

Подшипники с цилиндрическими роликами

Подшипники с цилиндрическими роликами изготавливаются различных типов и размеров, в частности, однорядные подшипники с цилиндрическими роликами, а также двухрядные подшипники с цилиндрическими роликами, с сепаратором или без него, как показано на рисунке ниже.

В случае подшипников с цилиндрическими роликами ролики направляются сбоку фиксированными ребрами одного кольца.

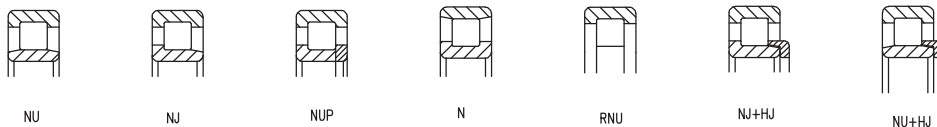
В случае подшипников с сепаратором кольцо с ребрами и ролики, удерживаемые в сепараторе, можно вытащить из другого кольца, что означает, что эти подшипники разборные.

Следовательно, подшипники из сочленений гораздо проще монтировать и демонтировать, особенно если из-за условий нагрузки для обоих колец нужны компенсационные посадки.

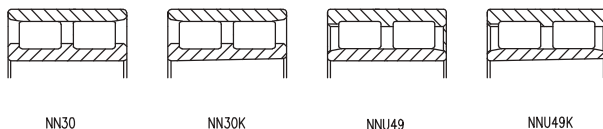
Подшипники поставляются с роликами без предварительного натяга на обоих концах образующей линии. Поэтому линейный контакт между роликами и кольцами эффективно изменяется, т.е. удастся избежать напряжения по периферии.

- однорядные
- двухрядные
- без сепаратора (полный комплект)

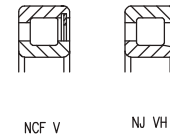
- однорядные



- двухрядные



- без сепаратора
(полный комплект)



Суффиксы

- AR** - Добавлена шлифовка на дорожке качения внутреннего кольца
- B** - Подшипники с цилиндрическими роликами с увеличенным внутренним кольцом
- C2** - Радиальный зазор меньше нормы, подшипник со сменными элементами
- C2NA** - Радиальный зазор меньше нормы, подшипник со взаимозаменяемыми элементами
- C3** - Радиальный зазор больше нормы, подшипник со сменными элементами
- C3NA** - Радиальный зазор больше нормы, подшипник с взаимозаменяемыми элементами
- D** - Двухкомпонентное внутреннее кольцо

- E** - Подшипники с цилиндрическими роликами, модель E (увеличенная расчетная статическая и динамическая нагрузка)
- F** - сепаратор из обработанной стали или специального чугуна
- F2** - Конструктивная модификация
- K** - Подшипник с коническим посадочным отверстием
- M** - Механически обработанный латунный сепаратор, направляемый на элементы качения
- M6** - Механически обработанный латунный сепаратор с интегрированными заклепками
- MA** - Механически обработанный латунный сепаратор, направляемый в наружное кольцо
- MA6** - Механически обработанный латунный сепаратор с интегрированными заклепками, направляемый на наружное кольцо

- MB** - Механически обработанный латунный сепаратор, направляемый во внутреннее кольцо
- MPA** - Механически обработанный латунный сепаратор (однокомпонентный)
- N** - Кольцевая канавка на наружном кольце для упорного кольца
- NA** - Радиальный зазор, невзаимозаменяемые элементы
- NR** - Кольцевая канавка во внешнем кольце и упорном кольце
- P** - Двухкомпонентное наружное кольцо
- P5** - Класс допуска выше нормы (P6)
- P51** - Класс допуска P5 и радиальный зазор C1
- P53** - Класс допуска P5 и радиальный зазор C3
- P4** - Класс допуска выше P5
- P41** - Класс допуска P4 и радиальный зазор C1
- R...** - Нестандартный радиальный зазор (например, R45...85)
- TN** - Полиамидный сепаратор
- V** - Роликовый подшипник без сепаратора (полный комплект)
- VH** - Самоудерживающийся роликовый подшипник без сепаратора
- W20** - Смазочные отверстия в наружном кольце
- W518** - Смазочные отверстия в наружном и внутреннем кольце
- W5** - Смазочная канавка и отверстия в обоих кольцах
- W513** - Смазочная канавка и отверстия в наружном кольце и смазочные отверстия во внутреннем кольце W513 = W33 + W26
- W7** - Фиксирующие отверстия
- W8** - Смазочная канавка со стороны поверхности наружного кольца
- W9** - Смазочная канавка со стороны поверхности внутреннего кольца
- W20** - Смазочные отверстия в наружном кольце
- W33** - Смазочная канавка и отверстия в наружном кольце
- W44** - Смазочная канавка и отверстия во внутреннем кольце W33- W9 + W33
- ZS** - Радиальный зазор NA; при смене элементов подшипника зазор можно получить благодаря взаимозаменяемым элементам.

