

АТЛАС СТРУКТУРНЫХ СХЕМ ВОСЬМИЗВЕННЫХ ПЛОСКИХ ШАРНИРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Введение

Рассматриваются восьмизвенные плоские рычажные механизмы с одной степенью свободы, с вращательными парами (шарнирами), при отсутствии совмещённых шарниров, с входной парой, образованной входным звеном и стойкой. В данной статье приведён атлас структурных схем всех восьмизвенных механизмов указанного вида (рис. 1).

Задача структурного синтеза восьмизвенных механизмов решалась ранее с использованием восьмизвенных кинематических цепей Грюблера [1] или принципа Ассура [2], [3], [5], [6], или других методов [7].

Восьмизвенные цепи Грюблера представляют собой плоские замкнутые кинематические цепи с четырьмя степенями свободы (число звеньев $n = 8$, число шарниров $p = 10$). Всего существует 16 восьмизвенных цепей Грюблера. Для того чтобы получить восьмизвенный механизм из цепи Грюблера, нужно выполнить два действия: 1) закрепить одно из звеньев цепи, сделав тем самым его стойкой (полученная структура будет иметь одну степень свободы); 2) выбрать в качестве входного звена одно из звеньев, связанное шарниром со стойкой. При этом для каждой одной цепи Грюблера существует 8 вариантов выбора стойки и 20 вариантов выбора стойки и входного звена. Для всех шестнадцати цепей Грюблера получается 128 вариантов выбора стойки и 320 вариантов выбора стойки и входного звена. Однако среди 128 и 320 вариантов встречается много структурно изоморфных (повторяющихся) вариантов, которые нужно отбросить с тем, чтобы остались только неповторяющиеся структуры. Авторы статьи [1] (1964 г.) установили, что среди 128 вариантов выбора стойки существует всего 71 неповторяющихся вариантов (в статье приведён каталог всех полученных структур).

В книге [2] (1988 г.) приведены структурные схемы 67 восьмизвенных механизмов, состоящих из стойки, входного звена и трёх диад. Метод структурного синтеза, основанный на теории графов, был реализован с помощью соответствующей программы для ЭВМ. Отметим, что составленная программа не обнаружила двух механизмов (так как существует всего 69 структур восьмизвенных механизмов, состоящих из диад).

В работе [3] (1989 г.) впервые сообщаются количественные данные о числе структур восьмизвенных механизмов. Общее число таких структур равно 153, среди них 69 механизмов с тремя двухзвенными группами Ассура, 52 механизма с одной четырёхзвенной и одной двухзвенной группами Ассура, 32 механизма с одной шестизвенной группой Ассура.

В работе [5] (1997 г.) описаны метод и алгоритм структурного синтеза n -звенных плоских шарнирных механизмов, состоящих из диад, для $n = 6, 8, 10, 12$. На первом этапе синтеза последовательно формируются все возможные структуры, состоящие из стойки, входного звена и $(n-2)/2$ диад. Число таких структур равно 6, 90, 2520, 113400 при $n = 6, 8, 10, 12$ соответственно. На втором этапе среди всех найденных структур выявляются и отбрасываются структурно изоморфные (т. е. повторяющиеся) структуры. Здесь используется процедура идентификации структурных схем рычажных механизмов, предложенная в работе [4] (1995 г.). Установлено, что число неизоморфных n -звенных шарнирных механизмов, состоящих из двухзвенных групп Ассура, равно 6, 69, 1282, 30108 при $n = 6, 8, 10, 12$ соответственно. Программа структурного синтеза включает в себя блок визуализации каждого из найденных механизмов в виде его структурной схемы.

В работе [6] (1998 г.) представлены результаты структурного синтеза цепей Грюблера (с числом звеньев до 14), групп Ассура (с числом звеньев до 12) и плоских шарнирных ме-

ханизмов (с числом звеньев до 14), полученные при помощи соответствующих алгоритмов и компьютерных программ. В частности, установлено, что число цепей Грюблера равно 230, 6856, 318 162 при $n_{кд} = 10, 12, 14$; число групп Ассура равно 173, 5 438, 252 638 при $n_{гр} = 8, 10, 12$; число механизмов равно 153, 4 506, 195 816, 11 429 024 при $n_m = 8, 10, 12, 14$ соответственно. Разработанный электронный каталог структур включает каталог механизмов и структурных групп с числом звеньев $n = 6, 8$ и 10.

В работе [7] (2004 г.) представлены структурные схемы 84 восьмизвенных механизмов, полученные на основе предложенного автором метода.

Атлас восьмизвенных механизмов

Полный атлас структурных схем всех восьмизвенных механизмов рассматриваемого вида представлен на рис. 1. Атлас включает в себя 153 механизма, каждому из которых присвоен свой шифр (от 8М1 до 8М153).

Структурное строение восьмизвенных механизмов отражено в табл. 1. Четырёхзвенные и шестизвенные структурные группы Ассура, входящие в состав механизмов, приведены на рис. 2 и рис. 3.

Таблица 1

Структурное строение восьмизвенных механизмов

| Восьмизвенные механизмы | Структурное строение | Восьмизвенные механизмы | Структурное строение |
|---|----------------------|-------------------------|----------------------|
| 8М1 – 8М69 | Ст+Вх+2ГА+2ГА+2ГА | 8М124 | Ст+Вх+6ГА2 |
| 8М70 – 8М76, 8М88 – 8М96 | Ст+Вх+2ГА+4ГА2 | 8М125 | Ст+Вх+6ГА3 |
| | | 8М126, 8М127 | Ст+Вх+6ГА4 |
| 8М77, 8М78, 8М97 – 8М100 | Ст+Вх+2ГА+4ГА1 | 8М128 – 8М131 | Ст+Вх+6ГА5 |
| | | 8М132 – 8М137 | Ст+Вх+6ГА6 |
| 8М79 – 8М84, 8М101 – 8М114 | Ст+Вх+4ГА2+2ГА | 8М138 – 8М141 | Ст+Вх+6ГА7 |
| | | 8М142 – 8М147 | Ст+Вх+6ГА8 |
| 8М85 – 8М87, 8М115 – 8М121 | Ст+Вх+4ГА1+2ГА | 8М148, 8М149 | Ст+Вх+6ГА9 |
| | | 8М150 – 8М153 | Ст+Вх+6ГА10 |
| 8М122, 8М123 | Ст+Вх+6ГА1 | | |
| Ст = стойка; Вх = входное звено; 2ГА – двухзвенная группа Ассура (диада); 4ГА1, 4ГА2 – четырёхзвенные группы Ассура (см. рис. 2); 6ГА1, ..., 6ГА10 – шестизвенные группы Ассура (см. рис. 3). | | | |

Все восьмизвенные механизмы могут быть разделены на три класса и три разряда (табл. 2). Класс механизма совпадает с наибольшим из классов групп Ассура, из которых сформирован механизм. В свою очередь, класс структурной группы равен половине числа её звеньев, т. е. двух-, четырёх- и шестизвенные группы Ассура – это группы первого, второго и третьего классов соответственно (по классификации Г.Г. Баранова). Среди 153 восьмизвенников имеется 69, 52 и 32 механизма первого, второго и третьего классов соответственно.

