Указания к выполнению задания 1

Количество свобод движения манипулятора определяется по формуле Сомова-Малышева:

, (1)

где *n* – количество подвижных звеньев пространственной кинематической цепи,

*p*5, *p*4, *p*3, *p*2, *p*1 – количество кинематических пар пятого (одноподвиж-ных), четвертого (двухподвижных), третьего (трехподвижных), второго (че-тырехподвижных) и первого (пятиподвижных) классов.

Для работы с объектами, произвольно ориентированными в пространст-ве, манипулятору достаточно шести свобод движения. С целью упрощения управления в отдельных случаях удобно применять раздельное управление каждым движением (приводом). Однако при работе с предметами, образую-щими кинематическую связь с неподвижным объектом, шести свобод движе-ния при раздельном управлении может оказаться недостаточно (например: болт *К* требуется вставить в отверстие и завернуть его (*рис. 1.1*)).

В таких случаях для выполнения заданной ориентации предмета и вы-полнения операции необходимо использовать сложную комбинацию из шес-ти движений или оснастить манипулятор дополнительными подвижными звеньями с приводом (дополнительное вращение – ротацию, звенья перемен-ной длины и т. д. (*рис. 1.2*)). Эти приводы будут включаться только в случае необходимости, в связи с чем введем понятие *маневренности* манипулятора.

*Маневренность* манипулятора определяется таким количеством свобод движения, которое дает возможность манипулировать звеньями при жестком соединении губок схвата с неподвижным предметом.

Различают *пространственную* (общую) *m* и *базовую* *m*б маневренность, которые могут быть определены по формулам:, предложенным проф. Озолом

