

УДК 621 – 2.002.2; 621.81.002.2

Ю. Ф. Набатников, д.т.н., проф., Московский государственный горный университет, **Фам Куок Хоанг** к.т.н., Ханойский технический университет им. Ле Куи Дона, **А.В. Баранов**, к.т.н., доц., **В.В. Девятьярова**, доц., Московский государственный горный университет

E-mail: kaftmr@msmu.ru

Особенности селективной сборки деталей машин в горном машиностроении

Рассмотрены вопросы обеспечения точности соединений деталей машин методом межгрупповой взаимозаменяемости. Метод позволяет проводить сборку соединений в условиях мелкосерийного производства при вероятности образования незавершенного производства равной или близкой к нулю.

Ключевые слова: детали машин, соединения, точность, сборка, метод, взаимозаменяемость, группы.

Yu. F. Nabatnikov, Fam Kuok Khang, A.V. Baranov, V.V. Devyatyarova

Selective Assembly in Small-Batch Production

In the article the issues of ensuring accuracy of joints of machine parts by means of intergroup interchangeability method is considered. This method allows effecting assembly of joints at conditions of lot-production having probability of unfinished goods equal or close to zero.

Keywords: machine parts, joints, accuracy, assembly, method, interchangeability, groups.

Особенностью горного машиностроения является его мелкосерийность. Поэтому для организации селективной сборки в условиях мелкосерийного производства, прежде всего, необходимо уменьшить или исключить влияние законов распределения отклонений размеров отверстий и валов на возникновение некомплектных деталей. Для этого должна быть решена задача по сборке соединений при различных законах распределения отклонений размеров отверстий и валов и вероятности образования некомплектных деталей равной или близкой к нулю. Решение этой задачи дано в работе [1]. В этой статье показано, что количество некомплектных деталей существенно уменьшается, если при

сборке используется метод межгрупповой взаимозаменяемости. При использовании данного метода, из-за уменьшения групповых допусков, становится возможной комплектация определенной размерной группы отверстий валами из нескольких размерных групп. Такая комплектация и создает предпосылки исключения или уменьшения незавершенного производства.

Математическим моделированием на ЭВМ определены параметры сборки соединений с зазором при повышении их точности на один и два качества [1, 2]. В табл. 1 приведены параметры селективной сборки, при которых некомплектные детали не образуются. Эти параметры распространяются на качества точности от 6 до 16 и все интервалы размеров в соответствии с действующей системой допусков и посадок.

Таблица 1

Параметры сборки соединений методом межгрупповой взаимозаменяемости, при которых некомплектные детали не образуются и не накапливаются.

№ п/п	Групповой допуск для отклонений размеров отверстий (a) и валов (b); $a=b$	Нижнее предельное отклонение размеров вала (eib)	Число размерных групп для деталей типа отверстие (n_1) и вал (n_2); $n_1=n_2=n$	Коэффициенты относительной асимметрии для законов распределения отклонений размеров		Средний зазор в соединениях (в % от среднего заданного значения)
				детали типа отверстие (α_0)	детали типа вал (α_b)	
Повышение точности соединений на один качество. Однотипные и разнотипные законы распределений отклонений размеров отверстий и валов.						
1.	$a=b=ITS/5$ $ITS=S_{max}-S_{min}$	$-S_{max}+2a$	не более 5	-0,5	от 0 до +0,5	80
				-0,4	от 0 до +0,5	84
				-0,3	от 0 до +0,5	88
				-0,2	от 0 до +0,5	92
				-0,1	от 0 до +0,5	96
				0	от 0 до +0,5	101
Повышение точности соединений на два качества. Однотипные законы распределений отклонений размеров отверстий и валов.						
2.	$a=b=ITS/6$	$-S_{max}+2a$	не более 8	-0,5	от 0 до +0,3	82
				-0,4	от 0 до +0,4	84
				-0,3	от 0 до +0,5	87
				-0,2	от 0 до +0,5	93
				-0,1	от 0 до +0,5	97
				0	от 0 до +0,5	103
Повышение точности соединений на два качества. Разнотипные законы распределений отклонений размеров отверстий и валов.						
3.	$a=b=ITS/8$	$-S_{max}+3a$	не более 10	-0,4	от 0 до +0,1	92
				-0,3	от 0 до +0,5	89
				-0,2	от 0 до +0,5	94
				-0,1	от 0 до +0,5	100
				0	от 0 до +0,5	104

Рассмотрим возможности использования полученных результатов на примере. Пусть отверстия и валы с номинальным диаметром 180 мм изготавливаются по 9 квалитету точности. Закон распределения отклонений размеров отверстий близок к нормальному закону, а валов – к равномерному. Центр группирования отклонений отверстий смещен в сторону меньших значений, а валов – в сторону больших значений.