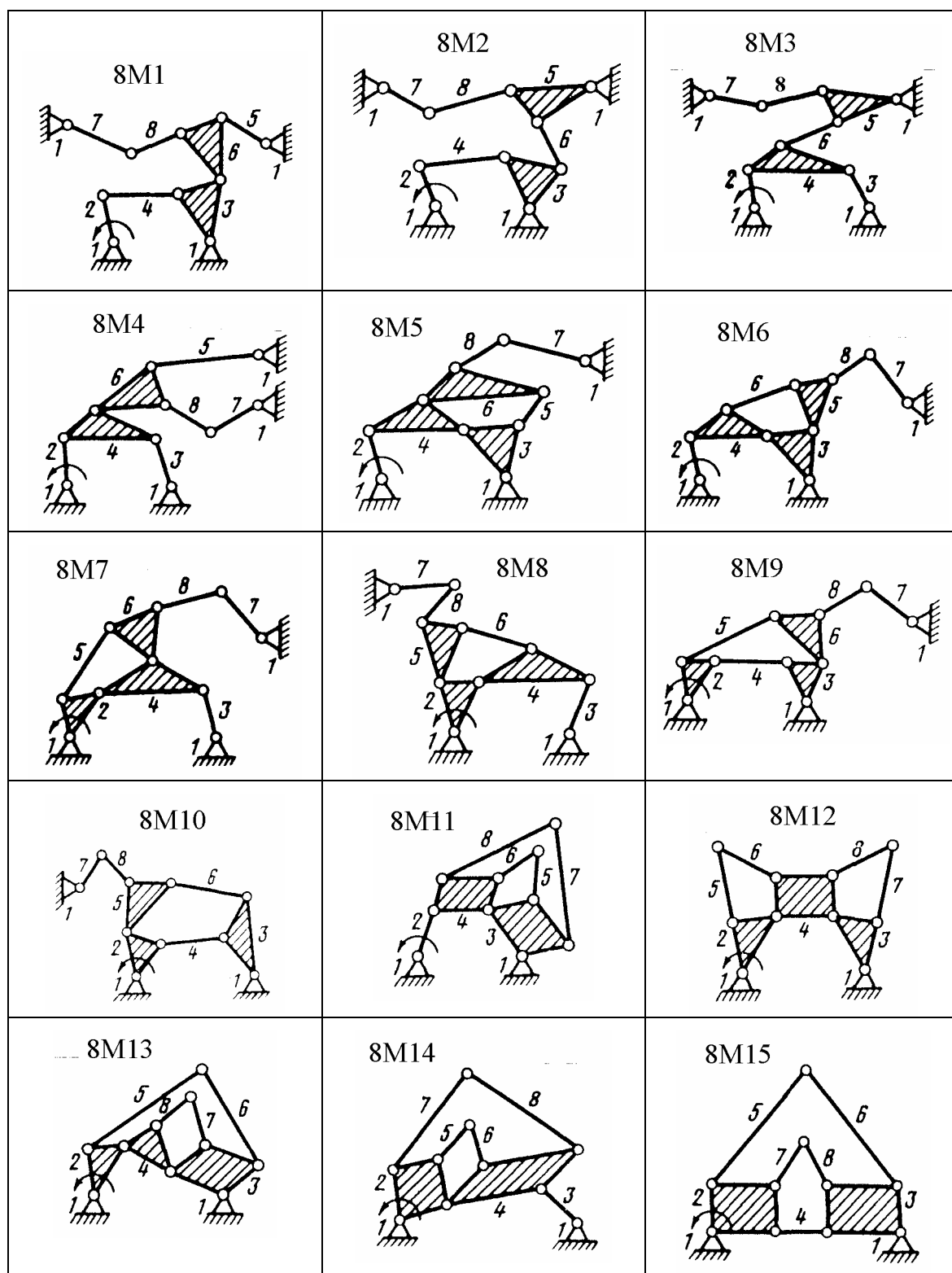


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (начало)

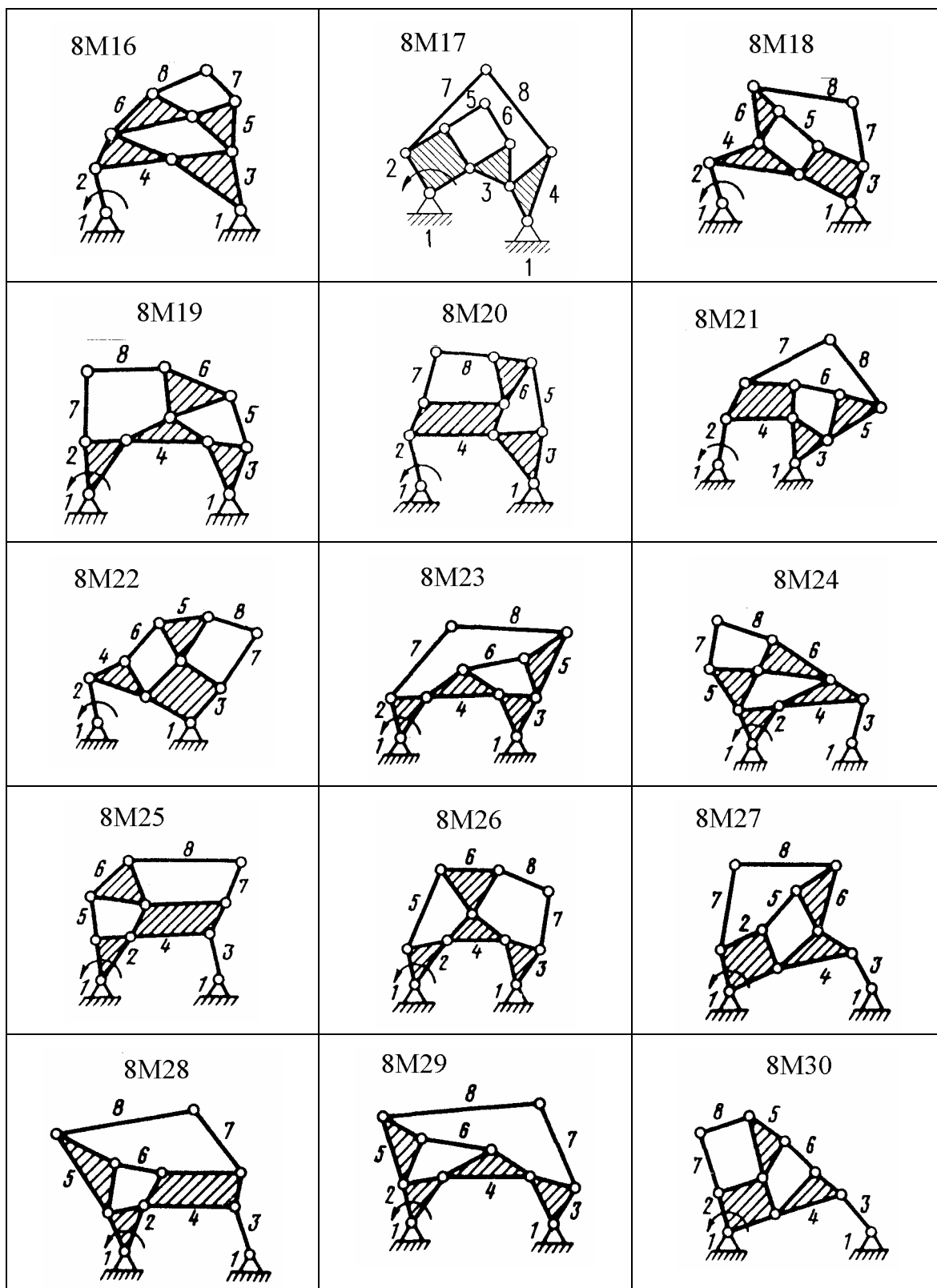


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (продолжение)

