

Федеральное агентство по образованию
Архангельский государственный технический университет

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Методические указания
и задания к контрольной работе



Архангельск 2009

В соответствии с программой изучения курса теории механизмов и машин (ТММ) студенты заочного обучения выполняют контрольную работу или курсовой проект, сдают экзамен или зачет.

В настоящих методических указаниях даны основные вопросы программы курса ТММ и задания к контрольной работе.

ВОПРОСЫ ПО ПРОГРАММЕ

1. Понятие о машинах и механизмах. Виды машин и механизмов.
2. Кинематические пары, их классификация.
3. Кинематические цепи. Подвижность пространственных и плоских цепей.
4. Подвижность механизмов. Структурные группы, их классификация.
5. Основные задачи и методы кинематического исследования механизмов. Построение планов положений (кинематической схемы) механизмов.
6. Кинематическое исследование механизмов методом построения графиков.
7. Определение скоростей точек механизма методом построения планов скоростей.
8. Определение ускорений точек механизма методом построения планов ускорений.
9. Кинематическое исследование механизмов аналитическим методом.
10. Задачи силового исследования механизмов. Определение сил инерции звеньев.
11. Кинетостатический расчет рычажных механизмов. Определение реакций в кинематических парах плоских рычажных механизмов и уравновешивающей силы.
12. Теорема Н.Е.Жуковского. Определение уравновешивающей силы методом Жуковского.
13. Проектирование кинематических схем шарнирного четырехзвенника, кривошипно-ползунного и кулисного механизмов.
14. Приведение сил и масс к входному звену.
15. Режимы и уравнения движения машины.
16. Периодическая неравномерность хода машины и ее регулирование.
17. Определение момента инерции маховика по методу профессора И.И.Мерцалова.
18. Определение основных размеров маховика.
19. Непериодическая неравномерность хода машины и ее регулирование.
20. Зубчатые механизмы, их преимущества и недостатки. Виды зубчатых механизмов.
21. Основная теорема зацепления.
22. Профильные кривые зубьев. Свойства эвольвентного, циклоидального зацепления и зацепления Новикова.

23. Основные геометрические параметры эвольвентного зацепления.
24. Методы изготовления зубчатых колес. Условия неподрезания ножки зуба.
25. Зубчатые колеса с положительным и отрицательным смещениями. Геометрические параметры их соединений.
26. Дуга зацепления и коэффициент перекрытия.
27. Основные параметры косозубых цилиндрических, конических и червячных зубчатых механизмов.
28. Кинематическое исследование зубчатых механизмов с неподвижными геометрическими осями.
29. Аналитический метод кинематического расчета эпициклических механизмов.
30. Графический метод кинематического расчета эпициклических механизмов.
31. Виды кулачковых механизмов. Основные параметры кулачков.
32. Законы движения ведомых звеньев кулачковых механизмов.
33. Зависимость угла давления от геометрических и кинематических параметров кулачковых механизмов.
34. Построение профиля кулачка с поступательным роликовым толкателем.
35. Построение профиля кулачка с качающимся толкателем.
36. Построение профиля кулачка с поступательным плоским (тарельчатым) толкателем.
37. Виды трения. Законы сухого трения скольжения.
38. Трение в поступательных кинематических парах. Трение ползуна по наклонной плоскости.
39. Трение в винтовых кинематических парах.
40. Трение во вращательной кинематической паре.
41. Трение в паре пята-подпятник.
42. Трение в передачах с гибкими звеньями. Формула Эйлера.
43. Основные законы трения качения. Трение в высших кинематических парах. Перемещение тел на колесах и катках.
44. Механический коэффициент полезного действия.

ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. К решениям контрольных задач должны быть даны краткие пояснения.
2. Все численные величины должны быть представлены и вычислены с точностью до третьей значащей цифры, что обеспечивает необходи-

мую точность технических расчетов.

3. Контрольные работы должны быть оформлены согласно требованиям СТО 01.04 – 2005. Работы студентов. Общие требования и правила оформления. Они должны быть написаны чернилами, синей или черной пастой. Условие задачи должно быть переписано полностью.

