

**О.Ю. КЛАДОВА**, доц., канд.техн.наук,  
**И.Г. ШЕБАНОВ**, проф., канд.техн.наук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского

### ОБ АНАЛОГАХ БИПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ И ПАРНО-ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ОДНИМ САТЕЛЛИТНЫМ ПЛАНЕТАРНЫМ МЕХАНИЗМОМ

Пропонується використання аналогів за загальним передаточним відношенням біпланетарних та парно-планетарних механізмів, завдяки їх перевагам, в механічних авіаційних пристроях.

Using of biplanet and pair-planetary gears analogs (with similar transmission ratio) in view of their advantages is presented.

**Постановка проблемы.** Всё больше распространение в технике получают разработка и изготовление различных типов сложных планетарных механизмов, в связи с этим большое значение приобретает рациональность их строения и область использования.

**Анализ литературы.** В работах [1, 2, 3] установлены условия эквивалентности некоторых замкнутых планетарных зубчатых механизмов и планетарных зубчатых механизмов с парными сателлитами.

Вместе с тем ещё не определены возможные аналоги бипланетарных и парно-планетарных зубчатых механизмов, их достоинства и область использования.

**Цель статьи.** Рассмотрение образования аналогов бипланетарных механизмов и парно-планетарных механизмов (с одним сателлитным планетарным механизмом), их достоинств, формирование рекомендаций по практическому применению.

1. **Аналоги бипланетарных зубчатых механизмов.** Пусть имеем бипланетарный зубчатый механизм [4] типа А-АI-I (рис. 1, а). Преобразуем его в замкнутый планетарный механизм АI-(АI)-H (рис. 1, б), для этого ликвидируем сателлитный планетарный механизм (рис. 1, а) и используем его колёса  $Z_5, Z_6, Z_7, Z_8$  для формирования замыкающей части механизма АI-(АI)-H.

Выражения общих передаточных отношений  $i_{1H}$  механизмов АI-(АI)-H и АI-(АI)-H имеют вид [4]

$$i_{1H}^{(A-AI-I)} = 1 - i_{14}^{(H)} = 1 - (1 - i_{1H}^{(A)}) i_{5H} = i_{1H}^{(A)} + (1 - i_{1H}^{(A)}) i_{58}^{(H)} = 1 + \frac{Z_2 Z_4}{Z_{1Z}} + \frac{Z_2 Z_4 Z_6 Z_8}{Z_1 Z_3 Z_5 Z_7}; \quad (1)$$

$$i_{1H}^{(AI-(AI)-H)} = i_{18} = i_{18}^{(A)} + i_{18}^{(H)} = i_{1H}^{(A)} + (1 - i_{1H}^{(A)}) i_{58} = 1 + \frac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3} + \frac{Z_2 Z_4 Z_6 Z_8}{Z_1 Z_3 Z_5 Z_7}. \quad (2)$$

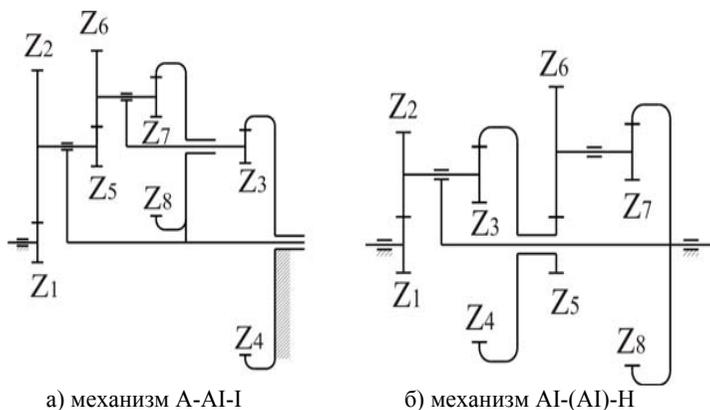


Рис. 1

Таким образом, синтезирован замкнутый планетарный механизм AI-(AI)-H с таким же выражением общего передаточного отношения  $i_{IH}$ , что и у бипланетарного механизма A-AI-I.

