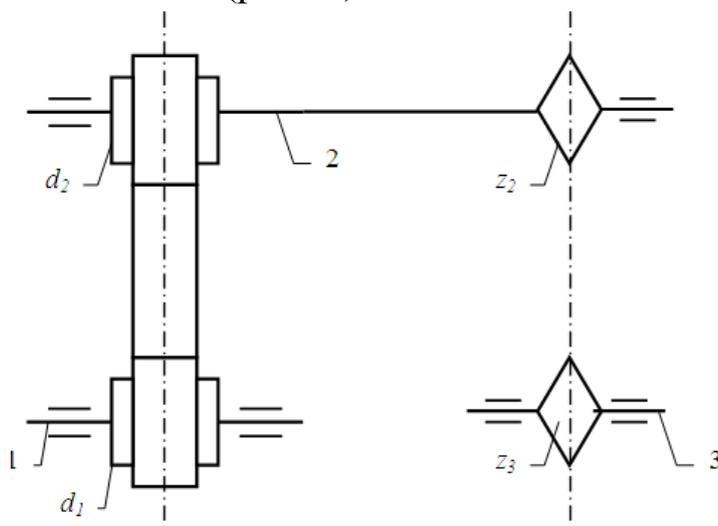


Рис. 2

Решение.

Данный передаточный механизм является двухступенчатым: первая ступень – ременная передача (вращение передается с шкива 1 на шкив 2), вторая ступень – цепная передача (вращение передается с звездочки 2 на звездочку 3).

Общее передаточное отношение определим по формуле (6):

$$u_{об} = u_{12} \cdot u_{23} = \frac{n_1}{n_3}$$

$$u_{12} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{400}{200} = 2$$

$$u_{23} = \frac{z_3}{z_2} = \frac{540}{180} = 3$$

Тогда

$$u_{i\dot{i}} = u_{12} \cdot u_{23} = 2 \cdot 3 = 6$$

и

$$n_1 = n_3 \cdot u_{об} = 200 \cdot 6 = 1200 \text{ об / мин}$$

Пример 2

Определить частоту вращения вала 3, если диаметры шкивов равны соответственно (мм):  $d_1 = 300$ ,  $d_2 = 750$ , числа зубьев конической шестерни и колеса:  $z_2 = 50$ ,  $z_3 = 100$ ,  $n_1 = 2500$  об/мин (рис. 3).

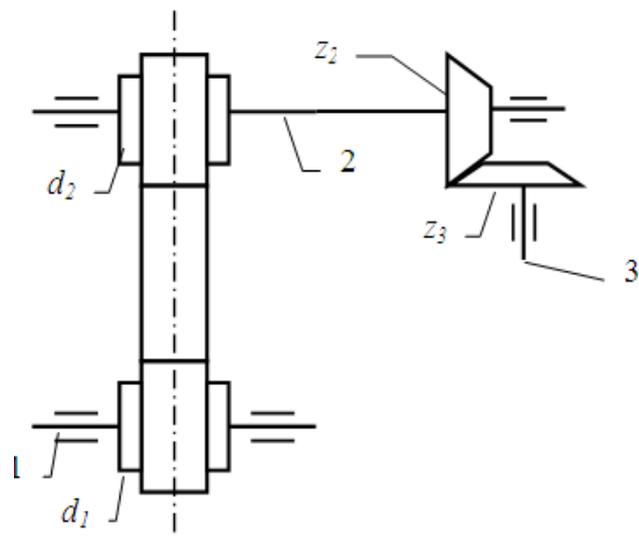


Рис. 3

Решение.

Данный передаточный механизм является двухступенчатым: первая ступень – ременная передача (вращение передается с шкива 1 на шкив 2), вторая ступень – коническая зубчатая передача (вращение передается с шестерни 2 на колесо 3).