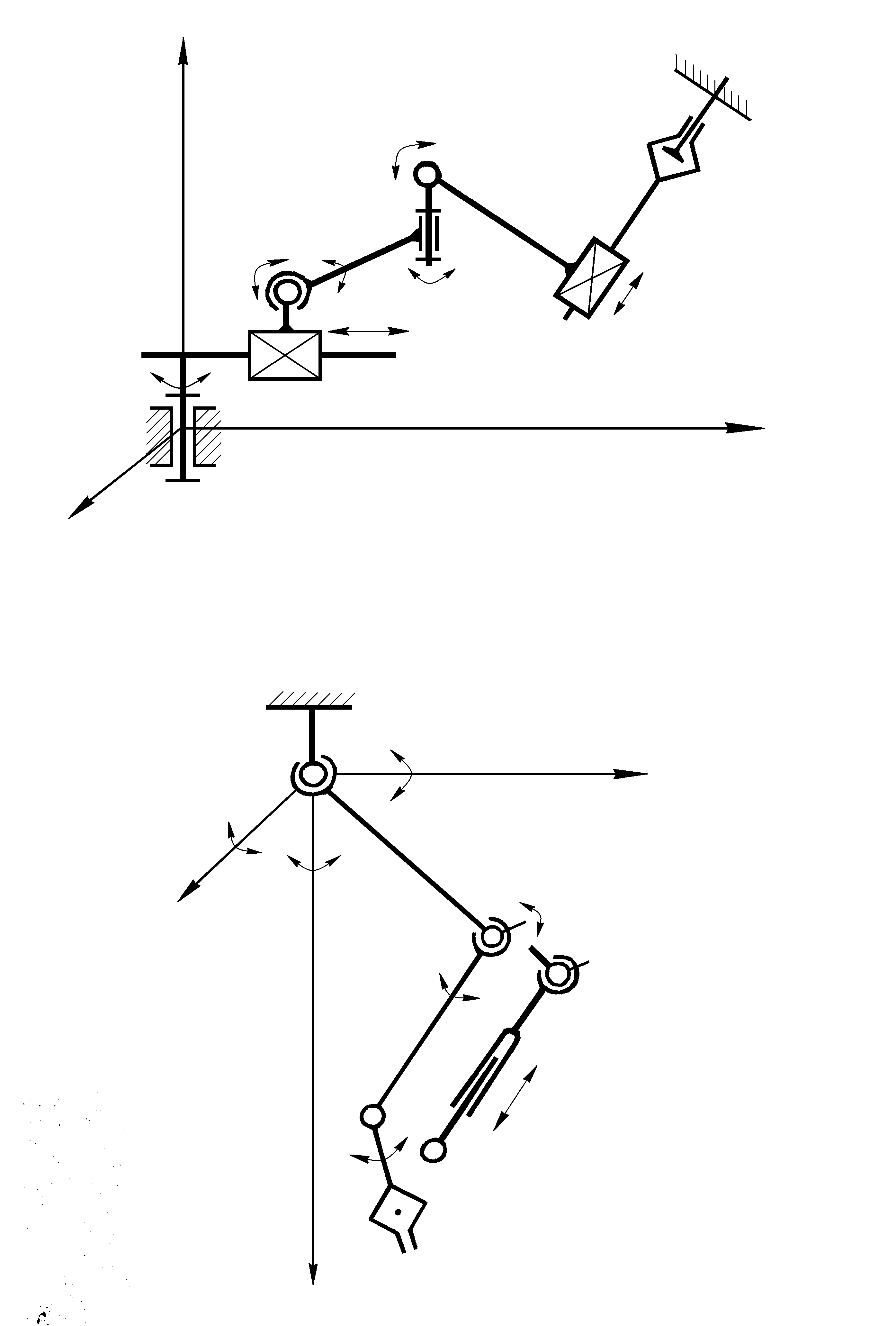
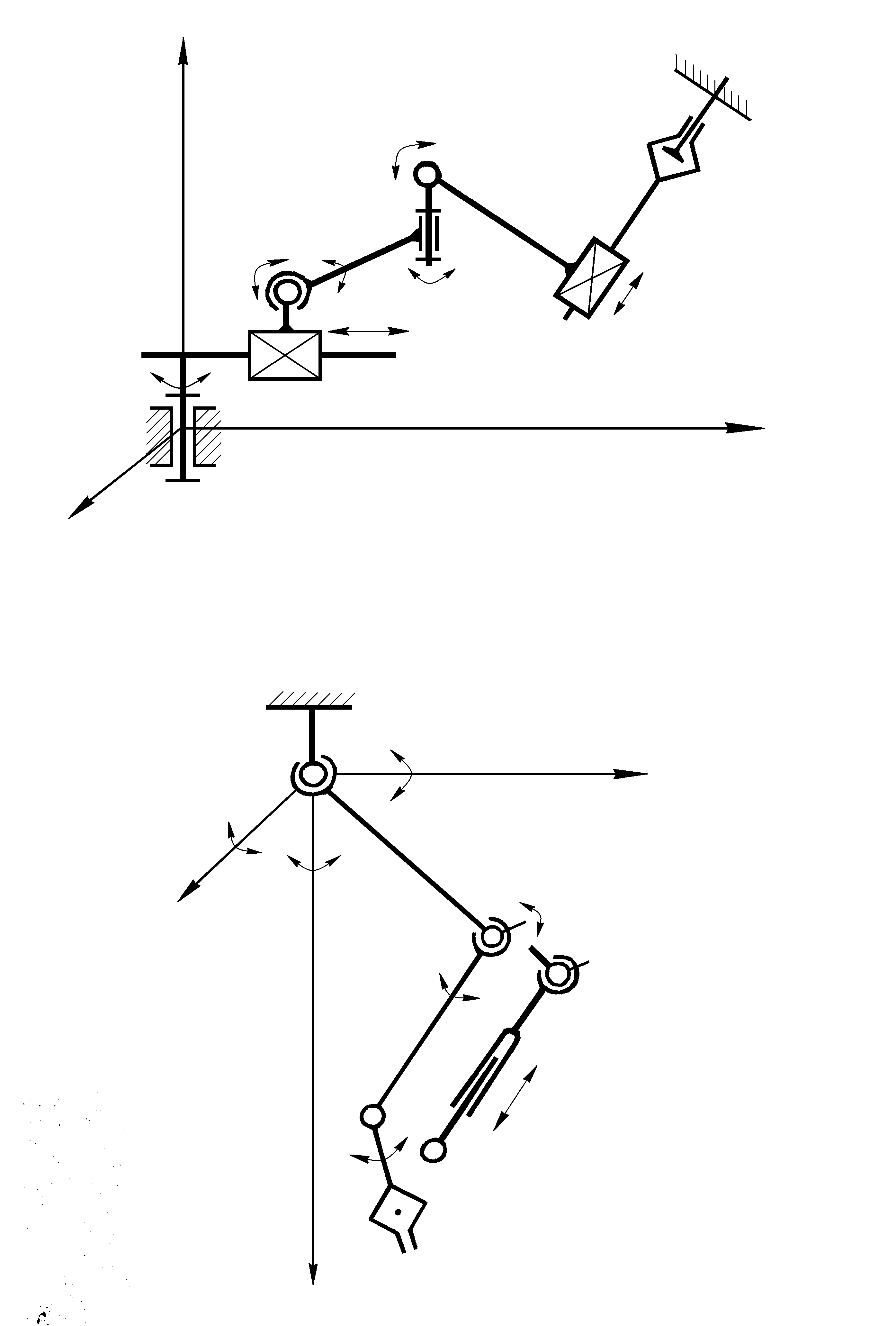
, (2)

, (3)

4

где Σ *fкп* – сумма свобод движения всех кинематических пар, обеспечиваю-щих пространственную ориентацию схвата (общее число степеней свобод *W*);

Σ *fб* – сумма свобод движения кинематических пар, обеспечивающих движение звеньев в базовой плоскости (например, в плоскости YOX) при не-подвижном схвате.

*Е*

Y О1 X

*Д* Z

*К* *А*

*С* *А*1

*В*

*Е*

*В*

O1 *А* X *В*1

*С*

Z Y

Рис. 1.1 Схема пространственной Рис. 1.2. Манипулятор

кинематической цепи манипулятора с дополнительными подвижными

звеньями

Если *m* > 0 и *m*б > 0, причем *m* = *m*б – манипулятор обладает маневренно-стью только в базовой плоскости и способен на произвольную ориентацию схвата в пространстве в пределах конструктивных параметров схемы.

Если *m* > 0 и *m*б > 0, причем *m* < *m*б – манипулятор обладает маневренно-стью в базовой плоскости, но он имеет ограниченную общую маневренность и не способен обеспечить ряд положений схвата в пространстве. В этом слу-чае необходимо изменить ориентацию носителя – основания манипулятора (подвижного и неподвижного).

Если *m* > 0 и *m*б > 0, причем *m* > *m*б – манипулятор обладает маневренно-стью как в базовой плоскости, так и в пространстве.

В случае, если *m* ≤ 0 и *m*б ≤ 0 – манипулятор способен выполнить ограни-ченные перемещения как в плоскости, так и в пространстве, но не способен работать с объектами, кинематически связанными с неподвижной базой, так как схема манипулятора в этом случае теряет всякую подвижность и превра-щается в жесткую ферму.