При одинаковых числах зубьев одноимённых колёс механизмов

$$i_{IH}^{(AI-(AI)-H)} = i_{IH}^{(A-AI-I)}, \quad (3)$$

то есть механизм AI-(AI)-H является аналогом механизма A-AI-I по общему передаточному отношению.

Аналог имеет более простую кинематическую схему, в его замкнутом контуре отсутствует циркулирующая мощность ( $i_{18}^{(4)} > 0, i_{18}^{(H)} > 0$ )<sup>1</sup>.

Анализ относительных скоростей сателлитов и переборов (таблица 1) также свидетельствуют о преимуществах аналога.

Таблица 1.

Относительные угловые скорости сателлитов и переборов

Механизм A-AI-I	Механизм AI-(AI)-H
$\omega_{2H} = -i_{5h}^{(H)} i_{34}^{(H)} \omega_H =$ $= -\frac{Z_4}{Z_3} \left( 1 + \frac{Z_6 Z_8}{Z_5 Z_7} \right) \omega_H$	$\omega_{2H} = -i_{5h}^{(H)} i_{34}^{(H)} \omega_H =$ $= -\frac{Z_4}{Z_3} \left( 1 + \frac{Z_6 Z_8}{Z_5 Z_7} \right) \omega_H$
$\omega_{6h} = i_{78}^{(h)} i_{34}^{(H)} \omega_H =$ $= \frac{Z_8 Z_4}{Z_7 Z_3} \omega_H$	$\omega_6 = i_{78} \omega_H = \frac{Z_8}{Z_7} \omega_H$

<sup>1</sup> Циркулирующая мощность в замкнутых контурах бипланетарных механизмов почти всегда присутствует [1].

Достоинство аналога определяют ограничения на использование бипланетарного зубчатого механизма для редукции или мультипликации только случаями, сопряженными с формированием сложных траекторий точек сателлитов.

Возможные аналоги бипланетарных механизмов по общему передаточному отношению  $i_{IH}$  приведены в таблице 2 [5].

Таблица 2 позволяет выбрать для редукции или мультипликации рациональный аналог бипланетарного механизма, т.е. такой, в замкнутом контуре которого отсутствует циркулирующая мощность.

Таблица 2.

№№ п.п	Тип бипланетарного механизма	Тип аналога бипланетарного механизма по общему передаточному отношению $i_{IH}$	Наличие циркулирующей мощности в замкнутом контуре аналога
1	2	3	4
1	A-AI-A	AA-(AI)-H	Ц.м. нет при $i_{IH}^{(4)} < 0$
2	A-AI-I	AI-(AI)-H	Ц.м. нет
3	I-AI-A	IA-(AI)-H	Ц.м. нет
4	I-AI-I	II-(AI)-H	Ц.м. нет при $i_{IH}^{(4)} < 0$
5	A- $\overline{AI}$ -A	AA-( $\overline{AI}$ )-H	Ц.м. нет при $i_{IH}^{(4)} < 0$
6	A- $\overline{AI}$ -I	AI-( $\overline{AI}$ )-H	Ц.м. нет
7	I- $\overline{AI}$ -A	IA-( $\overline{AI}$ )-H	Ц.м. нет
8	I- $\overline{AI}$ -I	II-( $\overline{AI}$ )-H	Ц.м. нет при $i_{IH}^{(4)} < 0$
9	A-AA-A	AA-(AA)-H	Ц.м. нет при $0 < i_{IH}^{(4)} < 1$
10	A-AA-I	AI-(AA)-H	Ц.м. есть
11	I-AA-A	IA-(AA)-H	Ц.м. есть
12	I-AA-I	II-(AA)-H	Ц.м. нет при $0 < i_{IH}^{(4)} < 1$
13	A-II-A	AA-(II)-H	Ц.м. нет при $0 < i_{IH}^{(4)} < 1$
14	A-II-I	AI-(II)-H	Ц.м. есть
15	I-II-A	IA-(II)-H	Ц.м. есть
16	I-II-I	II-(II)-H	Ц.м. нет при $0 < i_{IH}^{(4)} < 1$
17	A-IA-A	AA-(IA)-H	Ц.м. нет при $i_{IH}^{(4)} < 0$
18	A-IA-I	AI-(IA)-H	Ц.м. нет