Отверстия изготавливаются с точностью по Н9. Необходимо организовать селективную сборку соединений с точностью Н8/ф8. Число соединений – 200 шт. Решение задачи проводим в следующем порядке:

1. По единой системе допусков и посадок определяем допуски на размеры отверстий и валов для 9 квалитета точности $IT_A = IT_B = 115$ мкм. Предельно допустимые зазоры для посадки Н8/ф8 равны $S_{\min} = 50$ мкм, $S_{\max} = 200$ мкм, а допуск на зазор $ITS = S_{\max} - S_{\min} = 200 - 50 = 150$ мкм.

2. Согласно табл. 1 (строка 1) групповые допуски равны: $a = b = ITS/5 = 150/5 = 30$ мкм. Нижнее предельное отклонение размеров вала: $e_{ib} = -S_{\max} + 2a = -200 + 60 = -140$ мкм.

3. Число размерных групп для отверстий (n_1) и валов (n_2): $n_1 = n_2 = IT_A/a = 115/30 = 3,83$. Принимаем $n_1 = n_2 = 4$.

4. Строим схему сборки (рис. 1, а) и определяем порядок комплектации отверстий валами (рис. 1, б). При такой комплектации зазоры в соединениях не выйдут за предельно допустимые значения, т.е. всегда будет выполняться неравенство $S_{\min} = 50 \leq S \leq S_{\max} = 200$ мкм.

Оценим вероятность образования некомплектных деталей. Примем, что отверстия и валы после изготовления распределены по размерным группам в соответствии с табл. 2. Согласно порядку комплектации отверстий валами (см. рис. 1, б) отверстия первой размерной группы (60 шт.) комплектуются 20 валами из первой и 40 валами из второй размерных групп. Вторая размерная группа отверстий (80 шт.) комплектуется 20 валами из второй и 60 валами из третьей группы. Третья размерная группа отверстий (30 шт.) собирается с 30 валами из четвертой группы. Наконец четвертая размерная группа отверстий (30 шт.) комплектуется 30 валами из четвертой группы. В результате такой сборки число некомплектных деталей равно нулю.

При других произвольных исходных распределениях деталей по размерным группам количество некомплектных деталей после сборки так же равно нулю (табл. 3).

Таким образом, сборка соединений деталей машин методом межгрупповой взаимозаменяемости с параметрами табл. 1 обеспечивает вероятность образования и накопления некомплектных деталей равную или близкую к нулю в не зависимости от законов распределений отклонений размеров, их количественных характеристик и асимметрии.