Подшипники с цилиндрическими роликами с одним или более рядов

Подшипники с цилиндрическими роликами с одним или более рядов изготавливаются компанией ART в различных конструктивных исполнениях в зависимости от положения ребер на кольцах URB. В таблицах

подшипников приведены четыре основных модели (NU, NJ, N и NUP).

Подшипники модели NU имеют два фиксированных ребра на наружном кольце и одно гладкое внутреннее кольцо. Подшипники модели N имеют два фиксированных ребра на внутреннем кольце и одно гладкое наружное кольцо. Эти конструкции допускают осевое смещение вала по отношению к корпусу в определенных пределах. Поэтому эти подшипники качения используются в свободных подшипниковых узлах.

Подшипники конструкции NJ имеют два фиксированных ребра на наружном кольце и одно фиксированное ребро на внутреннем кольце, которые могут направлять вал в одном (осевом) направлении.

Подшипники модели NUP имеют также два фиксированных ребра на наружном кольце, а на внутреннем кольце — фиксированное ребро и опорную шайбу. Таким образом, их можно использовать в качестве фиксирующих подшипников, направляющих вал по оси в обоих направлениях.

Для направления вала в одном направлении также можно использовать подшипник модели NU, комбинированный с опорной шайбой. Так получается конструктивный вариант NUJ.

Опорные шайбы с обеих сторон подшипника модели NU не допускаются, так как они приводят к осевой блокировке роликов.

Подшипники с цилиндрическими роликами могут выдерживать сильные радиальные нагрузки и работать при высоких скоростях.

Подшипники с цилиндрическими роликами с двумя и более рядами имеют небольшие сечения, способность выдерживать высокие нагрузки и жесткость.

Эти подшипники обеспечивают высокую жесткость, максимальную способность выдерживать высокие нагрузки и особенно хорошо подходят для держателей инструментов на станках и прокатных станах.

Двухрядные подшипники с цилиндрическими роликами серий NNU49 и NN30 обычно изготавливаются в соответствии с классами допуска P5 и SP, используемыми для станков.

Крупногабаритные подшипники серии NNU49 также изготавливаются в соответствии с нормальным классом допуска.

Подшипники с цилиндрическими роликами с канавкой упорного кольца

Однорядные подшипники с цилиндрическими роликами также изготавливаются с канавками для упорного кольца на наружном кольце. Такая конструкция

упрощает соединение подшипников, поскольку подшипники располагаются в корпусе с помощью упорных колец. Канавки упорных колец и упорные кольца соответствуют ISO 464 и таблицам 7 и 8 на стр. 90 и 92.

Подшипники с цилиндрическими роликами без сепаратора (полный набор)

Эти подшипники включают максимальное количество роликов и имеют небольшое сечение по отношению к своей ширине.

Это обеспечивает способность выдерживать высокие нагрузки и позволяет создавать компактные конструкции.

Подшипники с цилиндрическими роликами без сепаратора нельзя использовать на таких же высоких скоростях, на которых используются подшипники с сепараторами. Эти подшипники изготавливаются с одно- или более рядными роликами, к обозначению подшипника добавляется суффикс V. Чаще всего используются подшипники серий NCF29 V, NCF30 V и NJ23 VH, которые приведены в этом каталоге на стр. 210.