Общее передаточное отношение определим по формуле (6):

$$u_{об} = u_{12} \cdot u_{23} = \frac{n_1}{n_3}$$

$$u_{12} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{750}{300} = 2.5$$

$$u_{23} = \frac{z_3}{z_2} = \frac{100}{50} = 2$$

Тогда

$$u_{об} = u_{12} \cdot u_{23} = 2.5 \cdot 2 = 5$$

и

$$n_3 = \frac{n_1}{u_{об}} = \frac{2500}{5} = 500 \text{ об/мин}$$

## 2. Коэффициент полезного действия передачи, мощность

Если к ведущему валу передачи подвести мощность  $P_1$ , то с ведомого можно будет отобрать мощность  $P_2$ , которая несколько меньше затраченной  $P_1$  (следствие потерь на трение и др. сопротивления). Эти потери выражаются коэффициентом полезного действия:

$$\eta = P_2 / P_1 \quad (7)$$

Поскольку

$$P = T \cdot \omega \quad (8)$$

и

$$\omega = (\pi \cdot n) / 30 \quad (9)$$

где  $T$  – момент вращения;

$\omega$  – угловая скорость,

то

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2 \omega_2}{T_1 \omega_1} = \frac{T_2 n_2}{T_1 n_1} = \frac{T_2}{T_1 u_{12}}$$

(10)

В силовой (понижающей) передаче (редуктор)

$$\omega_1 > \omega_2, \quad T_2 > T_1, \quad T_2 = T_1 \cdot u_{12} \cdot \eta$$

### Пример 3.

Определить мощность и крутящий момент, передаваемые колесом, если известны числа зубьев шестерни и колеса: ( $Z_1 = 18$ ,  $Z_2 = 45$ ).  $T_1 = 10$  Н·м,  $n_1 = 900$  об/мин. Коэффициент полезного действия передачи принять  $\eta = 0.95$

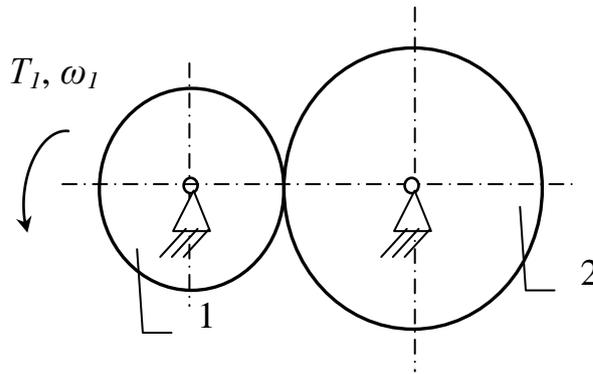


Рис. 4

Решение (см. рис.4).

Мощность на ведущем колесе определим по формуле (8):

$$P_1 = T_1 \cdot \omega_1,$$

где  $\omega_1 = (\pi \cdot n_1) / 30 = (\pi \cdot 900) / 30 = 94,2$  рад/с – угловая скорость ведущего колеса (шестерни)

$$P_1 = 10 \cdot 94,2 = 942 \text{ Вт}$$

Мощность на ведомом колесе определим из (7):

$$P_2 = P_1 \cdot \eta = 942 \cdot 0,95 = 895 \text{ Вт} \quad (P_2 < P_1)$$

Передаточное отношение

$$U = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Для зубчатых передач передаточное отношение можно определить, зная число зубьев каждого из колес:

$$U = \frac{z_2}{z_1} = \frac{45}{18} = 2,5$$

Тогда

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{U} = \frac{94,2}{2,5} = 37,7 \quad (\text{рад/с})$$

Тогда крутящий момент на валу ведомого колеса будет равен:

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{895}{37,7} = 23,7 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

Ответ:  $P_2 = 895$  Вт,  $T_2 = 23,7$  Н·м

Пример 4.

Определить мощность и крутящий момент, передаваемые шестерней, если известны числа зубьев шестерни и колеса: ( $Z_1 = 28$ ,  $Z_2 = 42$ ).  $T_2 = 3 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $n_2 = 600 \text{ об/мин}$ .