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4
19	I-IA-A	IA-(IA)-H	Ц.м. нет
20	I-IA-I	II-(IA)-H	Ц.м. нет при $i_{IH}^{(4)} < 0$
21	A- $\overline{IA}$ -A	AA-( $\overline{IA}$ )-H	Ц.м. нет при $i_{IH}^{(4)} < 0$
22	A- $\overline{IA}$ -I	AI-( $\overline{IA}$ )-H	Ц.м. нет
23	I- $\overline{IA}$ -A	IA-( $\overline{IA}$ )-H	Ц.м. нет
24	I-IA- $\overline{I}$	II-( $\overline{IA}$ )-H	Ц.м. нет при $i_{IH}^{(4)} < 0$

Среди рациональных аналогов наибольшее общее передаточное отношение  $i_{IH}$  имеют механизмы типа AA-(AI)-H, AI-(AI)-H, AA-( $\overline{AI}$ )-H, AI-( $\overline{AI}$ )-H.

## 2. Аналоги парно-планетарных зубчатых механизмов с одним сателлитным планетарным механизмом

### 2.1 Парно-планетарные зубчатые механизмы с левым блоком парного сателлита в виде сателлитного планетарного механизма.

Пусть имеем механизм типа 2AxAI(л)-AA (рис. 2, а). Преобразуем его в замкнутый планетарный механизм типа AI-AA-(AI)-H<sub>1</sub>,H<sub>2</sub> (рис. 2, б).

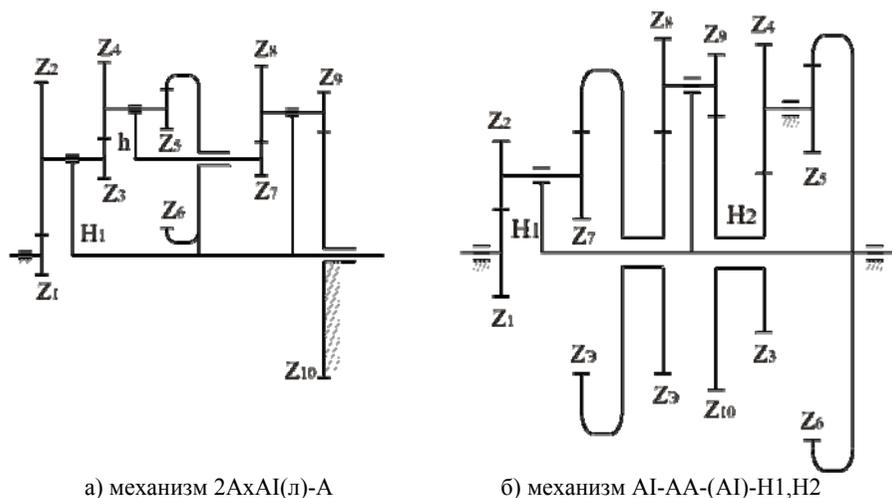


Рис. 2

Для этого введем между колёсами  $Z_7$ - $Z_8$ , соединяющими блоки парного сателлита, дополнительное центральное звено с одинаковыми числами зубьев  $Z_3$  колес с сохранением знака  $i_{78}$  (рис. 2,б), а также ликвидируем сателлитный планетарный механизм (рис. 2,а) и используем его колёса  $Z_3$   $Z_4$   $Z_5$   $Z_6$  для формирования замыкающей части замкнутого контура  $Z_2$ - $Z_7$ - $Z_3$ - $Z_3$ - $Z_8$ - $Z_9$ - $Z_{10}$ - $Z_3$ - $Z_4$ - $Z_5$ - $Z_6$ - $Z_1$  механизма AI-AA-(AI)-H<sub>1</sub>,H<sub>2</sub>