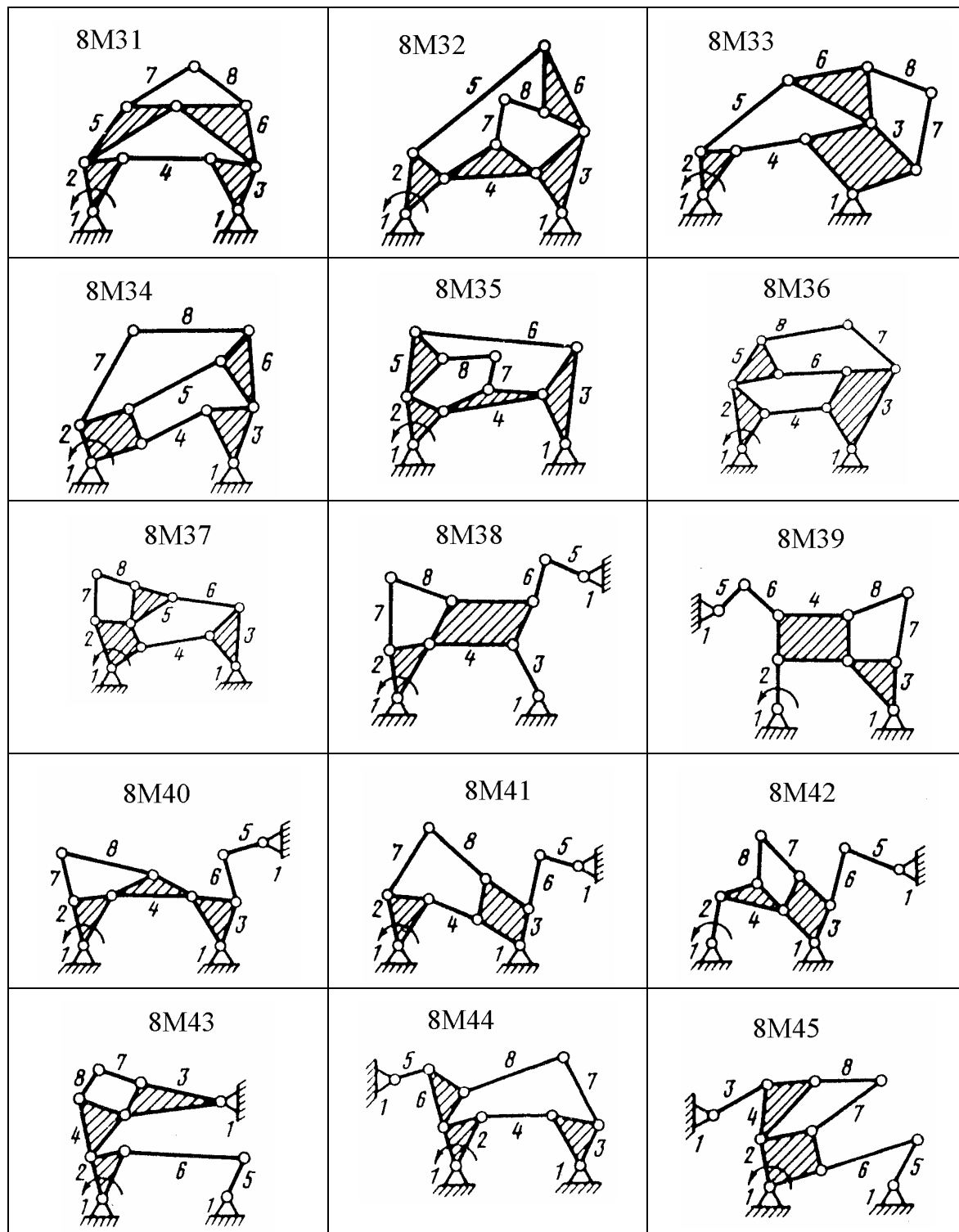


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (продолжение)