4. Чертежи надо выполнять карандашом четко и аккуратно, используя линейку, согласно требованиям единой системы конструкторской документации (ЕСКД), и если необходимо, схемы и чертежи должны быть выполнены в масштабе. На чертежах необходимо показывать все заданные и искомые силы, скорости и ускорения. Схемы и чертежи могут быть выполнены на отдельных листах ватмана, которые вклеиваются в работу. План механизма, план скоростей и план ускорений должны быть выполнены на одном листе.

5. При отправке на рецензию выполненной контрольной работы следует указать номер выполняемого варианта и свой личный шифр.

6. Контрольные работы должны быть представлены в деканат в установленные сроки. Зачтенные работы остаются на кафедре, а незачтенные работы высылают студентам на доработку. Невыполнение какого-либо из приведенных выше требований является достаточным основанием для того, чтобы работа не была зачтена.

7. Если студент небрежно выполнил рисунки и не дал пояснений к решению задач, то работа будет отправлена обратно без рассмотрения.

Номер задания выбирают до последней цифры шифра зачетной книжки студента, а номер варианта задания – по предпоследней.

ЗАДАЧА 1

Определить скорости и ускорения всех подвижных шарнирных точек шестизвенного рычажного механизма, а также величины и направления угловых скоростей и ускорений звеньев в заданном положении входного звена $\theta_1 A$, построив план скоростей и план ускорений. Схемы рычажных механизмов для различных заданий приведены на рис.1, данные заданий – в табл.1...10.

П о р я д о к в ы п о л н е н и я

Для решения данной задачи необходимо построить механизм в заданном положении входного звена методом засечек в выбранном масштабе.

При построении плана скоростей и плана ускорения сначала составляют уравнения, выбирают масштабы μ_v и μ_a , а затем находят соответствующие точки.

При построении планов скоростей и ускорений определяют линейные скорости, ускорения всех точек механизма, угловые скорости, ускорения звеньев и оформляют в табличном виде.