Выражения общих передаточных отношений  $i_{IH}$  механизмов 2AxAI(л)-AA и AI-AA-(AI)-H<sub>1</sub>,H<sub>2</sub> имеют вид

$$i_{IH}^{(2AxAI(л)AA)} = 1 - i_{1,10}^{(H)} = 1 - i_{1,2}^{(H)} i_{2,3}^{(H)} i_{3,h}^{(H)} i_{h,7}^{(H)} i_{7,10}^{(H)} = 1 + \frac{Z_2 Z_8 Z_{10}}{Z_1 Z_7 Z_9} + \frac{Z_2 Z_8 Z_{10} Z_4 Z_6}{Z_1 Z_7 Z_9 Z_3 Z_5}; \quad (4)$$

$$i_{IH}^{AI-AA-(AI)-H_1,H_2} = i_{16} = i_{16}^{(\ominus)} + i_{16}^{(H_1,10)} + i_{16}^{(H_1,H_2)} = i_{1H_1}^{(\ominus)} + i_{1\ominus}^{(H_1)} i_{\ominus H_2}^{(10)} + i_{1\ominus}^{(H_1)} i_{\ominus 10}^{(H_2)} i_{36} = \frac{Z_2 Z_3}{Z_1 Z_7} - \frac{Z_2 Z_3}{Z_1 Z_7} \left(1 - \frac{Z_8 Z_{10}}{Z_3 Z_9}\right) + \frac{Z_2 Z_3 Z_8 Z_{10} Z_4 Z_6}{Z_1 Z_7 Z_9 Z_3 Z_5} = 1 + \frac{Z_2 Z_8 Z_{10}}{Z_1 Z_7 Z_9} + \frac{Z_2 Z_8 Z_{10} Z_4 Z_6}{Z_1 Z_7 Z_9 Z_3 Z_5}.$$

Таким образом, синтезирован замкнутый планетарный зубчатый механизм с двумя замкнутыми контурами: малым  $Z_7$  -  $Z_9$  -  $Z_9$  -  $Z_8$  -  $H_2$  -  $H_7$  и большим  $Z_7$  -  $Z_3$  -  $Z_3$  -  $Z_8$  -  $Z_9$  -  $Z_{10}$  -  $Z_3$  -  $Z_4$  -  $Z_5$  -  $Z_6$  -  $H_1$ .

Выражение общего передаточного отношения  $i_{IH}$  у замкнутого планетарного механизма такое же, как и у парно-планетарного.

При одинаковых числах зубьев одноименных колёс механизмов

$$i_{IH}^{AI-AA-(AI)-H_1,H_2} = i_{IH}^{2AxAI(л)-AA}. \quad (6)$$

То есть, механизм AI-AA-(AI)-H<sub>1</sub>,H<sub>2</sub> является аналогом механизма 2AxAI(л)-AA по общему передаточному отношению  $i_{IH}$ .

Аналог, несмотря на увеличение числа звеньев, имеет более простую кинематическую схему. В замкнутых контурах при  $i_{\ominus H_2}^{(10)} < 0$  отсутствует циркулирующая мощность ( $i_{16}^{(\ominus)} > 0$ ;  $i_{16}^{(H_1,10)} > 0$ ;  $i_{16}^{(H_1,H_2)} > 0$ ).

Выражения для определения относительных угловых скоростей сателлитов и переборков представлены в таблице 3.

Достоинства аналога определяют ограничения на использование парно-планетарного зубчатого механизма с левым блоком парного сателлита в виде сателлитного планетарного механизма для редукции или мультипликации только случаями, сопряженными с формированием сложных траекторий точек сателлитов.

Таблица 3.