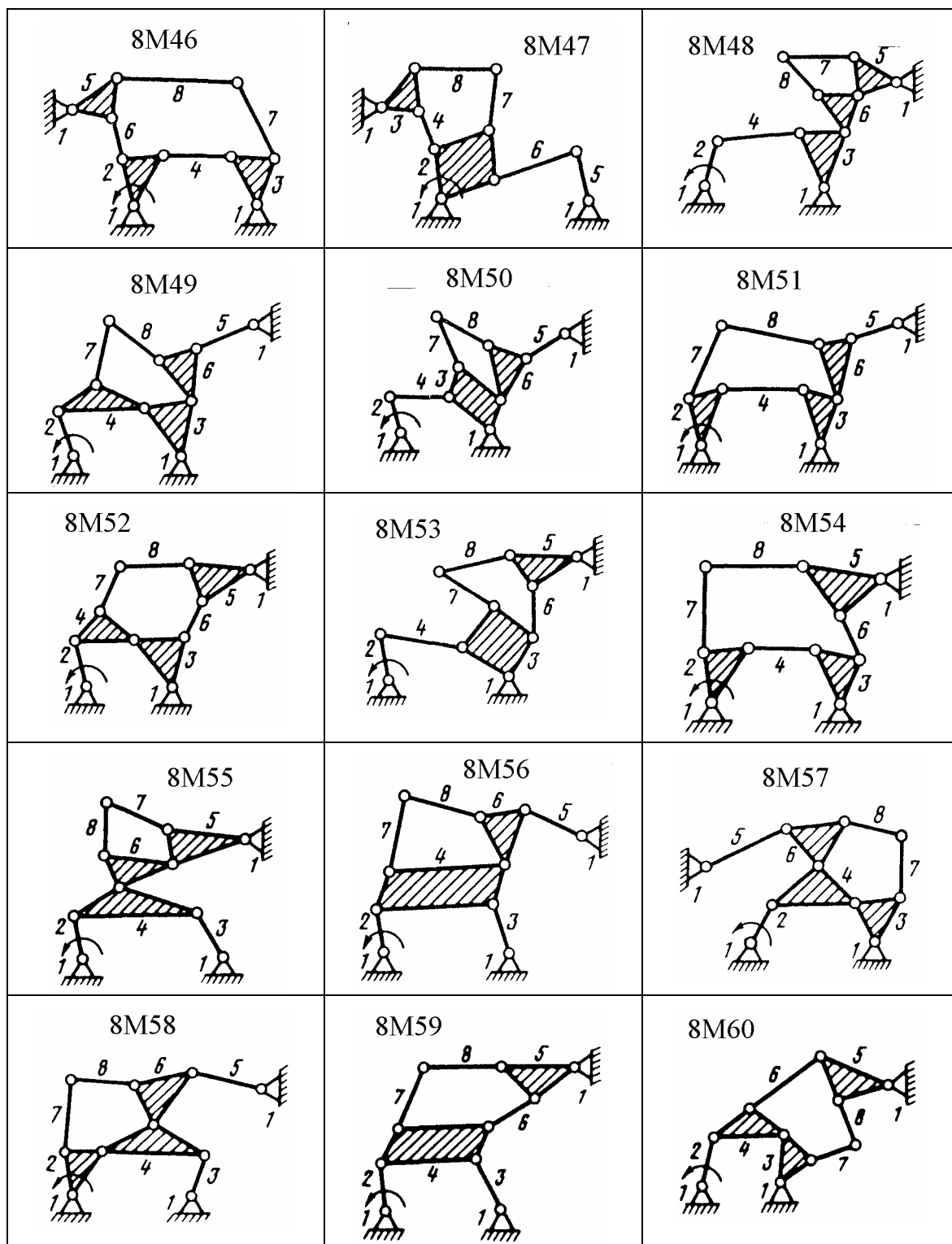


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (продолжение)

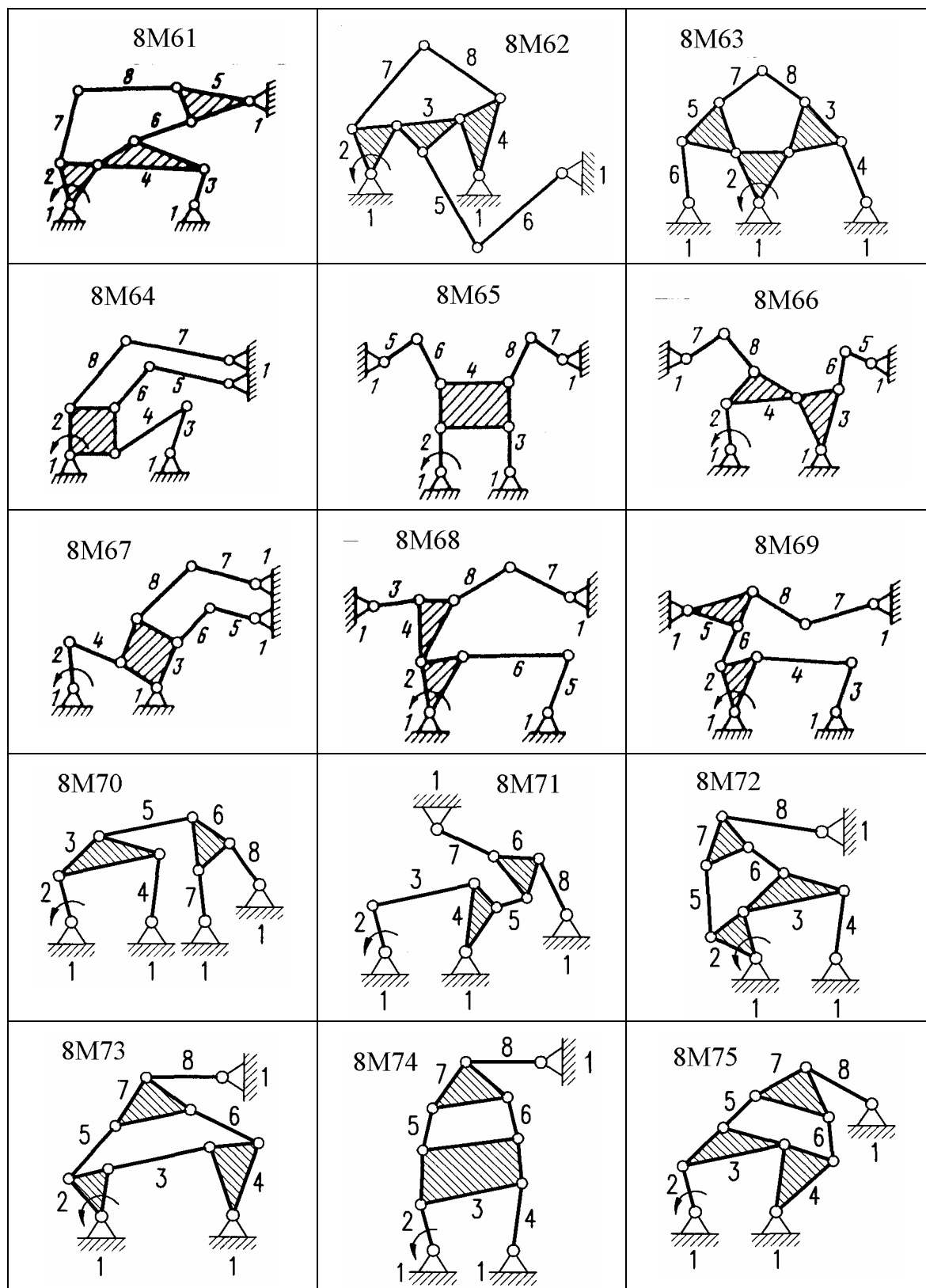


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (продолжение)