5

Пример 1. На *рис.1.1* приведена кинематическая схема манипулятора, состоящая из шести подвижных звеньев, образующих пять кинематических пар пятого класса (три вращательные – О1, *С*, *Д* и две поступательные – *А* и *Е*) и одну сферическую трехподвижную пару *В*.

1. Для рассматриваемой схемы имеем *n* = 6, *p*5 = 5 и *p*3= 1. В этом случае количество свобод движения манипулятора составит

*W* = 6·6 – 5·5 – 3·1 = 8.

2. Маневренность манипулятора в пространстве при неподвижном схва-те (количество подвижных звеньев примем равным *n* – 1)

 = (6·6 – 5·5 – 3·1) – 6 = 2.

3. Маневренность манипулятора в базовой плоскости (например, в плос-кости YOX) при неподвижном схвате будет обеспечиваться подвижностью кинематических пар *А*, *Д*, *Е* и одним из трех вращений сферической пары *В*.

 = 4 – 3 = 1.

4. Исследование структуры манипулятора дает основание сделать вывод о том, что при *m* = 2 и *m*б = 1 манипулятор обладает маневренностью в прост-ранстве и способен работать при неподвижном схвате.

Пример 2. Для трехзвенной цепи манипулятора, приведенной на рис. 2, звенья которого соединены парами третьего (О1), четвертого (*А*) и пятого (*В*) классов, выполним следующие вычисления

*W* = 6·3 – 5·1 – 4·1 – 3·1 = 6,

*m* = 6·3 – 5·1 – 4·1 – 3·1 – 6 = 0,

*mб* = 3 – 3 = 0.

Таким образом, данный манипулятор способен ориентировать схват *С* в рабочем объеме, но не способен работать с предметами, кинематически свя-занными с неподвижными объектами.

Введение в цепь звена *А*1*В*1 переменной длины (дополнительная кинема-тическая пара *Е* – телескопический разьем со своим приводом) дает возмож-ность повысить маневренность манипулятора, выполнять более сложные дви-жения в ограниченном рабочем объеме, уменьшить энергозатраты при пере-мещении объекта из одной точки в другую при наличии препятствий в зоне обслуживания.

В этом случае *W* = 6·4 – 5·2 – 4·1 – 3·1 = 7,

*m* = 6·4 – 5·2 – 4·1 – 3·1 – 6 = 1,

*mб* = 4 – 3 = 1.

Указания к выполнению задания 2

При определении неизвестных чисел зубьев в зубчатом механизме необ-ходимо учесть условие соосности дифференциальной части механизма, а так-же то, что модули всех колес для упрощения расчетов приняты одинаковыми.

Решение задачи по определению кинематических параметров сложного зубчатого механизма следует начать с выяснения структуры этого механизма. В нем необходимо выделить дифференциальную часть и зубчатые ряды, а за-тем составить выражения для передаточных отношений каждой из этих выде-ленных частей.

На *рис. 1.3* представлена схема зубчатого механизма. Этот механизм можно отнести к плоским механизмам и определить его степень подвижнос-ти относительно стойки по формуле Чебышева

, (4)

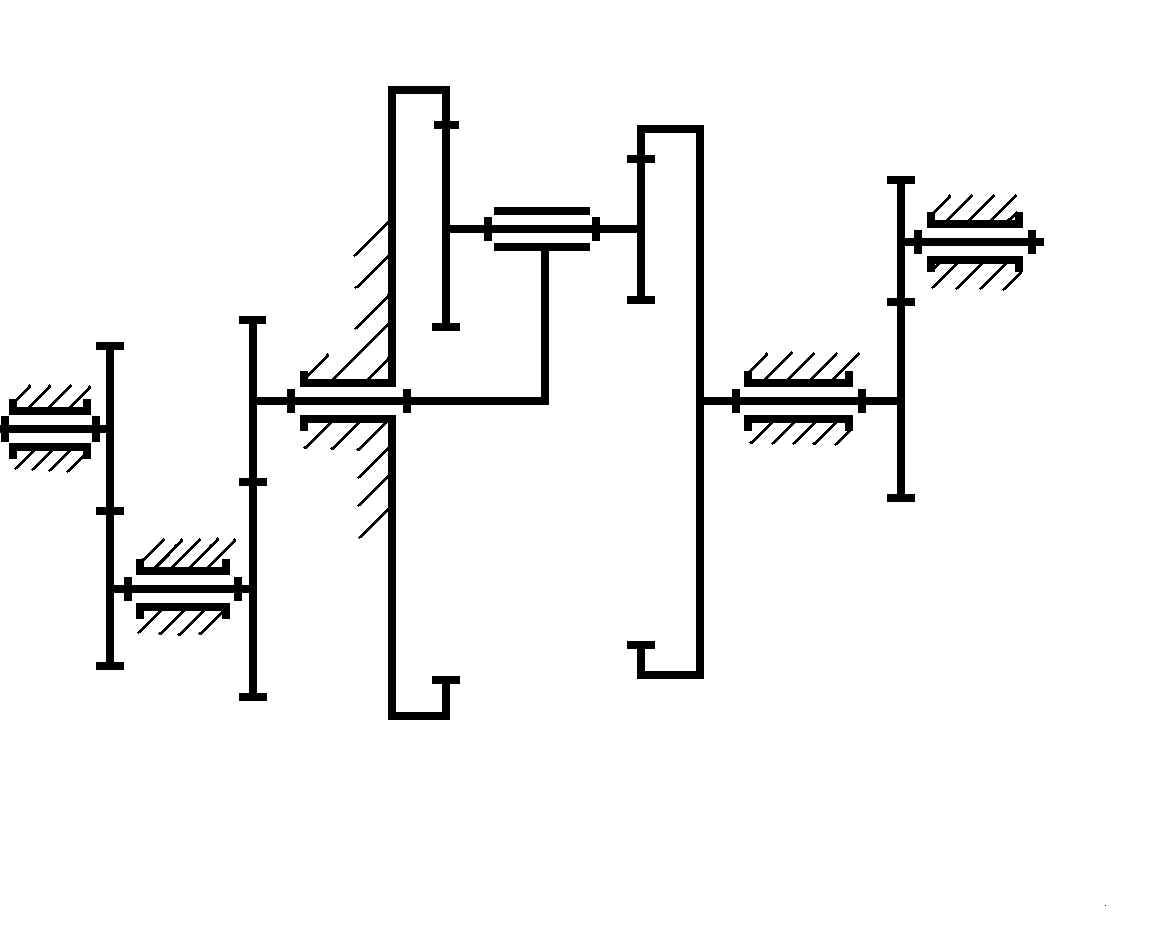
где *n* – количество подвижных звеньев плоской кинематической цепи;