Относительные угловые скорости спутников и переборов

Механизм 2AxAI(л)-AA	механизм AI-AA-(AI)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>
$\omega_{2H} = -i_{3h}^{(6)} i_{7,10}^{(H_2)} \omega_H = -\frac{Z_8 Z_{10}}{Z_7 Z_9} \left(1 + \frac{Z_4 Z_6}{Z_3 Z_5}\right) \omega_H$	$\omega_{2H} = i_{23}^{(H)} i_{5,10}^{(H)} (i_{36} - 1) \omega_H = -\frac{Z_8 Z_{10}}{Z_7 Z_9} \left(1 + \frac{Z_4 Z_6}{Z_3 Z_5}\right) \omega_H$
$\omega_{4h} = i_{46}^h i_{7,10}^{(H_2)} \omega_H = \frac{Z_6 Z_8 Z_{10}}{Z_5 Z_7 Z_9} \omega_H$	$\omega_5 = i_{56} \omega_H = \frac{Z_6}{Z_5} \omega_H$
$\omega_{8,H_2} = -i_{8,10}^{(H_2)} \omega_{H_2} = \frac{Z_{10}}{Z_9} \omega_H$	$\omega_{8,H_2} = i_{8,10}^{(H_2)} (i_{36} - 1) \omega_H = \frac{Z_{10}}{Z_9} \left(1 + \frac{Z_4 Z_6}{Z_3 Z_5}\right) \omega_H$

Другие аналоги парно-планетарных механизмов с левым блоком парного спутника в виде спутникового планетарного механизма приведены в таблице 4.

Таблица 4.

№ п.п.	Тип парно-планетарного механизма	Тип аналога парно-планетарного механизма по общему передаточному отношению	Наличие циркулирующей мощности в малом замкнутом контуре	Наличие циркулирующей мощности в большом замкнутом контуре
1	2	3	4	5
1	2AxAI(л)-AA	AI-AA-(AI)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{\mathcal{E}H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет
2	2AxAI(л)-AI	AI-AI-(AI)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. есть	Ц.м. есть
3	2AxAI(л)-IA	II-AA-(AI)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{\mathcal{E}H_2}^{(10)} < 0$ ; $i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$
4	2AxAI(л)-II	II-AI-(AI)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$
5	2AxAI(л)-AA	AI-AA-(AI)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{\mathcal{E}H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет
6	2AxAI(л)-AI	AI-AI-(AI)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. есть	Ц.м. есть
7	2AxAI(л)-IA	II-AA-(AI)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{\mathcal{E}H_2}^{(10)} < 0$ ; $i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$
8	2AxAI(л)-II	II-AI-(AI)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5
9	2AxAA(л)-AA	AI-AA-(AA)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{\mathcal{E}H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. есть
10	2AxAA(л)-AI	AI-AI-(AA)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. есть	Ц.м. нет
11	2Ax-AA(л)-IA	II-AA-(AA)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 1$ ; $0 < i_{1H_2}^{(10)} < 1$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 1$
12	2AxAA(л)-II	II-AI-(AA)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} > 0$ ;	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} > 0$
13	2AxII(л)-AA	AI-AA-(II)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{\mathcal{E}H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. есть
14	2AxII(л)-AI	AI-AI-(II)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. есть	Ц.м. нет
15	2AxII(л)-IA	II-AA-(II)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 1$ ; $0 < i_{\mathcal{E}H_2}^{(10)} < 1$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 1$ ;
16	2AxII(л)-II	II-AI-(II)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} > 0$ ;	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$
17	2AxIA(л)-AA	AI-AA-(IA)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{\mathcal{E}H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет
18	2AxIA(л)-AI	AI-AI-(IA)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. есть	Ц.м. есть
19	2AxIA(л)-IA	II-AA-(IA)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$ ; $i_{\mathcal{E}H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 0$
20	2AxIA(л)-II	II-AI-(IA)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 1$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\mathcal{E})} < 1$
21	2AxIA(л)-AA	AI-AA-(IA)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. нет при $i_{\mathcal{E}H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет
22	2AxIA(л)-AI	AI-AI-(IA)-H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub>	Ц.м. есть	Ц.м. есть