Размеры

Основные размеры стандартных подшипников, приведенные в таблицах, соответствуют стандарту ISO15.

Смещение центра

Модифицированный контакт между роликами и дорожкой качения позволяет избежать не только периферийных напряжений, но и, в случае однорядных роликовых подшипников, допускает радиальное смещение внешнего кольца относительно внутреннего в зависимости от серии подшипников и нагрузки согласно таблице 1.

Допускаемое смещение		
		Таблица 1
Серии подшипников	Допускаемое смещение	
	$P \leq 0,1 C_r$	$P > 0,1 C_r$
NU10, NU2, NU3, NU4, NU2E, NU3E	макс. 3'	макс. 7'
NU22, NU23, NU22E, NU23E	макс. 2'	макс. 4'
N,NJ,NUP все серии	макс. 2'	макс. 4'

Радиальный зазор для однорядных и двухрядных подшипников с цилиндрическими роликами											
Со сменными элементами С цилиндрическим посадочным отверстием ¹⁾											
Таблица 2											
Диаметр посадочного отверстия		Обозначение группы зазоров									
d	до	C2		Норма		C3		C4		C5	
		мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм									
24	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	100	110	140
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735
500	560	120	240	240	360	360	480	480	600	660	780
560	630	140	260	260	380	380	500	500	620	675	795
630	710	145	285	285	425	425	565	565	705	765	845
710	800	150	310	310	470	470	630	630	790	860	950
800	900	180	350	350	520	520	690	690	860	940	1030
900	1000	200	390	390	580	580	770	770	960	1050	1150
1000	1120	220	430	430	640	640	850	850	1060	1160	1270
1120	1250	230	470	470	710	710	950	950	1190	1290	1430
1250	1400	270	530	530	790	790	1050	1050	1310	1410	1570
1400	1 600	330	610	610	890	890	1170	1170	1450	1560	1730

1) Радиальный зазор для подшипников с коническим посадочным отверстием располагается в шахматном порядке с одной группой справа, например, радиальный зазор C3 для подшипников с цилиндрическим посадочным отверстием совпадает с Нормальным радиальным зазором для подшипников с коническим посадочным отверстием.

Допуски и радиальный зазор

Однорядные подшипники с цилиндрическими роликами обычно изготавливаются обычного класса допуска с нормальным радиальным зазором. Они также могут быть изготовлены с более точными классами допуска и с большими (С3NA и С4NA) или меньшими (С1NA и С2NA) радиальными зазорами.

Допуски подшипников с цилиндрическими роликами приведены на стр. 28.

Радиальные зазоры по международному стандарту ISO 5753 приведены в таблицах 2 и 3 для подшипников с цилиндрическими посадочными отверстиями, как со сменными, так и с невзаимозаменяемыми кольцами (NA).

Сепараторы

Однорядные подшипники с цилиндрическими роликами малого и среднего размера, как правило, оснащаются сепараторами из штампованной стали. Крупногабаритные подшипники оснащаются механически обработанными латунными сепараторами нормальной конструкции, т.е. сепараторами разборной модели, направляемыми на тела качения М, на наружной поверхности МА или на внутренней поверхности МВ. При больших нагрузках и высоких скоростях сепараторы изготавливаются цельными. Сепараторы из полиамида 6,6, армированного стекловолокном, успешно применяются в подшипниках малого и среднего размера, если эксплуатационная температура не превышает +120°C. У этих сепараторов низкая масса, низкий коэффициент трения, и они бесшумны в эксплуатации.

Модель сепаратора и некоторые технические характеристики приведены в таблице 4.