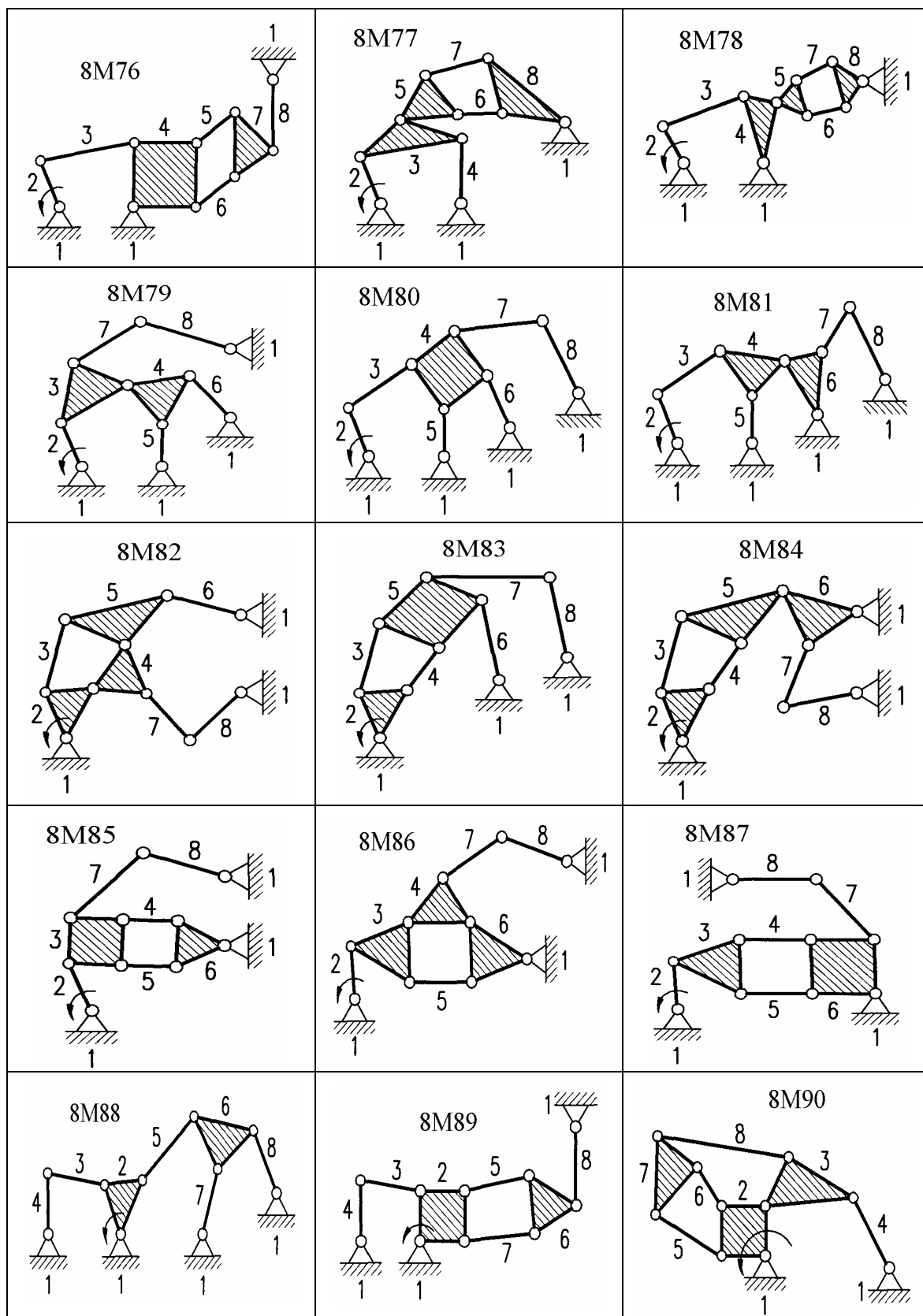


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (продолжение)

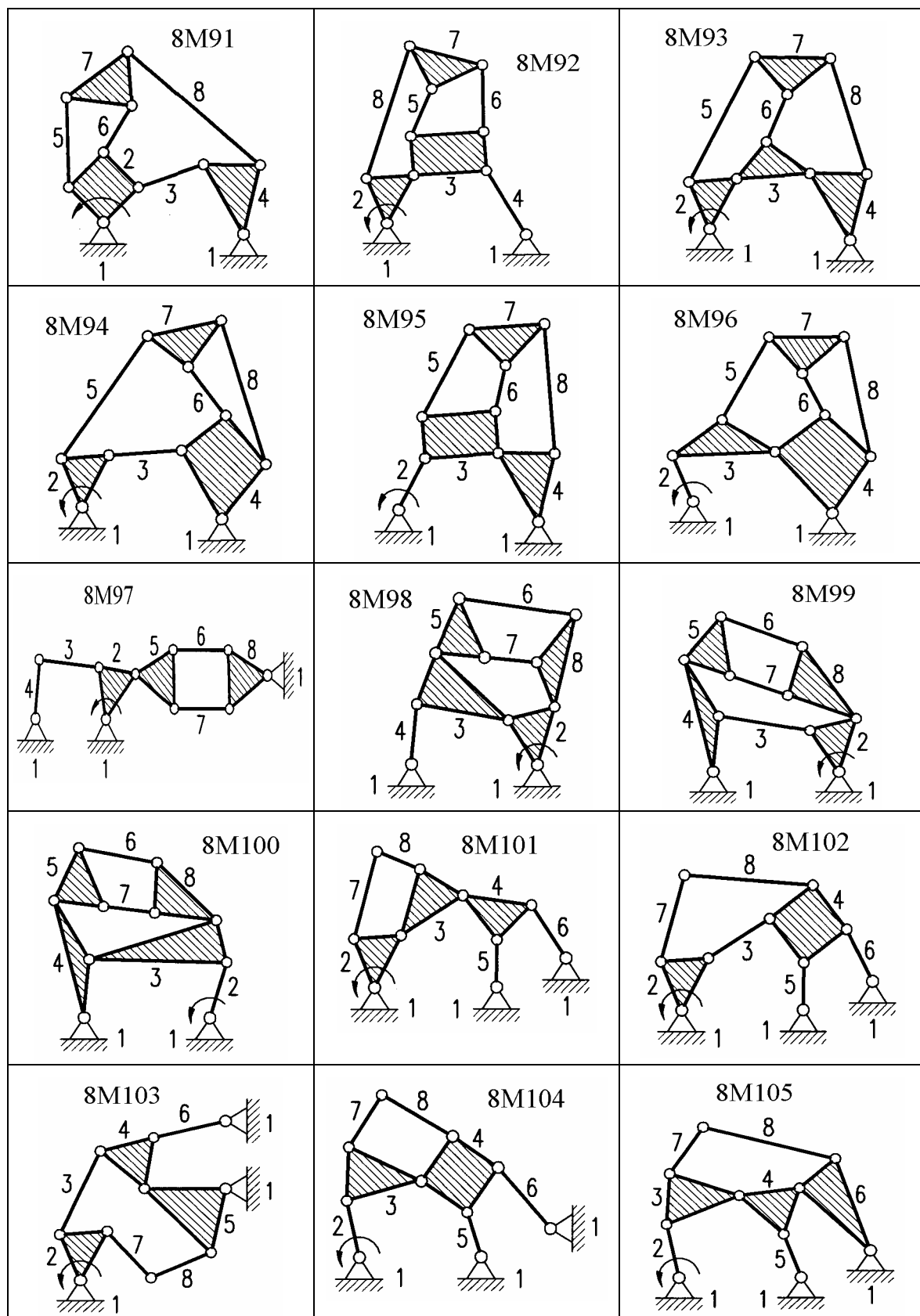


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (продолжение)