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5
23	2Ax $\overline{IA}$ (л)-IA	II-AA-( $\overline{IA}$ )-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$ ; $i_{\ominus H_2}^{(\ominus)} > 0$	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$
24	2Ax $\overline{IA}$ (л)-II	II-AI-( $\overline{IA}$ )-H1,H2	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$
25	2IxAI (л)-AA	AA-AA-(AI)-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$ ; $i_{\ominus H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$
26	2IxAI (л)-AI	AA-AI-(AI)-H1,H2	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$
27	2IxAI (л)-IA	IA-AA-(AI)-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{\ominus H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет
28	2IxAI (л)-II	IA-AI-(AI)-H1,H2	Ц.м. есть	Ц.м. есть
29	2Ix $\overline{AI}$ (л)-AA	AA-AA-( $\overline{AI}$ )-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$ ; $i_{\ominus H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$
30	2Ix $\overline{AI}$ (л)-AI	AA-AI-( $\overline{AI}$ )-H1,H2	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$
31	2Ix $\overline{AI}$ (л)-IA	IA-AA-( $\overline{AI}$ )-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{\ominus H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет
32	2Ix $\overline{AI}$ (л)-II	IA-AI-( $\overline{AI}$ )-H1,H2	Ц.м. есть	Ц.м. есть
33	2IxAA (л)-AA	AA-AA-(AA)-H1,H2	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$ ; $0 < i_{\ominus H_2}^{(10)} < 1$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$
34	2IxAA (л)-AI	AA-AI-(AA)-H1,H2	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$
35	2IxAA (л)-IA	IA-AA-(AA)-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{\ominus H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. есть
36	2IxAA (л)-II	IA-AA-(AA)-H1,H2	Ц.м. есть	Ц.м. нет

Окончание таблицы 4.

1	2	3	4	5
37	2IxII(л)-AA	AA-AA-(II)-H1,H2	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$ ; $0 < i_{\ominus H_2}^{(10)} < 1$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$
38	2IxII(л)-AI	AA-AI-(II)-H1,H2	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$
39	2IxII(л)-IA	IA-AA-(II)-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{\ominus H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. есть
40	2IxII(л)-II	IA-AA-(II)-H1,H2	Ц.м. есть	Ц.м. нет
41	2IxIA(л)-AA	AA-AA-(IA)-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$ ; $i_{\ominus H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$
42	2IxIA(л)-AI	AA-AI-(IA)-H1,H2	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$
43	2IxIA(л)-IA	IA-AA-(IA)-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{\ominus H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет
44	2IxIA(л)-II	IA-AA-(IA)-H1,H2	Ц.м. есть	Ц.м. есть
45	2Ix $\overline{IA}$ (л)-AA	AA-AA-( $\overline{IA}$ )-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$ ; $i_{\ominus H_2}^{(10)} < 0$	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$
46	2Ix $\overline{IA}$ (л)-AI	AA-AI-( $\overline{IA}$ )-H1,H2	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$	Ц.м. нет при $0 < i_{1H_1}^{(\ominus)} < 1$
47	2Ix $\overline{IA}$ (л)-IA	AA-AI-( $\overline{IA}$ )-H1,H2	Ц.м. нет при $i_{1H_1}^{(\ominus)} < 0$	Ц.м. нет
48	2Ix $\overline{IA}$ (л)-II	IA-AA-( $\overline{IA}$ )-H1,H2	Ц.м. есть	Ц.м. есть

Таблица 4 позволяет выбрать для редукции или мультипликации рациональный аналог парно-планетарного механизма. Среди рациональных аналогов наибольшие передаточные отношения имеют механизмы AI-AA-(AI)-H<sub>1</sub>,H<sub>2</sub>; AI-AA-( $\overline{AI}$ )-H<sub>1</sub>,H<sub>2</sub>; AI-AA-(IA)-H<sub>1</sub>,H<sub>2</sub>; AA-AA-(AI)-H<sub>1</sub>,H<sub>2</sub>; AA-AA-(AI)-H<sub>1</sub>,H<sub>2</sub>; AA-AA-(IA)-H<sub>1</sub>,H<sub>2</sub>.