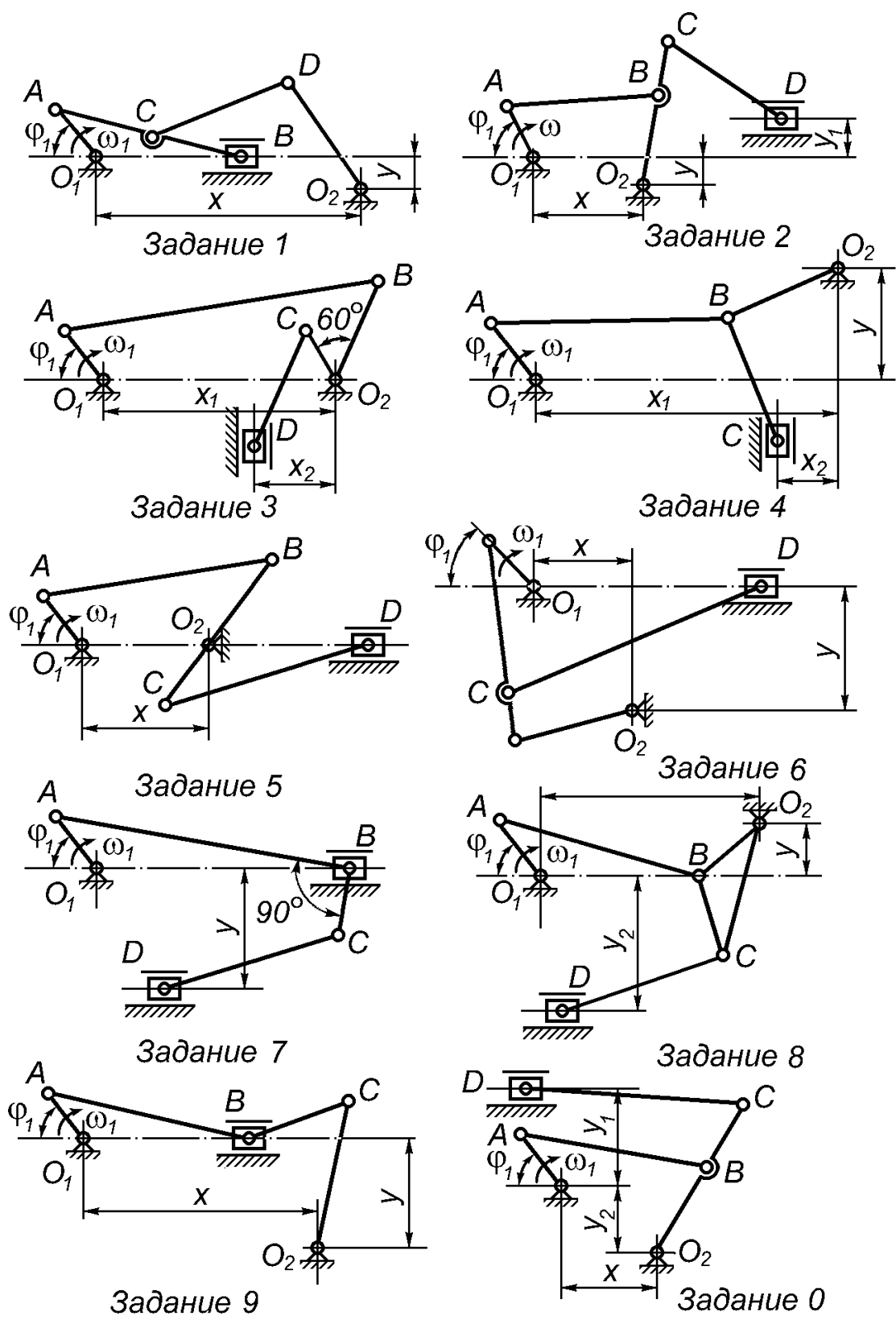


Рис.1. Схемы рычажных механизмов к задаче 1

Таблица 1

Данные к задаче 1, заданию 1

Обозначения данных	Номер варианта									
	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
φ_1 , град	20	60	100	140	180	220	260	300	340	360
OA мм	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
AB , мм	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
AC , мм	100	115	130	145	160	175	190	205	220	235
CD , мм	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475
O_2D мм	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525
y , мм	30	40	60	60	70	80	90	100	110	120
x , мм	325	350	376	400	425	450	475	500	525	550
n_1 , мин ⁻¹	1000	950	900	850	800	750	700	650	600	550

Таблица 2

Данные к задаче 1, задание 2

Обозначения данных	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
φ_1 , град	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270
O_1A , мм	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
AB , мм	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
O_2B , мм	220	250	280	310	340	370	400	410	460	490
O_2C , мм	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540
CD мм	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650
x , мм	210	230	250	270	290	310	340	370	400	435
y , мм	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330
y_1 , мм	20	30	40	50	60	65	70	75	80	85
n_1 , мин ⁻¹	600	550	500	450	400	350	300	250	200	150

Таблица 3

Данные к задаче 1, заданию 3

Обозначения данных	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
φ_1 , град	10	40	70	100	130	160	190	220	260	280
O_1A , мм	70	80	90	100	110	120	130	140	160	160
AB , мм	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480
BO_2 , мм	175	200	226	250	276	300	326	360	375	400
CO_2 , мм	86	106	115	126	135	150	160	170	180	190
CD , мм	250	300	350	400	450	600	560	600	650	700
x , мм	325	350	375	400	425	460	476	500	525	550
x_1 , мм	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
n_1 , мин ⁻¹	360	330	300	270	240	210	160	160	130	120

Таблица 4

Данные к задаче 1, заданию 4

Обозначения данных	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
φ_1 , град	20	60	80	110	140	170	200	230	270	300
x_1 , мм	700	750	800	820	900	980	1070	1150	1200	1250
O_1A , мм	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
AB , мм	500	570	620	680	730	800	870	930	1000	1100
BO_2 , мм	400	460	500	540	600	650	700	770	850	900
BC , мм	400	450	500	540	600	650	700	770	850	900
y , мм	500	550	600	640	700	750	800	870	950	1000
x , мм	0	10	20	30	40	50	60	70	80	100
n_1 , мин ⁻¹	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110

Таблица 5

Данные к задаче 1, заданию 5

Обозначения данных	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
φ_1 , град	0	40	80	120	160	200	240	230	320	330
O_1A , мм	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
AB , мм	175	200	300	350	375	500	650	700	800	800
BO_2 , мм	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
BC , мм	200	300	450	600	700	800	900	1000	1100	1200
CD , мм	200	300	400	500	600	700	600	900	1000	1100
x , мм	200	200	240	250	270	350	500	510	600	560
n_1 , мин ⁻¹	400	380	360	340	320	300	280	260	240	220