*p*5 – количество кинематических пар пятого класса (одноподвижных);

*p*4 – количество кинематических пар четвертого класса (двухподвижных).

Физический смысл числа, полученного из выражения (4), напомним, здесь трактуется как количество одновременно входных звеньев зубчатого механизма.

Разделительные линии



*z*5 *z*8  Выход

*z*6 *z*7 *z*10

Вход

*z*1  *Н*

*z*4  *z*9

*z*2  *z*3

*U*I = *U*1-4  *U*II = *UH*-8  *U*III = *U*9-10

Рис. 1.3. Открытый сложный зубчатый механизм.

Для расчетной схемы

*n* = 6; *p*5 = 6; *p*4 = 5; *W* = 3·6 – 2·6 – 1·5 = 1.

7

Весь механизм состоит из двух простых зубчатых рядов и дифференци-альной части. Первый зубчатый ряд включает зубчатые колеса *1* – *4*. Диффе-ренциальный ряд состоит из зубчатых колес *5* – *8* и водила *Н*. Второй зубча-тый ряд состоит из колес *9* – *10*.

Разделение механизма на отдельные его части на *рис. 1.3* показано вер-тикальными линиями, проводимыми по неподвижным опорам – стойкам. Та-ким образом, весь механизм можно представить в виде трех его фрагментов, имеющих свои передаточные отношения

*n*1

*U*вход – выход = *U*1-10 = *U*I *U*II *U*III = *U*1-4 *UH*-8 *U*9-10 = –—. (5)

*n*10

Передаточное отношение первой части – зубчатого ряда – определяется отношением чисел зубьев колес, входящих в этот ряд

*z*2  *z*4 *n*1

*U*1-4  = (–1)*q* –—–— = –—,

*z*1 *z*3  *n*4

где *q* – число *внешних* зацеплений в данном зубчатом ряду,

*n*1 и *n*4 – частоты вращения шестерен *1* и *4*, с–1.

Множитель (–1)*q* в зубчатых механизмах с параллельными осями враще-ния звеньев определяет знак передаточного отношения. Если *q* – четное чис-ло или 0 – передаточное отношение положительно, следовательно, входное (звено *1*) и выходное (звено *4*) звенья данного участка кинематической цепи вращаются в одну и ту же сторону. Если *q* – нечетное число – передаточное отношение отрицательно, следовательно, входное и выходное звенья данного участка кинематической цепи будут вращаться в разные стороны.

Для определения передаточного отношения второй части – дифференци-ального ряда следует при остановленном водиле (метод Виллиса) составить выражение передаточного отношения от крайнего левого до крайнего право-го зубчатых колес дифференциала

*z*6 *z*8  *n*5 – *nH* 0 – *nH*

*U*5-8*Н* = (–1) 0 ––— = –—–—– = –—–—–. (6)

*z*5 *z*7  *n*8 – *n*H  *n*8 – *nH*

Разделив числитель и знаменатель правой части выражения (6) на *n*8, по-лучим

– *nH* / *n*8  *nH*

*U*5-8*Н* = –—–——, здесь —— = *UH*-8.

1 – *nH* / *n*8 *n*8

Теперь после преобразований имеем

8

*U*5-8*Н*

*UH*-8 = –—–—–.

*U*5-8*Н* – 1

Передаточное отношение третьей части – зубчатого ряда – определяется отношением чисел зубьев колес *9* и *10*, входящих в этот ряд

*z*10 *n*9

*U*9-10 = (–1) 1 –— = –—.

*z*9 *n*10

При определении числа оборотов сателлита (шестерен *6* и *7*), следует в дифференциальном ряду исключить все колеса до сателлита (с любой его стороны), т. е. сделать сателлит конечным колесом дифференциала.