Коэффициент полезного действия передачи принять  $\eta_{12} = 0.95$  (рис. 5)

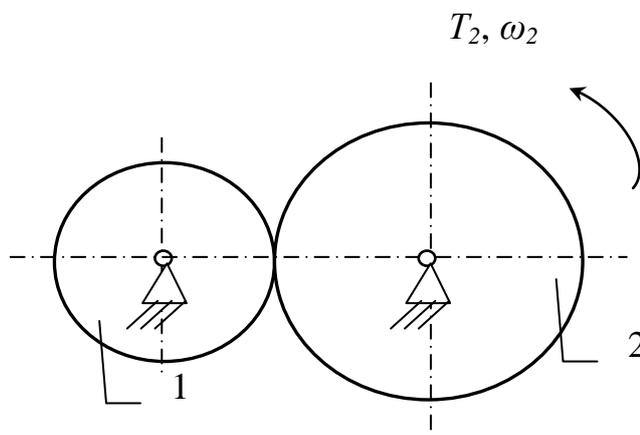


Рис. 5

Решение.

Мощность на ведомом колесе определим по формуле (8):

$$P_2 = T_2 \cdot \omega_2,$$

где  $\omega_2 = (\pi \cdot n_2) / 30 = (\pi \cdot 600) / 30 = 62,8 \text{ рад/с}$  – угловая скорость ведомого колеса

$$P_2 = 3 \cdot 62,8 = 188 \text{ Вт}$$

Мощность на ведущем колесе (шестерне) определим из (7):

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_{12}} = \frac{188}{0.95} = 198 \text{ Вт} \quad (P_1 > P_2)$$

Передаточное отношение

$$U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Для зубчатых передач передаточное отношение можно определить, зная число зубьев каждого из колес:

$$U_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{42}{28} = 1.5$$

Тогда

$$\omega = \omega_2 \cdot U_{12} = 62,8 \cdot 1,5 = 94,2 \quad (\text{рад/с})$$

Тогда крутящий момент на валу ведущего колеса (шестерни) будет равен:

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{198}{94,2} = 2,1 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

Ответ:  $P_1 = 198 \text{ Вт}$ ,  $T_1 = 2,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$

### Задания для расчёта

#### Задание 1.

Определить (см. рис. 6) угловую скорость ведомого шкива 3 (или ведущего 1), если заданы диаметры шкивов и угловая скорость ведущего звена (или ведомого) (см. табл. 1).

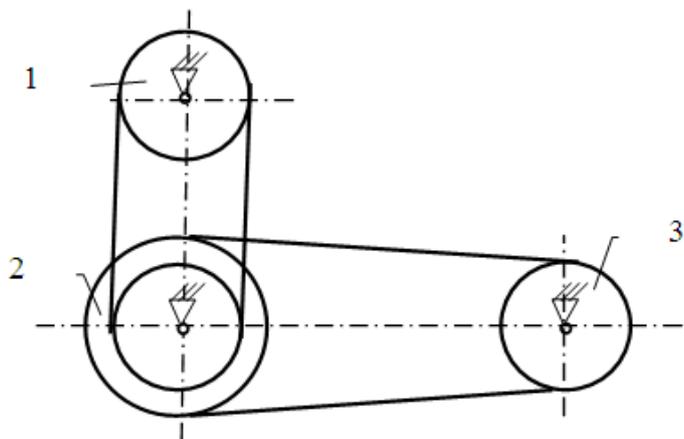


Рис. 6

Таблица 1 – Исходные данные для расчета задания 1.