Радиальный зазор для однорядных и двухрядных подшипников с цилиндрическими роликами													
С невзаимозаменяемыми элементами С цилиндрическим посадочным отверстием ¹⁾													
Диаметр посадочного отверстия		Обозначение группы зазоров											
d		C1NA		C2NA		NA		C3NA		C4NA		C5NA	
более	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм											
2,5	6	0	7	8	15	15	15	30	40	40	50		
6	10	0	7	10	20	20	30	35	45	45	55		
10	14	0	10	10	20	20	30	35	45	45	55		
14	24	5	15	10	20	20	30	35	45	45	55	65	75
24	20	5	15	10	25	25	35	40	50	50	60	70	80
30	40	5	15	12	25	25	40	45	55	55	70	80	95
40	50	5	18	15	30	30	45	50	65	65	80	95	110
50	65	5	20	15	35	35	50	55	75	75	90	110	130
65	80	10	25	20	40	40	60	70	90	90	110	130	150
80	100	10	30	25	45	45	70	80	105	105	125	155	180
100	120	10	30	25	50	50	80	95	120	120	145	180	205
120	140	10	35	30	60	60	90	105	135	135	160	200	230
140	160	10	35	35	65	65	100	115	150	150	180	225	260
160	180	10	40	35	75	75	110	125	165	165	200	250	285
180	200	15	45	40	80	80	120	140	180	180	220	275	315
200	225	15	50	45	90	90	135	155	200	200	240	305	350
225	250	15	50	50	100	100	150	170	215	215	265	330	380
250	280	20	55	55	110	110	165	185	240	240	295	370	420
280	315	20	60	60	120	120	180	205	265	265	325	410	470
315	355	20	65	65	135	135	200	225	295	295	360	455	520
355	400	25	75	75	150	150	225	255	330	330	405	510	585
400	450	25	85	85	170	170	255	285	370	370	455	565	650
450	500	25	95	95	190	190	285	315	410	410	505	625	720
500	560	25	100	105	210	210	315	350	455	455	560	720	815
560	630	30	110	115	230	230	345	390	505	505	620	800	910
630	710	30	130	130	260	260	390	435	565	565	695	900	1030
710	800	35	140	145	290	290	435	485	630	630	775	1000	1140
800	900	35	160	160	320	320	480	540	700	700	860	1130	1290
900	1000	35	180	180	360	360	540	600	780	780	960	1270	1440
1000	1120	50	200	200	400	400	600	660	860	860	1060	1380	1560
1120	1250	60	220	220	440	440	660	730	950	950	1170	1520	1720
1250	1400	60	240	240	480	480	720	810	1050	1050	1290	1680	1900
1400	1600	70	270	270	540	540	810	910	1190	1190	1460	1900	2150

¹⁾ Радиальный зазор для подшипников с коническим посадочным отверстием располагается в шахматном порядке с одной группой справа, например, радиальный зазор С3NA для подшипников с цилиндрическим посадочным отверстием совпадает с радиальным зазором NA для подшипников с коническим посадочным отверстием.

Минимальная нагрузка

Подшипники с цилиндрическими роликами должны подвергаться заданной минимальной нагрузке, чтобы можно было гарантировать правильную работу этих подшипников.

Это особенно необходимо, когда подшипники ра-

ботают на высоких скоростях, а центробежные силы создают дополнительное трение в подшипнике за счет скольжения между роликами и дорожкой качения.

Значения минимальной нагрузки можно достаточно точно вычислить с помощью уравнения:

$$F_m = 0,02 C_1, \text{ кН}$$

Модель сепаратора и некоторые технические данные					
Сепаратор мм	Модель		Область применения	Макс. значение D _m p	
	подшипник	сепаратор		масло	смазка
Сепаратор из штампованного листа с ребрами			<ul style="list-style-type: none"> - Общее применение - Малая инерция - Обеспечивает необходимое смазывание подшипника - Умеренная скорость - Подшипники NU, NJ, NUP 	550x10 ³	400x10 ³
Сепаратор из штампованного листа с ребрами			<ul style="list-style-type: none"> - Общее применение - Малая инерция - Обеспечивает необходимое смазывание подшипника - Умеренная скорость - Подшипники N 	550x10 ³	400x10 ³
Сепаратор из штампованного листа			<ul style="list-style-type: none"> - Общее применение - Малая инерция - Обеспечивает необходимое смазывание подшипника - Умеренная скорость - Подшипники конструкции E типа NU, NJ, NUP 	550x10 ³	400x10 ³
Сепаратор из штампованного листа с ребрами			<ul style="list-style-type: none"> - Общее применение - Малая инерция - Обеспечивает необходимое смазывание подшипника - Умеренная скорость - Подшипники NU, NJ, NUP 	550x10 ³	400x10 ³
Механически обработанный латунный сепаратор M, MA, MB			<ul style="list-style-type: none"> - Область общего применения - Тяжелые нагрузки - Умеренная и высокая скорость - Подшипники с d>100 мм 	1200x10 ³	900x10 ³
Механически обработанный латунный сепаратор M6, MA6			<ul style="list-style-type: none"> - Область общего применения - Высокие нагрузки - Умеренная и высокая скорость 	1200x10 ³	900x10 ³
Полиамидный сепаратор TN			<ul style="list-style-type: none"> - Общее применение - Низкий момент трения - Высокие скорости - Низкий уровень шума - T < 120°C 	1400x10 ³	1100x10 ³
Цельный механически обработанный латунный сепаратор MPA			<ul style="list-style-type: none"> - Область общего применения - Тяжелые нагрузки - Обеспечивает необходимое смазывание - Высокая скорость 	1400x10 ³	1100x10 ³

Эквивалентная динамическая радиальная нагрузка

Для подшипников с цилиндрическими роликами с только радиальной нагрузкой, которые не располагают валы в осевом направлении, эквивалентная динамическая нагрузка:

$$P_r = F_r, \text{ кН}$$

Если у подшипников с цилиндрическими роликами есть ребра на внешнем и внутреннем кольцах, и они располагают валы по оси в одном или обоих направлениях, то с помощью уравнений можно рассчитать эквивалентную динамическую нагрузку:

$$P_r = F_r, \text{ кН} \quad \text{если } F_a/F_r \leq e$$

$$P_r = 0,92 F_r + Y F_a, \text{ кН}, \quad \text{если } F_a/F_r > e$$

где:

e - коэффициент вычисления со значениями:

- 0,2 для серий 10,2,3 и 4
- 0,3 для серий 22,23

Y - коэффициент для осевой нагрузки

- 0,6 для серий 10,2,3 и 4
- 0,4 для серий 22, 23

Подшипники с цилиндрическими роликами с осевой нагрузкой работают удовлетворительно только при одновременной радиальной нагрузке. Соотношение F_a/F_r не должно превышать 0,5 для подшипников конструкции E и 0,4 для других подшипников.

Эквивалентная статическая радиальная нагрузка

Для подшипников с цилиндрическими роликами с только радиальной нагрузкой эквивалентная статическая нагрузка составляет:

$$P_{Or} = F_r, \text{ кН}$$

Динамическая осевая нагрузка

Подшипники с ребрами на внешнем кольце могут воспринимать осевые нагрузки в дополнение к радиальным. Стойкость подшипников с цилиндрическими роликами к осевым нагрузкам в значительной степени зависит не от предела усталости стали, а от сопротивления поверхностей скольжения со стороны ролика

и контакта ребер и прежде всего, при смазывании, эксплуатационной температуре и теплопроводности подшипников.

С учетом вышесказанного стойкость подшипников с цилиндрическими роликами к осевой нагрузке можно достаточно точно рассчитать с помощью следующего уравнения:

$$F_{a \max} = \frac{k_1 C_{Or} 10^4}{n(d + D)} - k_2 F_r,$$

где:

- $F_{a \max}$ - максимальная допустимая осевая нагрузка, кН
- C_{Or} - радиальная статическая нагрузка, кН
- F_r - компонент радиальной нагрузки, кН
- n - рабочая скорость, об/мин
- d - диаметр посадочного отверстия подшипника, мм
- D - наружный диаметр подшипника, мм
- k_1 - вспомогательный коэффициент, см. таблицу 5
- k_2 - вспомогательный коэффициент, см. таблицу 5

Вышеприведенное уравнение основано на условиях, которые считаются типичными для нормальной работы подшипников:

- разница между рабочей температурой подшипника и эксплуатационной температурой составляет 60°C.
- удельная потеря тепла от подшипника 0,5 мВт/мм² С
- коэффициент вязкости k=2.