Таблица 6

Данные к задаче 1, заданию 6

Обозначения данных	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
φ_1 , град	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270
O_1A , мм	100	110	120	130	140	150	160	170	160	200
AB , мм	350	375	400	425	450	4/5	500	525	550	575
BO_2 , мм	200	220	240	260	280	300	320	340	360	400
AC , мм	200	215	230	245	260	275	290	305	320	335
CD , мм	625	650	675	700	725	750	775	800	825	850
x , мм	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
y , мм	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525
n_1 , мин ⁻¹	200	180	160	140	120	100	100	90	80	70

Таблица 7

Данные к задаче 1, заданию 7

Обозначения данных	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
φ_1 , град	0	40	60	120	160	200	240	280	320	360
O_1A , мм	100	100	100	100	100	80	80	80	80	80
AB , мм	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525
BC , мм	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
CD , мм	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
y , мм	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
n_1 , мин ⁻¹	1000	950	900	850	800	750	700	650	600	550

Таблица 8

Данные к задаче 1, заданию 8

Обозначения данных	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
φ_1 , град	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
O_1A , мм	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
AB , мм	400	480	400	210	220	220	350	520	670	800
BO_2 , мм	200	240	280	260	240	220	200	180	160	160
BC , мм	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560
O_2C , мм	350	400	450	500	550	600	700	750	800	850
CD , мм	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
x , мм	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550
y , мм	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
y_1 , мм	250	300	350	400	400	450	550	600	660	700
n_1 , мин ⁻¹	250	220	190	160	130	170	210	250	290	330

Таблица 9

Данные к задаче 1, заданию 9

Обозначения данных	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
φ_1 , град	20	60	100	140	180	220	260	300	330	360
O_1A , мм	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
AB , мм	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
BC , мм	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470
CD , мм	350	400	450	500	550	600	650	700	750	600
x , мм	300	400	500	600	700	800	900	800	700	600
y , мм	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
n_1 , мин ⁻¹	280	260	240	220	200	160	160	140	120	100

Таблица 10

Данные к задаче 1, заданию 0

Обозначение данных	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
φ_1 , град	0	40	80	120	160	180	250	300	330	350
O_1A , мм	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
AB , мм	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
BO_2 , мм	200	300	400	500	600	700	800	700	600	500
BC , мм	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
CD , мм	400	600	600	700	800	900	1000	900	800	700
y_1 , мм	100	150	200	260	300	350	400	450	500	550
y_2 , мм	250	400	500	600	700	800	900	1000	550	400
x , мм	130	150	300	460	550	650	700	750	800	900
n_1 , мин ⁻¹	340	320	300	280	260	240	220	200	180	160

ЗАДАЧА 2

Для зубчатого механизма, включающего планетарный или дифференциальный механизм и пару зубчатых колес с внешним зацеплением, определить передаточное число и заданные угловые скорости или частоты вращения колес и водила. Расчеты произвести аналитическим методом, Неизвестное число зубьев одного из колес эпициклического механизма найти из условия соосности его центральных колес. Схемы механизмов для различных заданий приведены на рис. 2, данные заданий указаны в табл. 11- 20.

Таблица 11

Данные к задаче 2, заданию 1

Вариант	Число зубьев						Частота вращения, мин ⁻¹		
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	n_1	n_H	n_6
0	18	26	20	84	20	–	1050	240	–
1	19	25	19	85	–	42	1100	250	–
2	20	30	22	88	–	44	1140	260	–
3	21	28	19	87	22	–	1060	250	–
4	22	30	24	88	20	–	1070	260	–
5	23	34	25	90	25	–	1120	240	–
6	24	35	23	87	22	–	1200	270	–
7	25	37	22	89	–	48	1130	250	–
8	26	38	24	84	–	40	1050	250	–
9	27	40	26	66	–	38	1150	260	–