*z*5

*z*6  *z*7

*Н*

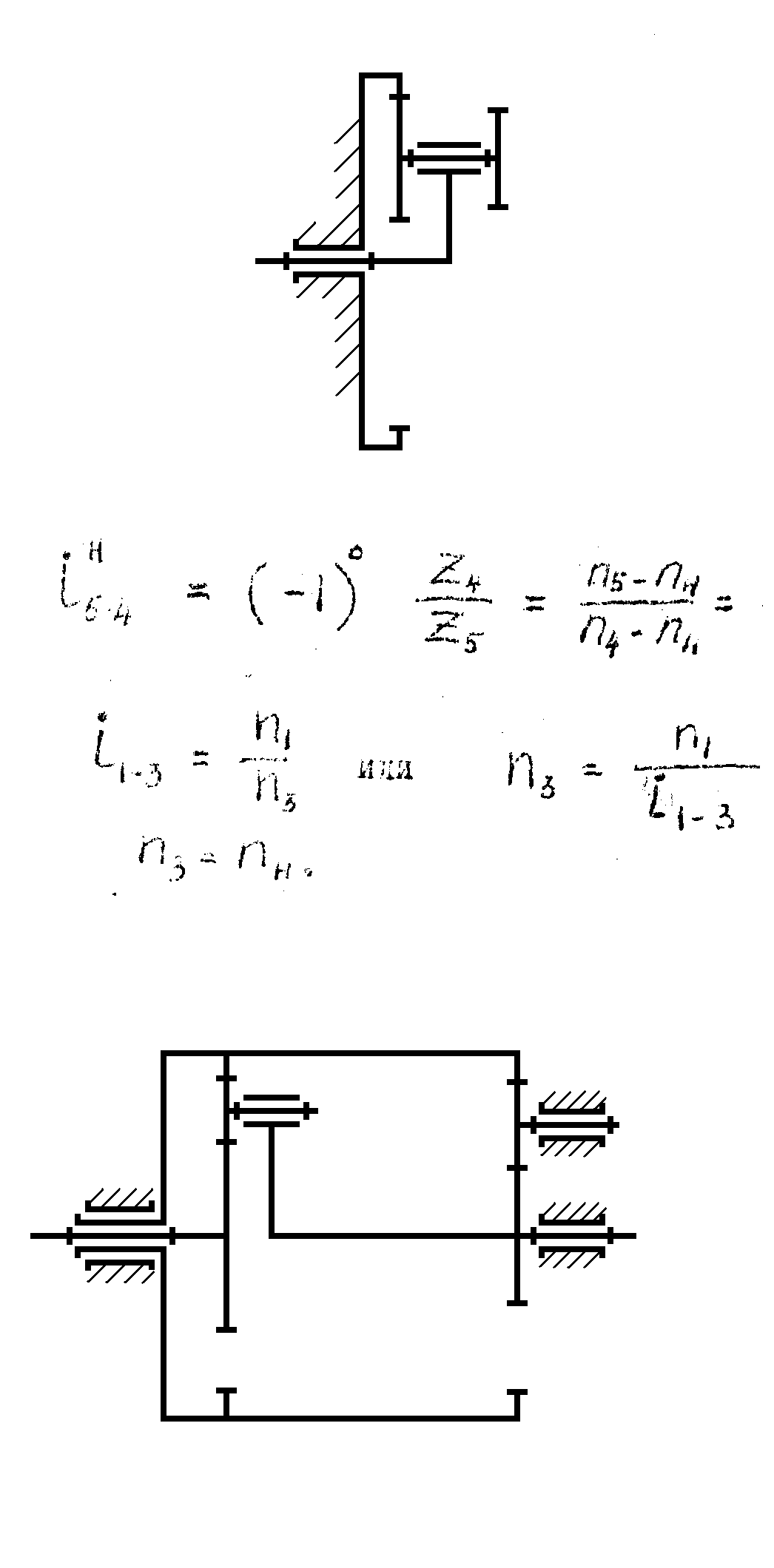


Рис. 1.4. К определению числа оборотов сателлита

Для схемы, представленной на *рис. 1.4*, передаточное отношение *U*5-6 при остановленном водиле запишем в виде

*z*6  *n*5 – *nH* 0 – *nH*

*U*5-6Н = (–1) 0 –— = –—–—— = –—–—–. (7)

*z*5  *n*6 – *n*H  *n*6 – *nH*

Здесь численное значение *nH* определяется из выражений

*n*1 *n*1

*nH* *=* *n*4, *U*1-4  = –—, *n*4 = –—

*n*4 *U*1-4

и при определении *n*6 полученное *nН* подставляется в формулу (7).

9

Рассмотрим пример кинематического расчета замкнутого дифференци-ального зубчатого механизма.

Схема этого механизма представлена на *рис. 1.5*. Здесь нам заданы числа зубьев колес *1* – *2* и *4* – *6*. Определению подлежит величина передаточного отношения от входного вала к корпусу барабана *U*1-3  и количество зубьев, нарезанных на торцевой части перегородки корпуса барабана (*z*3).

Данный механизм, как уже отмечалось, представляет собой замкнутый дифференциальный редуктор грузоподъемного устройства. Зубчатые колеса *1* – *3* и водило *Н* представляют собой дифференциальную часть, а колеса *4* – *6* – простой зубчатый ряд.

Степень подвижности этого механизма относительно стойки определим из выражения

*W* = 3·5 – 2·5 – 1·4 = 1.

Неизвестное число зубьев колеса *3* определим из условия соосности диф-ференциальной части, т. е.

*R*3 = *R*1 + 2*R*2,

где *R*1, 2, 3 – радиусы делительных окружностей колес *1* – *3*.

Эти радиусы далее следует заменить соотношением

*m z*

*R* = –—,

2

где *m* – модуль зубчатого зацепления;

*z –* число зубьев колеса.