№ варианта	Диаметры шкивов, мм				Угловая скорость, рад/с		Найти
	$d_1$	$d_2$ (внутренний)	$D_2$ (внешний)	$d_3$	$\omega_1$	$\omega_3$	
1	110	210	410	310	100	-	$\omega_3$
2	120	220	420	320	200	-	$\omega_3$
3	130	230	430	330	300	-	$\omega_3$
4	140	240	440	340	400	-	$\omega_3$
5	150	250	450	350	500	-	$\omega_3$
6	160	260	460	360	-	90	$\omega_1$

7	170	270	470	370	-	80	$\omega_1$
8	180	280	480	380	-	70	$\omega_1$
9	190	290	490	390	-	60	$\omega_1$
10	200	300	500	400	-	50	$\omega_1$

### Задание 2.

Определить (см. рис. 7) угловую скорость ведомого звена 3 (или ведущего 1), если заданы числа зубьев колес и звездочек и угловая скорость ведущего звена (или ведомого) (см. табл. 2).

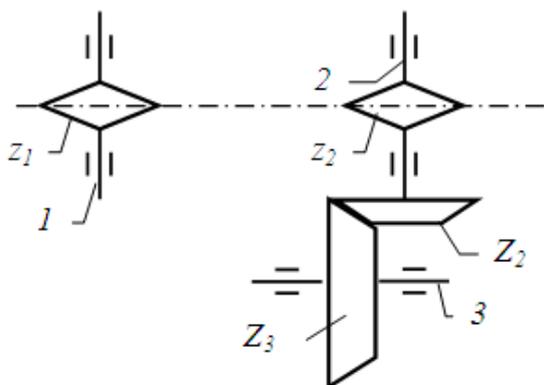


Рис. 7

Таблица 2 – Исходные данные для расчета задания 2.

№ варианта	Числа зубьев				Угловая скорость, рад/с		Найти
	звездочек		колес		$\omega_1$	$\omega_3$	
	$z_1$	$z_2$	$Z_2$	$Z_3$			
1	11	31	21	51	10	-	$\omega_3$
2	12	32	22	52	20	-	$\omega_3$
3	13	33	23	53	30	-	$\omega_3$
4	14	34	24	54	40	-	$\omega_3$
5	15	35	25	55	50	-	$\omega_3$
6	16	36	26	56	-	9	$\omega_1$
7	17	37	27	57	-	8	$\omega_1$

8	18	38	28	58	-	7	$\omega_1$
9	19	39	29	59	-	6	$\omega_1$
10	20	40	30	60	-	5	$\omega_1$

### Задание 3.

Определить мощность и крутящий момент, передаваемые ведомым колесом 2 (или ведущим 1) (см. рис. 8), если известны числа зубьев шестерни и колеса, КПД передачи  $\eta_{12}$ , крутящий момент на входном  $T_1$  или выходном ( $T_2$ ) колесе и частота вращения ведущего звена (или ведомого) (см. табл. 3).

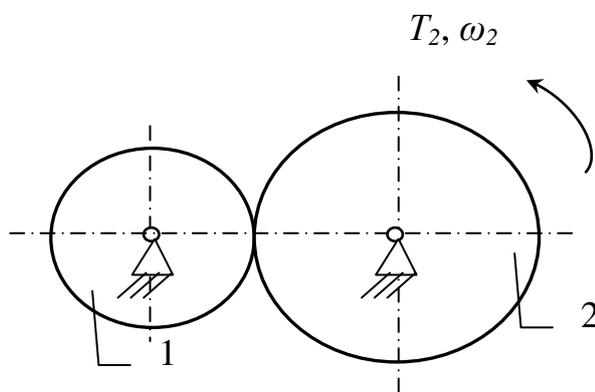


Рис. 8

Таблица 3 – Исходные данные для расчета задания 3.