Коэффициент вязкости k — это отношение фактической вязкости при эксплуатационной температуре к вязкости, требуемой для правильного смазывания при этой температуре. Дополнительную информацию можно найти в подразделе «Скорректированная номинальная долговечность», коэффициент корректировки долговечности a23 на стр. 21.

При консистентной смазке расчетная вязкость масла смазки необходимо использовать. Это влияние можно уменьшить на низких скоростях за счет использования масел с противозадирными присадками.

Коэффициенты k_1 и k_2 Таблица 5		
Коэффициент	Смазывание	
	масло	смазка
Подшипники конструкции E		
k_1	1,5	1
k_2	0,15	0,1
Другие подшипники		
k_1	0,5	0,3
k_2	0,05	0,03

Значения допустимой осевой нагрузки $F_{a \text{ макс.}}$, полученные из приведенного выше уравнения, действительны для постоянно действующей неизменной осевой нагрузки. Если осевые нагрузки действуют только в течение коротких промежутков времени, значения можно умножить на 2, а при ударных нагрузках - на 3.

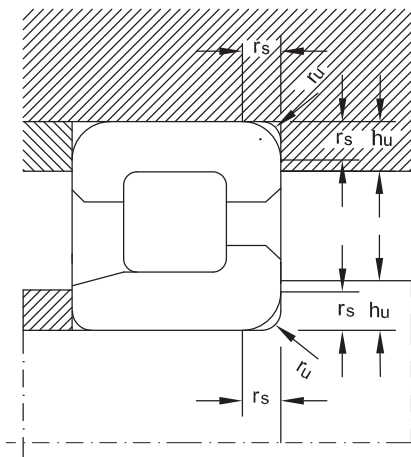
Постоянно действующая осевая нагрузка $F_{a \text{ макс.}}$ (N) никогда не должна превышать числовой величины $1,2 D2$ (D = наружный диаметр подшипника, мм), а случайные ударные нагрузки никогда не должны превышать числовой величины $3D2$.

В случае высоких осевых нагрузок ($F > D2$), ребра внешнего и внутреннего кольца, соответственно, рекомендуются к опоре на шарнирные части подшипника. Подшипники моделей NUP и NJ+NJ, воспринимающие осевые нагрузки в обоих направлениях, следует размещать таким образом, чтобы основные осевые нагрузки воспринимались фиксированными ребрами, если это позволяет модель подшипников.

Термообработка

Указанные в каталоге подшипники с цилиндрическими роликами с внешним диаметром $D > 240$ мм всех серий подлежат термической обработке с целью снятия напряжения, что позволяет эксплуатировать подшипники до температуры $+150^\circ\text{C}$.

Твердость ребер не должна быть меньше 59 HRC. Подшипники малого размера нормально работают при температуре до $+120^\circ\text{C}$.



Размеры упора

Для правильного расположения колец подшипника на валу и борте корпуса, соответственно, максимальный радиус вала (корпуса) $r_{u \text{ макс.}}$ должен быть меньше, чем минимальная монтажная фаска подшипника $r_{s \text{ мин.}}$.

В случае максимального размера монтажной фаски подшипника также должна быть правильно подобрана высота борта.

Значения радиуса соединения и высоты опоры борта приведены в таблице 6.

Размеры упора для однорядных подшипников с цилиндрическими роликами приведены в таблице 7. Значения для двухрядных подшипников с цилиндрическими роликами приведены в таблице 8.

Размеры упора					Таблица 6
r_s, r_{rs} МИН.	r_u МАКС.	h_u МИН.			
Серии подшипников					
		10, 18, 19, 28, 29, 30, 48, 49, 60	2, 2E, 3, 3E, 22, 22E, 23, 23E	4	
мм					
0,3	0,3	1	1,2		
0,6	0,6	1,6	2,1		
1	1	2,3	2,8		
1,1	1	3	3,5	4,5	
1,5	1,5	3,5	4,5	5,5	
2	2	4,4	5,5	6,5	
2,1	2,1	5,1	6	7	
3	2,5	6,2	7	8	
4	3	7,3	8,5	10	
5	4	9	10	12	
6	5	10	11		