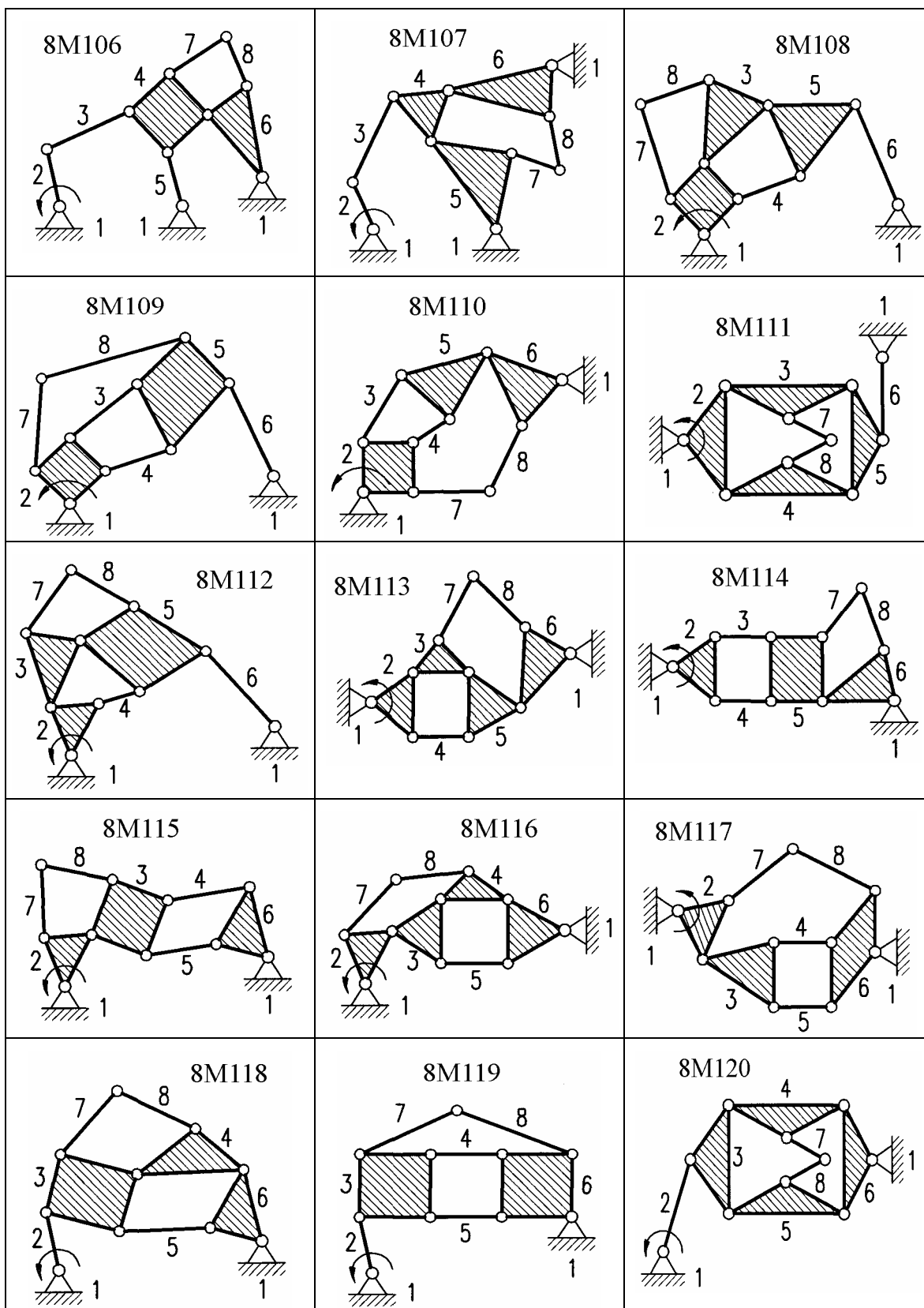


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (продолжение)

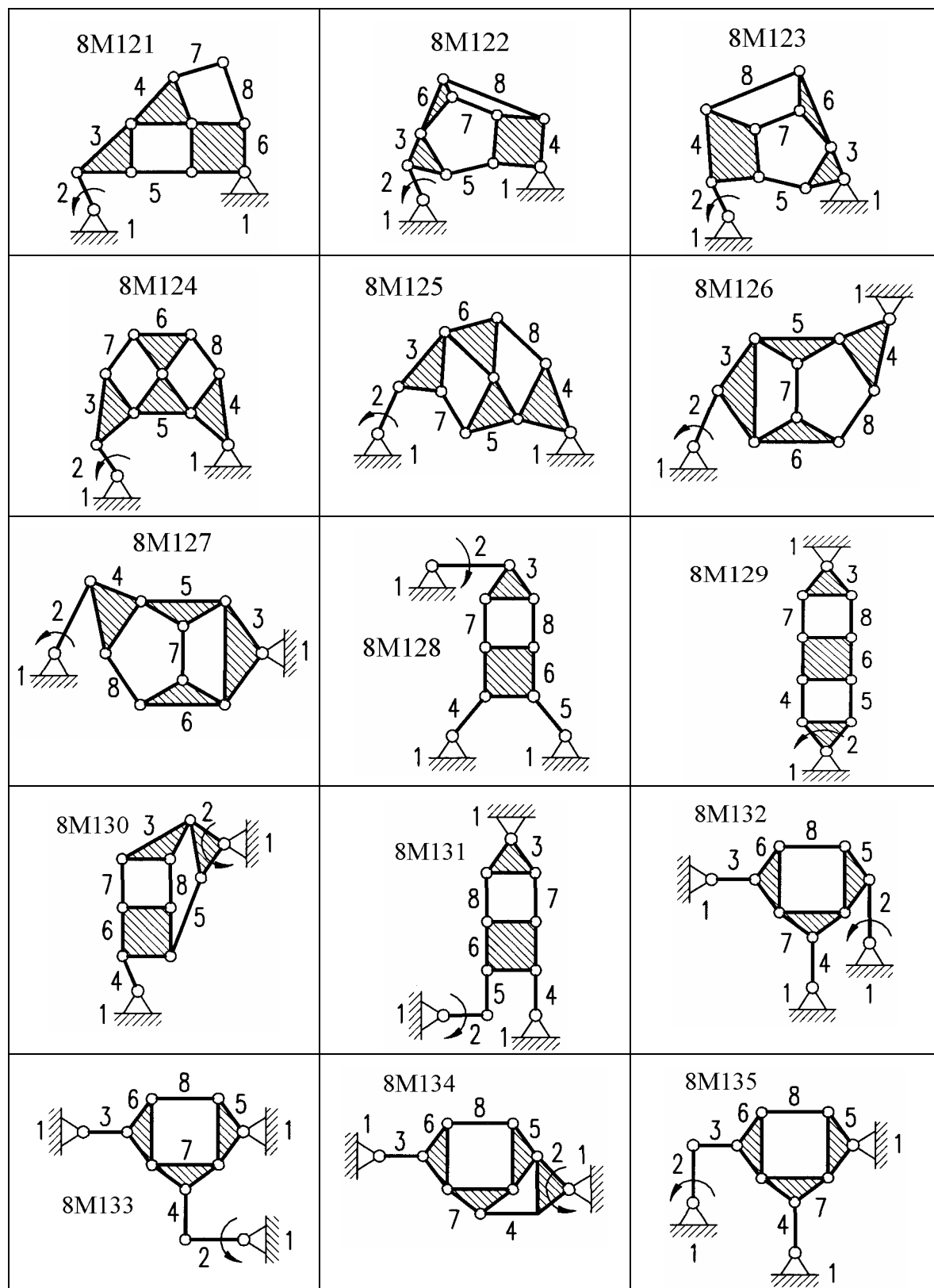


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (продолжение)