При равенстве модулей всех колес конечный результат представим в виде

*z*3 = *z*1 *+* 2 *z*2.

*z*3  *z*6

*z*2  *z*5

*Н*

*z*1 *z*4

Соосность

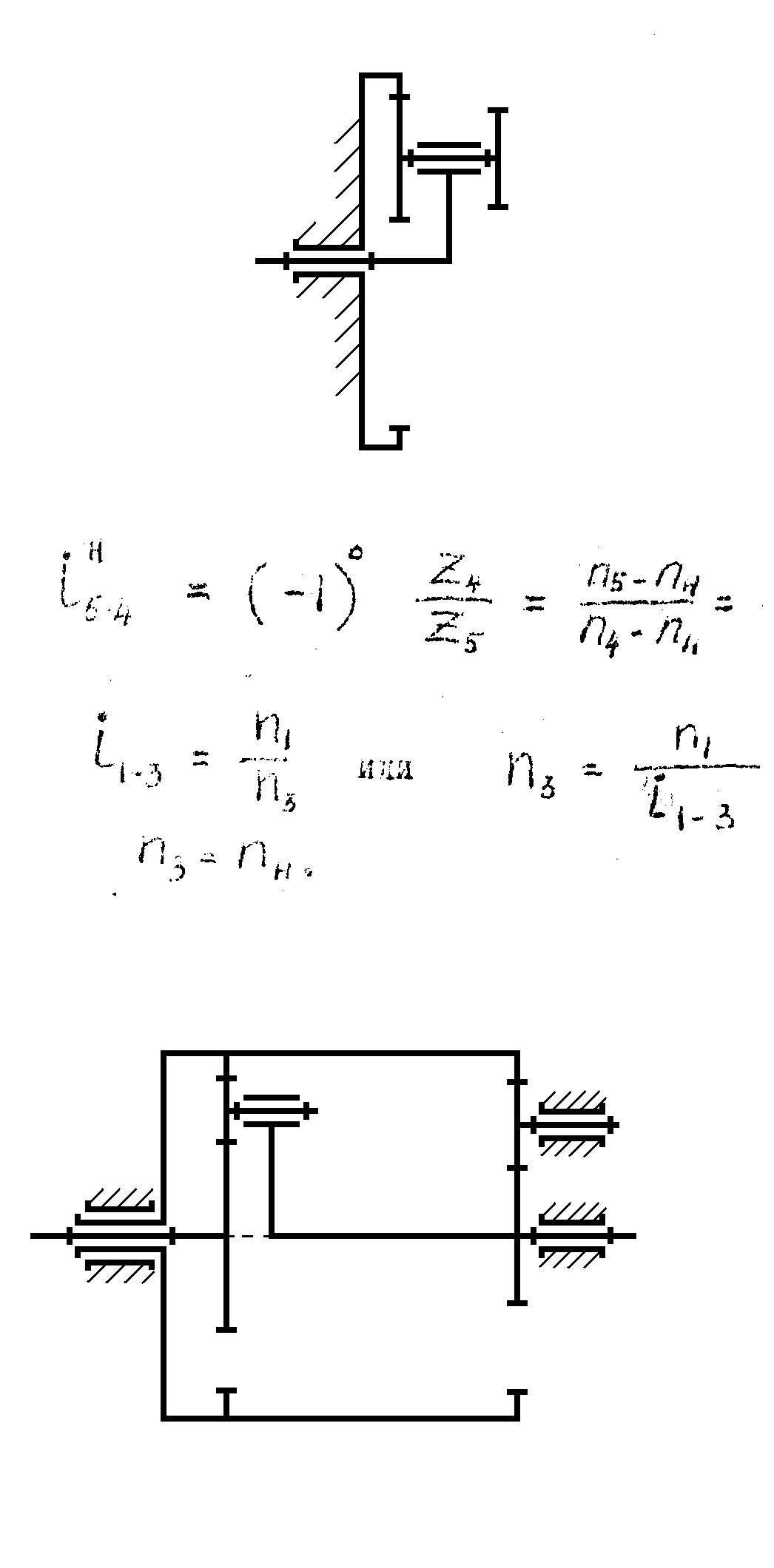


Рис. 1.5. Замкнутый сложный зубчатый механизм

10

Передаточное отношение дифференциальной части определяется выра-жением

*z*3  *n*1 – *nH*

*U*1-3*Н* = (–1) 1 –— = –—–—–. (8)

*z*1  *n*3 – *nH*

Здесь

*n*3 = *n*6, *nH* = *n*4.

Искомое соотношение *U*1-3 можно записать в виде

*n*1

*U*1-3 = –—.

*n*3

Разделив правую часть равенства (8) на *n*3, получим

*z*3 *n*1 / *n*3 – *nH* / *n*3  *U*1-3 – *U*4-6

*U*1-3*Н* = – –— = –—–—––—–— = –—–—––—. (9)

*z*1 1 – *nH* / *n*3 1 – *U*4-6

Неизвестная на данный момент величина *U*4-6 – передаточное отношение зубчатого ряда – определяется из выражения

*z*5 *z*6  *z*6

*U*4-6 = (–1) 1 ––— = – ––

*z*4  *z*5  *z*4

и затем подставляется в (9). Полученное уравнение решается относительно одного оставшегося неизвестного – *U*1-3 .

Здесь

*U*1-3 = *U*1-3*Н* (1 – *U*4-6) + *U*4-6.