Таблица 12

Данные к задаче 2, заданию 2

Вариант	Число зубьев						Частота вращения, мин ⁻¹		
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	n_1	n_H	n_6
0	17	34	26	120	28	–	950	–	0
1	18	36	26	124	27	–	975	–	0
2	19	38	27	130	26	–	1000	–	0
3	20	40	26	122	25	–	1025	–	0
4	21	42	25	124	24	–	1050	–	0
5	22	44	23	130	22	–	1100	–	0
6	23	46	23	130	22	–	1100	–	0
7	24	48	22	133	21	–	1135	–	0
8	25	50	21	136	20	–	1150	–	0
9	26	52	20	140	18	–	1175	–	0

Т а б л и ц а 13

Данные к задаче 2, заданию 3

Вариант	Число зубьев						Частота вращения, мин ⁻¹		
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	n_1	n_H	n_6
0	18	26	22	–	19	30	-400	200	–
1	20	30	20	–	20	32	-450	220	–
2	22	32	26	–	21	33	-350	210	–
3	24	34	28	–	22	34	-300	220	–
4	26	36	22	–	23	35	-425	210	–
5	28	36	18	–	24	36	-500	150	–
6	30	38	22	–	25	37	-435	200	–
7	24	34	18	–	26	38	-525	175	–
8	26	36	30	–	27	39	-300	240	–
9	28	38	27	–	28	40	-325	230	–

Таблица 14

Данные к задаче 2 заданию 4

Вариант	Число зубьев						Частота вращения, мин ⁻¹		
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	n_1	n_H	n_6
0	19	36	–	84	17	34	0	475	–
1	20	35	–	82	18	32	0	500	–
2	21	34	–	81	19	32	0	525	–
3	22	33	–	79	20	31	0	550	–
4	23	32	–	78	21	31	0	555	–
5	24	31	–	77	22	30	0	600	–
6	25	30	–	76	23	30	0	625	–
7	24	30	–	74	24	28	0	650	–
8	23	33	–	74	25	28	0	675	–
9	22	34	–	73	26	28	0	700	–

Таблица 15

Данные к задаче 2, заданию 5

Вариант	Число зубьев						Частота вращения, мин ⁻¹		
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	n_1	n_H	n_6
0	18	30	82	17	26	–	500	240	–
1	19	32	84	18	25	–	475	230	–
2	20	34	86	19	24	–	450	220	–
3	21	36	88	20	23	–	425	210	–
4	22	38	90	21	22	–	400	200	–
5	24	40	92	22	21	–	375	210	–
6	25	42	94	23	20	–	350	220	–
7	26	44	96	24	19	–	325	230	–
8	27	46	98	25	18	–	300	240	–
9	28	48	100	26	17	–	275	250	–

Таблица 16

Данные к задаче 2, заданию 6

Вариант	Число зубьев						Частота вращения, мин ⁻¹		
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	n_1	n_H	n_6
0	17	25	18	36	34	–	540	360	–
1	18	27	20	34	33	–	530	350	–
2	19	29	22	32	32	–	510	340	–
3	20	30	24	30	31	–	40	330	–
4	21	32	26	28	30	–	500	320	–
5	22	33	28	26	29	–	490	310	–
6	23	35	30	24	28	–	480	300	–
7	24	36	32	22	24	–	470	290	–
8	25	37	34	20	22	–	460	280	–
9	26	39	36	18	20	–	460	270	–

Таблица 17

Данные к задаче 2, заданию 7

Вариант	Число зубьев						Частота вращения, мин ⁻¹		
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	n_1	n_H	n_6
0	18	27	35	25	27	–	600	–	0
1	20	30	37	27	29	–	625	–	0
2	22	31	38	28	30	–	650	–	0
3	24	32	28	36	34	–	675	–	0
4	26	33	26	34	36	–	700	–	0
5	24	34	24	36	32	–	675	–	0
6	22	31	34	26	24	–	650	–	0
7	20	30	36	24	26	–	625	–	0
8	18	27	38	22	24	–	600	–	0
9	17	25	40	20	22	–	575	–	0

Таблица 18

Данные к задаче 2, заданию 8

Вариант	Число зубьев						Частота вращения, мин ⁻¹		
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	n_1	n_H	n_6
0	19	30	22	–	18	27	420	-200	–
1	20	32	24	–	19	29	430	-190	–
2	21	34	26	–	20	30	440	-180	–
3	22	36	28	–	21	30	450	-170	–
4	23	38	30	–	22	31	460	-160	–
5	24	40	32	–	23	33	470	-150	–
6	25	42	34	–	24	34	480	-140	–
7	26	44	36	–	25	37	490	-130	–
8	27	46	38	–	26	39	500	-120	–
9	28	48	40	–	27	41	510	-110	–