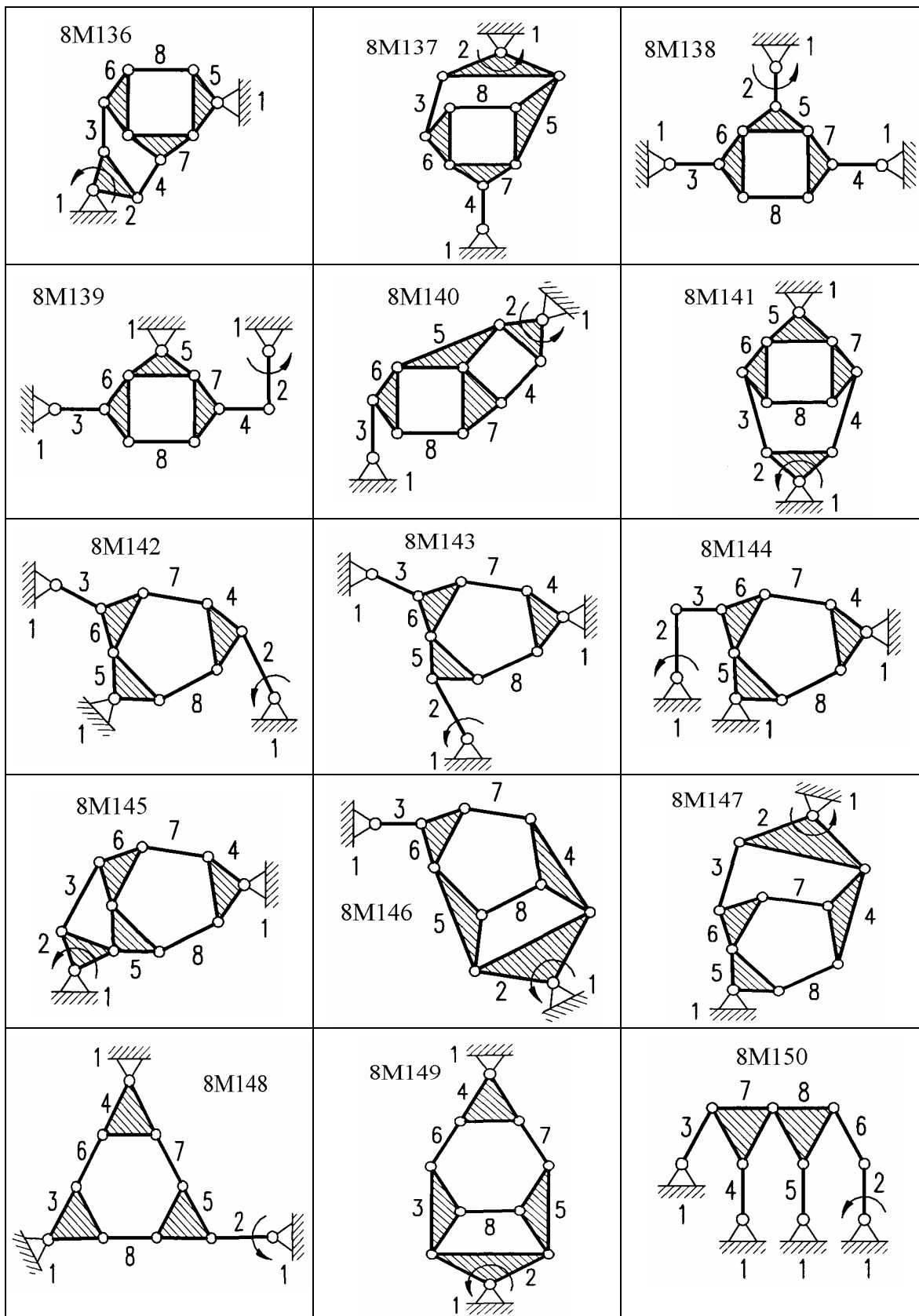


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (продолжение)

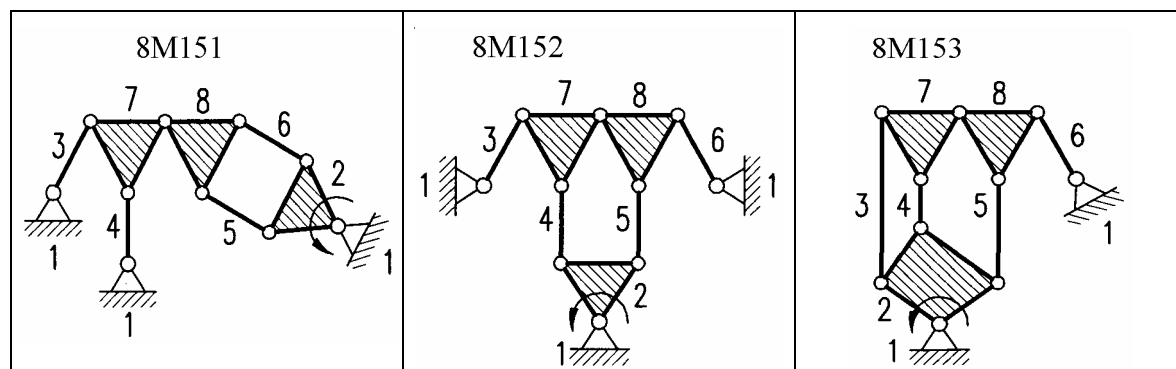


Рис. 1. Восьмизвенные механизмы (окончание)

Разряд механизма характеризует состав входящих в него звеньев. Три цифры в трёхзначном коде разряда – это числа n_2 , n_3 и n_4 двухпарных, трёхпарных и четырёхпарных звеньев в структуре механизма.

Восьмизвенные механизмы могут иметь два, три или четыре неподвижных шарнира, а значит, их можно разделить по этому структурному признаку (табл. 3).

Таблица 2

Число восьмизвенных механизмов первого, второго и третьего классов, распределённых по соответствующим разрядам

| Механизмы | Класс механизмов | Разряд механизмов | | | |
|---------------|------------------|-------------------|-----|-----|-------|
| | | 602 | 521 | 440 | всего |
| 8M1 – 8M69 | 1 | 6 | 32 | 31 | 69 |
| 8M70 – 8M121 | 2 | 3 | 28 | 21 | 52 |
| 8M122 – 8M153 | 3 | 0 | 8 | 24 | 32 |
| Итого | | 9 | 68 | 76 | 153 |

Разряд 602: $n_2 = 6, n_3 = 0, n_4 = 2$. Разряд 521: $n_2 = 5, n_3 = 2, n_4 = 1$.
 Разряд 440: $n_2 = 4, n_3 = 4, n_4 = 0$.

Таблица 3

Число восьмизвенных механизмов первого, второго и третьего классов, имеющих две, три или четыре опоры

| Механизмы | Класс механизмов | Число неподвижных шарниров (опор) | | | |
|---------------|------------------|-----------------------------------|-----|--------|-------|
| | | две | три | четыре | всего |
| 8M1 – 8M69 | 1 | 27 | 32 | 10 | 69 |
| 8M70 – 8M121 | 2 | 24 | 22 | 6 | 52 |
| 8M122 – 8M153 | 3 | 18 | 13 | 1 | 32 |
| Итого | | 69 | 67 | 17 | 153 |