Далее представлены варианты заданий для выполнения контрольной ра-боты.

*Пример выбора исходных данных (см. Приложение 1).*

Шифр студента заканчивается цифрами **03**.

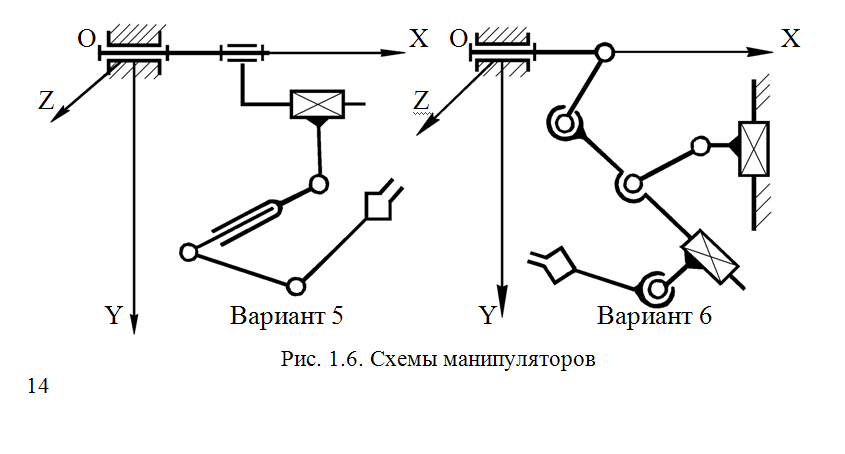
В этом случае следует брать:

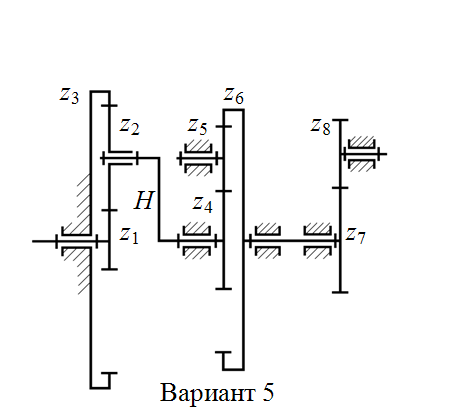
* вариант схемы манипулятора – 3 (Вариант 3 на стр.13 – задача 1);
* вариант схемы планетарного зубчатого механизма – 3 (Вариант 3 на стр. 15 – задача 2);
* вариант числовых значений исходных данных для решения задачи по ки-нематическому анализу зубчатых механизмов – 10 (для задания 3, табл. 1.1 на стр. 17).

Вариант 5

**Задача 1.** Для заданной кинематической цепи манипулятора (*рис. 1.6*, вариант 5) определить количество свобод движения, пространственную (об-щую) и базовую маневренность, на основании которых сделать выводы о ра-ботоспособности предлагаемой схемы и, если это необходимо, предложить способы ее усовершенствования.

**Задача 2.** В планетарном зубчатом механизме (*рис. 1.7*, вариант 5) опре-делить неизвестные кинематические параметры в соответствии с исходными данными, представленными в табл. 1.1.

СХЕМА МАНИПУЛЯТОРА 5



ВАРИАНТЫ ДАННЫХ 4 !!!

*Т а б л и ц а 1.1. Исходные данные для решения задачи по кинематике*

*зубчатых механизмов*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант задания | Вариант числовых значений | Частота вращения *n*1, с–1 | Числа зубьев колес | | | | | | | | | |
| *z*1 | *z*2 | *z*3 | *z*4 | *z*5 | *z*6 | *z*7 | *z*8 | *z*9 | *z*10 |
| 1 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 8  11  9  6  4  7  8  10  5  7 | 50  40  35  38  35  18  19  21  23  24 | 60  60  50  57  45  24  27  29  42  39 | 40  45  40  45  50  32  20  23  31  31 | 60  50  45  50  75  36  32  27  25  29 | 40  40  40  25  35  18  21  19  22  26 | ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ? | 35  40  35  30  25  21  18  24  21  23 | 50  45  40  45  40  32  38  35  43  34 | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – |
| В варианте 1 определить: *W*, неизвестное число зубьев, *u*1-8, *nH*, *n*4, *n*8. | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 11  14  10  9  8  5  4  12  17  13 | 40  45  40  45  50  19  21  22  24  20 | 60  50  45  50  75  31  27  34  37  28 | 50  40  35  38  35  24  24  21  32  18 | 60  60  50  57  45  27  36  33  41  37 | 100  90  120  140  120  95  97  102  94  106 | 40  45  40  35  40  25  26  22  24  26 | ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ? | 110  100  140  155  125  100  90  98  93  104 | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – |
| В варианте 2 определить: *W*, неизвестное число зубьев, *u*1-8, *nH*, *n*6, *n*8. | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 14  15  9  11  12  8  11  13  7  6 | 19  22  18  24  27  35  40  20  45  30 | 24  29  27  31  34  50  60  45  35  55 | ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ? | 64  69  68  82  88  125  135  100  120  115 | 21  23  25  19  25  30  35  40  45  50 | 97  68  71  44  72  120  105  140  120  120 | 23  24  22  25  27  32  35  38  42  45 | 34  29  31  33  40  48  50  57  49  55 | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – |

*Продолжение табл. 1.1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант задания | Вариант числовых значений | Частота вращения *n*1, с–1 | Числа зубьев колес | | | | | | | | | |
| *z*1 | *z*2 | *z*3 | *z*4 | *z*5 | *z*6 | *z*7 | *z*8 | *z*9 | *z*10 |
| В варианте 3 определить: *W*, неизвестное число зубьев, *u*1-8, *nH*, *n*3, *n*8. | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 7  9  11  10  13  12  17  16  11  9 | 30  20  40  30  35  19  22  24  27  18 | ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ? | 110  110  140  120  115  73  78  88  99  70 | 50  40  35  38  35  23  21  25  24  21 | 60  60  50  57  45  49  34  29  32  29 | 40  45  40  45  50  26  26  21  27  24 | 60  50  45  50  75  34  41  38  35  31 | 45  47  42  40  50  31  23  25  31  24 | 49  53  48  46  62  52  38  36  39  38 | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – |
| В варианте 4 определить: *W*, неизвестное число зубьев, *u*1-9, *nH*, *n*2, *n*9. | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 6  7  5  9  11  12  13  9  14  15 | ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ? | 24  27  29  32  37  30  35  35  40  45 | 67  75  81  82  98  85  90  104  110  130 | 22  20  19  18  22  30  32  40  35  25 | 32  23  25  25  25  50  45  48  42  39 | 83  64  63  65  71  120  112  126  109  98 | 23  27  21  24  26  32  36  38  42  45 | 36  35  36  29  31  48  45  57  49  50 | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – |
| В варианте 5 определить: *W*, неизвестное число зубьев, *u*1-8, *nH*, *n*2, *n*8. | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 11  12  9  8  7  8  11  12  9  10 | 18  19  21  24  18  32  36  38  42  45 | 24  31  27  29  26  48  45  57  49  50 | 72  74  82  73  76  120  125  120  115  110 | 19  21  23  22  18  30  25  40  35  30 | ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ? | 29  28  32  27  32  50  60  50  50  45 | 21  19  22  25  20  25  35  40  50  55 | 24  23  27  29  27  40  45  50  45  40 | 66  63  72  81  71  135  135  140  145  150 | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – |
| В варианте 6 определить: *W*, неизвестное число зубьев, *u*1-9, *nH*, *n*4, *n*9. | | | | | | | | | | | | |

*Продолжение табл. 1.1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант задания | Вариант числовых значений | Частота вращения *n*1, с–1 | Числа зубьев колес | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *z*1 | | *z*2 | | *z*3 | | *z*4 | | *z*5 | | *z*6 | | *z*7 | | *z*8 | | *z*9 | | *z*10 |
| 7 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 11  12  13  7  14  12  13  9  8  5 | 21  22  24  19  25  32  42  37  43  51 | | 27  32  29  27  33  41  49  63  54  62 | | 73  88  75  81  90  115  125  130  125  115 | | 21  24  19  22  25  35  35  25  30  25 | | 24  29  25  27  28  32  36  42  38  40 | | ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ? | | 21  23  19  23  18  32  36  38  42  40 | | 25  27  26  34  29  42  37  32  30  36 | | 32  34  34  39  37  60  60  50  49  63 | | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – |
| В варианте 7 определить: *W*, неизвестное число зубьев, *u*1-9, *nH*, *n*5, *n*9. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 7  9  11  12  13  15  12  16  14  17 | 19  20  21  22  23  20  40  35  38  35 | | 25  27  28  24  33  32  55  50  57  45 | | ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ? | | 27  31  28  31  32  40  50  45  50  35 | | 21  18  20  19  18  34  40  31  42  19 | | 24  33  30  37  35  36  55  54  53  40 | | 23  24  21  24  25  32  36  45  54  63 | | 72  58  65  72  69  81  78  94  96  102 | | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – | | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – |
| В варианте 8 определить: *W*, неизвестное число зубьев, *u*1-8, *nH*, *n*5, *n*8. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 11  14  12  5  7  8  9  5  7  8 | 25  30  27  35  32  18  19  21  22  24 | 40  40  36  40  40  26  23  25  26  29 | | 25  22  28  30  32  17  18  21  22  23 | | ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ? | | 75  72  78  90  92  57  62  71  76  81 | | 30  25  32  40  30  21  22  23  24  23 | | 40  35  40  50  44  24  27  29  27  32 | | 30  25  28  40  25  19  21  20  22  21 | | 42  40  42  52  29  26  25  27  28  26 | | 46  44  50  56  36  39  36  31  32  29 | |
| В варианте 9 определить: *W*, неизвестное число зубьев, *u*1-10, *nH*, *n*4, *n*10. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

20

*Окончание табл. 1.1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант задания | Вариант числовых значений | Частота вращения *n*1, с–1 | Числа зубьев колес | | | | | | | | | |
| *z*1 | *z*2 | *z*3 | *z*4 | *z*5 | *z*6 | *z*7 | *z*8 | *z*9 | *z*10 |
| 10 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | 9  11  7  5  4  11  8  12  13  14 | 65  73  66  70  58  43  56  70  64  71 | 20  30  23  20  30  21  18  24  21  23 | 35  32  40  38  42  20  23  17  19  23 | ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ? | 30  40  35  40  44  22  20  19  23  18 | 55  40  65  55  46  22  30  31  30  32 | 25  22  28  30  32  17  19  18  22  19 | 60  50  75  60  60  50  23  22  28  27 | 170  175  180  180  180  130  63  60  78  71 | –  –  –  –  –  –  –  –  –  – |
| В варианте 10 определить: *W*, неизвестное число зубьев, *u*1-9, *nH*, *n*5, *n*9. | | | | | | | | | | | | |