Таблица 19

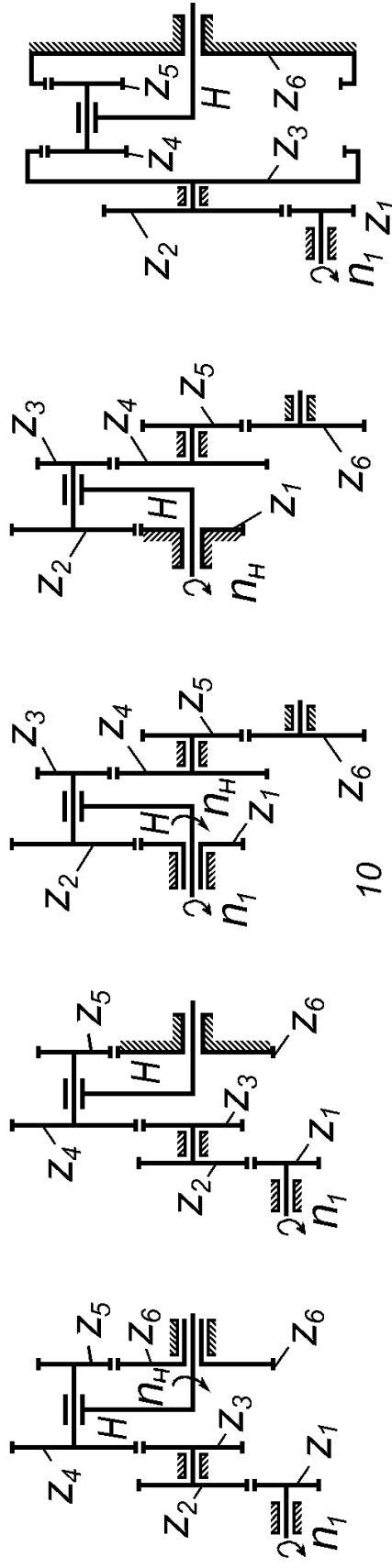
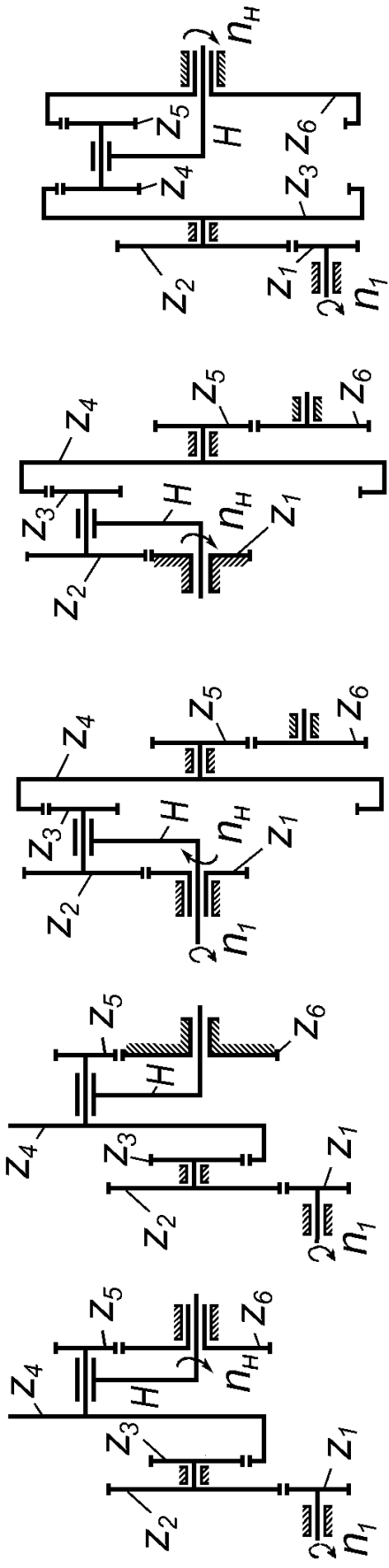
Данные к задаче 2, заданию 9