№ варианта	Число зубьев		крутящий момент, Н·м		Частота вращения, об/мин		КПД	Найти	
	$z_1$	$z_2$	$T_1$	$T_2$	$n_1$	$n_2$		$T$	$n$
1	110	210	1	-	1000	-	0,98	$T_2$	$n_2$
2	120	220	2	-	2000	-	0,97	$T_2$	$n_2$
3	130	230	3	-	-	900	0,96	$T_2$	$n_1$
4	140	240	4	-	-	800	0,95	$T_2$	$n_1$
5	150	250	5	-	-	700	0,98	$T_2$	$n_1$
6	160	260	-	6	3000	-	0,97	$T_1$	$n_2$
7	170	270	-	7	4000	-	0,96	$T_1$	$n_2$
8	180	280	-	8	5000	-	0,95	$T_1$	$n_2$
9	190	290	-	9	-	600	0,97	$T_1$	$n_1$

10	200	300	-	10	-	500	0,96	$T_1$	$n_1$
----	-----	-----	---	----	---	-----	------	-------	-------

#### Задание 4.

Определить мощность и крутящий момент, передаваемые ведомым шкивом 2 (или ведущим 1) (см. рис. 9), если известны диаметры шкивов, КПД ременной передачи  $\eta_{12}$ , крутящий момент на входном  $T_1$  или выходном ( $T_2$ ) колесе и частота вращения ведущего звена (или ведомого) (см. табл. 4).

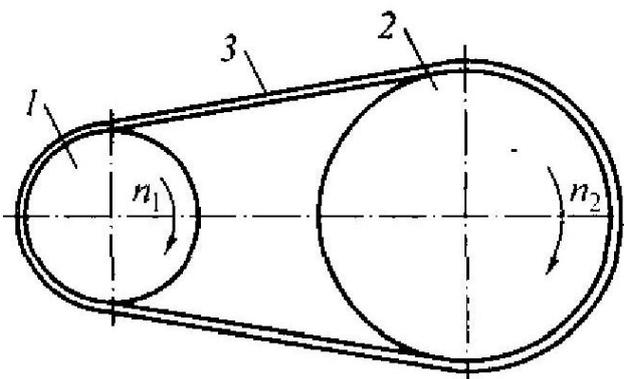


Рис. 9

Таблица 4 – Исходные данные для расчета задания 4.

№ варианта	Диаметры шкивов, мм		крутящий момент, Н·м		Частота вращения, об/мин		КПД $\eta_{12}$	Найти	
	$d_1$	$d_2$	$T_1$	$T_2$	$n_1$	$n_2$		$T$	$n$
1	150	310	1.2	-	1100	-	0,91	$T_2$	$n_2$
2	160	330	2.3	-	2200	-	0,92	$T_2$	$n_2$
3	170	350	3.4	-	-	990	0,93	$T_2$	$n_1$
4	180	390	4.5	-	-	880	0,94	$T_2$	$n_1$
5	190	410	5.6	-	-	770	0,91	$T_2$	$n_1$
6	200	430	-	6.7	3300	-	0,95	$T_1$	$n_2$
7	210	440	-	7.8	4400	-	0,94	$T_1$	$n_2$
8	220	450	-	8.9	5500	-	0,93	$T_1$	$n_2$
9	230	470	-	9.1	-	660	0,92	$T_1$	$n_1$
10	240	490	-	10.0	-	550	0,9	$T_1$	$n_1$

## Контрольные вопросы

1. Назначение передаточного механизма
2. Основные типы механических передач
3. Как определяется передаточное отношение различных механических передач?
4. Силовые характеристики механических передач

## Список рекомендуемой литературы

1. Яцун С.Ф., Кинематика, динамика и прочность машин, прочность машин, приборов и аппаратуры: Учебное пособие / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко, Е.Н. Политов; М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2015 – 208 с.
2. Яцун С.Ф., Механика [Текст]: учебное пособие для студентов вузов: в 2 ч. Ч. 2 / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2004. 208 с.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975. 638с.
4. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1990. 592с.
5. Теория механизмов и машин / Под ред. К.В. Фролова. М.: Высшая школа, 1987. 496с.
6. Иосилевич Г.Б., Строганов Г.Б., Маслов Г.С. Прикладная механика. М.: Высшая школа, 1989. 351с.
7. Прикладная механика. / Под ред. В.М. Осецкого. М.: Машиностроение, 1977. 488с.
8. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. М.: Изд-во АПМ, 2000, 472 с.