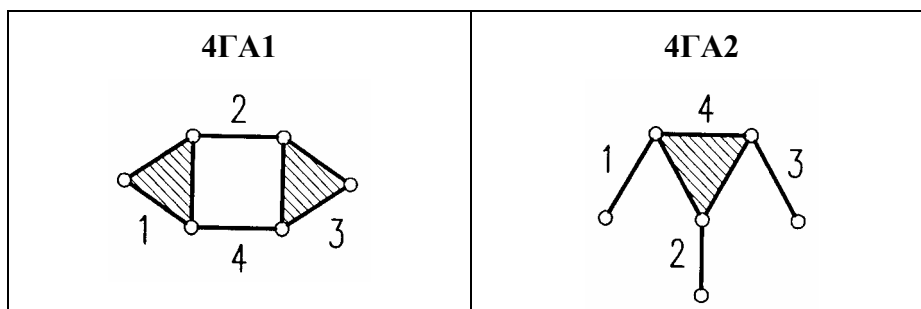


Рис. 2. Четырёхзвенные группы Ассура

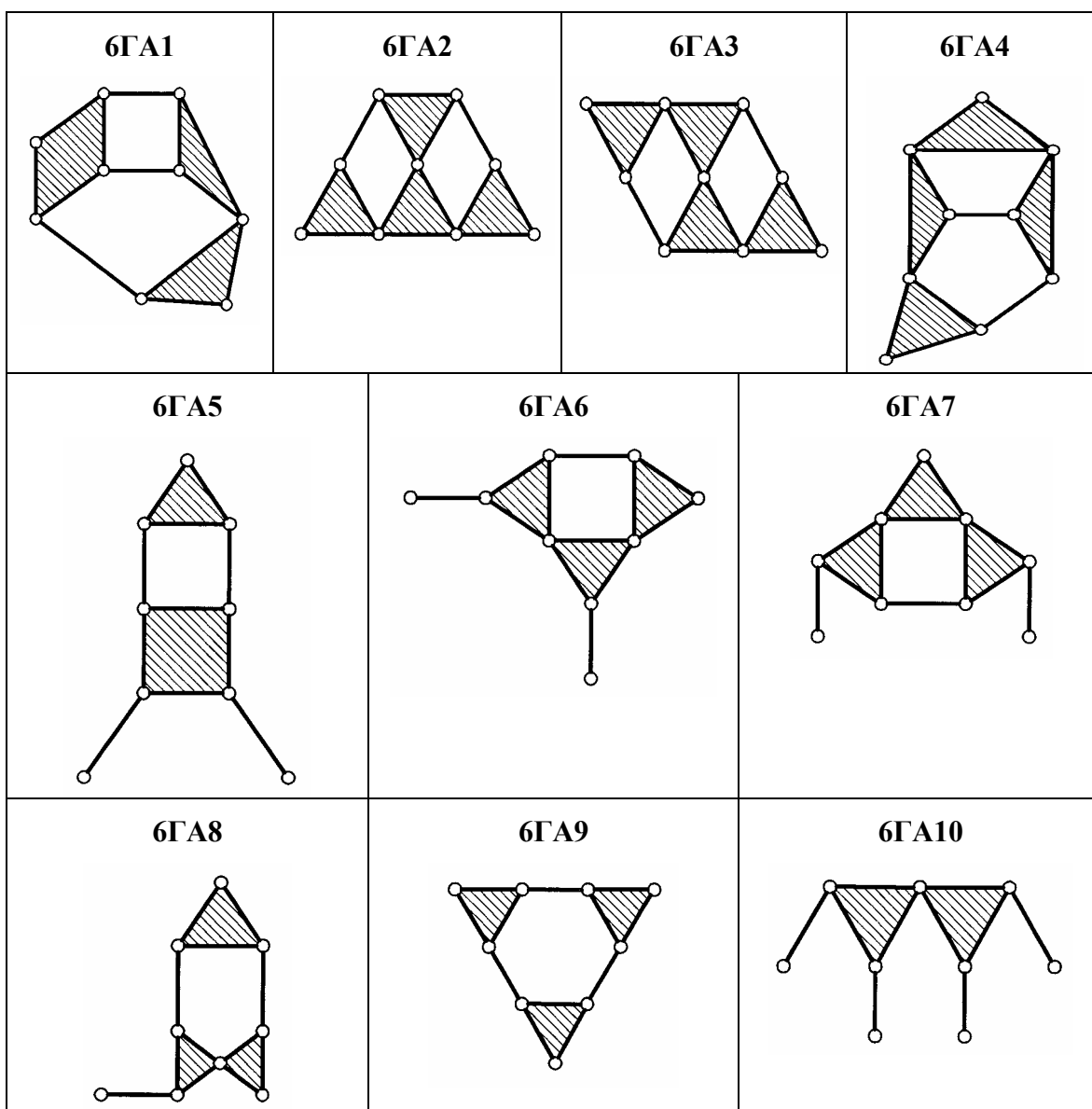


Рис. 3. Шестизвенные группы Ассура

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Hain K., Zielstorff A.-W.** Die zwangläufigen achthgliedrigen Getriebe mit Einfach- und Mehrfachgelenken. – Maschinenmarkt, Würzburg, 70. Jg., 1964, Nr. 64, S. 12-18.
2. **Пейсах Э.Е., Нестеров В.А.** Система проектирования плоских рычажных механизмов. – М.: Машиностроение, 1988. – 232 с.
3. **Пейсах Э.Е.** Атлас структурных схем восьмизвенных плоских шарнирных одноподвижных механизмов с входным звеном, присоединяемым к стойке. – "Математика и механика". Тезисы докладов IX республиканской межвузовской научно-технической конференции по математике и механике. Часть III: "Теоретическая и прикладная механика", Казахский гос. университет, Алма-Ата, 1989, с. 163.
4. **Пейсах Э.Е.** Метод идентификации структурных схем рычажных механизмов. – Проблемы машиностроения и надежности машин, РАН, Москва, 1995, № 5, с. 18-23 (Публикация этой же статьи на англ. языке: Peisakh E.E. A method for identifying the structural diagrams of linkages. – Journal of Machinery, Manufacture and Reliability, 1995, No. 5, pp. 13-17, Allerton Press, New York, USA).
5. **Peisach E., Nazir A.** CAD-system TYPESYN: Identification of Type Diagrams of Plane Linkages and Their Type Synthesis. – Proceedings of the Seventh IFToMM International Symposium on Linkages and Computer Aided Design Methods (SYROM'97), Vol. 1, pp. 235-239, 1997, Bucharest.
6. **Peisach E., Dresig H., Schönherr J.** Typ- und Masssynthese von ebenen Koppelgetrieben mit hoeheren Gliedgruppen (Zwischenbericht zum Fortsetzungsantrag). – DFG-Themenummer: Dr 234/7-1, TU Chemnitz, Professur Maschinendynamik / Schwingunglehre, Professur Getriebelehre, Chemnitz, 1998 (В работе над главой по структурному синтезу механизмов принимал участие S. Gerlach).
7. **Дворников Л.Т.** Опыт структурного синтеза механизмов. // Теория механизмов и машин, 2004. № 2(4). С. 3-17.

Поступила в редакцию 06.12.2006

ОПЕЧАТКА

В части тиража журнала «Теория механизмов и машин», №2, 2005 г., в статье Э.Е.Пейсаха «Оптимальное расположение узлов интерполирования при синтезе цикловых и нецикловых рычажных механизмов» по вине редакции на странице 24 после рисунка пропущены строки:

«...где

$$\begin{aligned}
 B_1(\alpha) &= h_2 \sin \theta_1 \sin \alpha - l_{12} \cos \theta_1; \\
 B_2(\alpha) &= h_1^2 + h_2^2 + l_{12}^2 - h_3^2 - 2h_1h_2 \cos \alpha.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

...»

Редакция приносит свои извинения автору и читателям.