Вариант	Число зубьев						Частота вращения, мин ⁻¹		
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	n_1	n_H	n_6
0	18	29	24	–	20	30	0	340	–
1	19	29	25	–	21	31	0	330	–
2	20	30	26	–	22	33	0	300	–
3	21	32	24	–	23	35	0	330	–
4	22	32	25	–	24	36	0	340	–
5	23	34	26	–	25	37	0	350	–
6	24	34	24	–	26	38	0	360	–
7	25	36	25	–	27	39	0	370	–
8	26	36	26	–	28	40	0	380	–
9	27	38	27	–	29	41	0	390	–

Таблица 20

Данные к задаче 2, заданию 0

Вариант	Число зубьев						Частота вращения, мин ⁻¹		
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	n_1	n_H	n_6
0	17	24	60	20	–	65	650	–	0
1	18	26	54	22	–	68	640	–	0
2	19	28	68	24	–	71	630	–	0
3	20	30	72	26	–	76	620	–	0
4	21	32	76	28	–	77	610	–	0
5	22	34	80	30	–	80	500	–	0
6	23	36	84	32	–	83	490	–	0
7	24	38	88	34	–	86	480	–	0
8	25	40	92	36	–	89	470	–	0
9	26	42	96	38	–	90	400	–	0



Задание 0

Рис.2. Схемы эпициклических механизмов к задаче 2

Порядок решения задачи

Решение задачи следует начать с выяснения структуры механизма и определения входных и выходных звеньев. Требуется выделить внешнюю пару зубчатых колес и эпициклический механизм, в состав которого входят центральные колеса, водило и колеса-сателлиты. Определить вид эпициклического механизма (планетарный, дифференциальный) в зависимости от числа входных звеньев. У планетарного механизма одно из центральных колес закреплено (неподвижно), а у дифференциального оба центральных колеса подвижны.

Число зубьев одного из колес эпициклического механизма определяется из условия соосности центральных колес.

При решении задачи аналитическим методом необходимо определить передаточное число механизма:

$$u_{з.м} = u_{1,2} \cdot u_{э.м}$$

или

$$u_{з.м} = u_{э.м} \cdot u_{5,6}$$

где: $u_{з.м}$ – передаточное число всего механизма;
 $u_{1,2}$ – передаточное число от первого колеса ко второму;
 $u_{5,6}$ – передаточное число от пятого колеса к шестому;
 $u_{э.м}$ – передаточное число эпициклического механизма.

Передаточное число внешней пары зубчатых колес

$$u_{1,2} = - \frac{z_2}{z_1}$$

где z_1 и z_2 – число зубьев первого и второго колес. Знак "-" при внешнем зацеплении указывает, что второе колесо вращается в сторону, обратную вращению первого колеса.

Так как

$$u_{1,2} = \frac{n_1}{n_2}$$

то

$$n_2 = - \frac{n_1 z_1}{z_2}$$

Для определения передаточного числа эпициклического механизма и частоты вращения его входного звена (центрального колеса или водила) следует составить уравнение Виллиса. Общий вид уравнения:

$$u_{i,j}^H = \frac{n_i - n_H}{n_j - n_H}$$

где $u_{i j}^H$ – передаточное число от входного центрального колеса к другому центральному при остановленном водиле;

n_i ; n_j – частоты вращения соответствующих колес, мин^{-1} ;

n_H – частота вращения водила, мин^{-1} .

Значение $u_{i j}^H$ определяется как произведение отношений чисел зубьев колес, входящих в зацепление. При расчете этой величины следует внимательно отнестись к определению знаков отношений.

$$u_{i j}^H = \left(\pm \frac{z_{i+1}}{z_i} \right) \left(\pm \frac{z_j}{z_{j-1}} \right)$$

При внутреннем зацеплении пары зубчатых колес ставят знак "+", а при внешнем зацеплении - знак "-".

Уравнение Виллиса преобразуется относительно искомой величины. У планетарного механизма $n_j = 0$. Определению подлежат u_{iH} и u_H . У дифференциального механизма известны n_i и n_H , находят n_j .

Для определения частоты вращения колес-сателлитов требуется составить уравнение Виллиса для одной из ступеней передачи механизма и решить его относительно искомой величины.