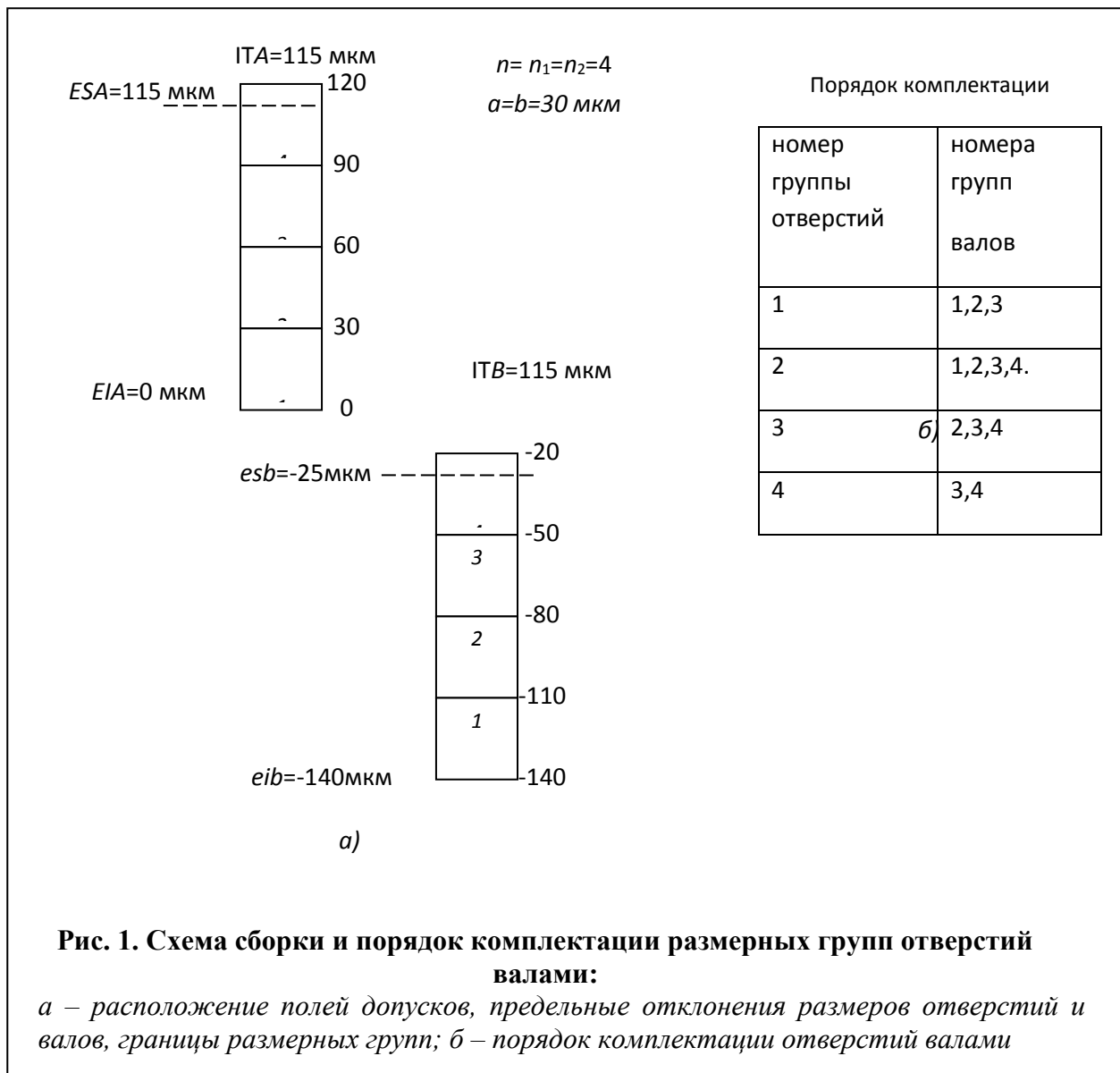


Рис. 1. Схема сборки и порядок комплектации размерных групп отверстий валами:

a – расположение полей допусков, предельные отклонения размеров отверстий и валов, границы размерных групп; б – порядок комплектации отверстий валами

Таблица 2

Распределение деталей по размерным группам отверстий и валов

Номер размерной группы	Исходные распределения		Распределение деталей после комплектации отверстий:							
			первой размерной группы		второй размерной группы		третьей размерной группы		четвертой размерной группы	
	отвер.	валы	отвер.	валы	отвер.	валы	отвер.	валы	отвер.	валы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	60	20	0	0	0	0	0	0	0	0
2	80	60	80	20	0	0	0	0	0	0
3	30	60	30	60	30	0	0	0	0	0
4	30	60	30	60	30	60	30	30	0	0
Всего	200	200	140	140	60	60	0	0	0	0

Таблица 3

Распределение деталей по размерным группам отверстий и валов

номер разм. группы	исходные распределения		распределение деталей после комплектации отверстий:							
			первой разм. группы		второй разм. группы		третьей разм. группы		четвертой разм. группы	
	отвер.	валы	отвер.	валы	отвер.	валы	отвер.	валы	отвер.	валы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	не комплек- туются
2	60	20	60	0	0	0	0	0		
3	40	80	40	0	40	0	0	0		
4	0	100	0	100	0	40	0	0		
всего	200	200	100	100	40	40	0	0		

Остановимся на весьма важном моменте селективной сборки. Это касается минимального количества соединений (N_{min}), при котором реализуется метод межгрупповой взаимозаменяемости без образования и накопления некомплектных деталей. Моделированием сборки на ЭВМ установлено, что N_{min} зависит от вида законов распределения отклонений размеров отверстий и валов, их сочетаний и асимметрии. В табл. 4 приведены формулы для определения N_{min} в зависимости от числа селективных групп (n).

При установлении этих зависимостей предполагалось, что точность соединений повышается сборкой на один квалитет, законы распределений отклонений размеров отверстий и валов близки к нормальным (похожи на нормальные), а их асимметрия разнонаправлена. Центр группирования отклонений размеров отверстий смещен в сторону меньших значений, а валов – больших. Отметим, что расчетная формула N_{min} считалась установленной, если при моделировании в 50 реализациях случайных процессов изготовления и сборки деталей соединений некомплектные детали не образовывались.

Таблица 4

Формулы расчета минимального количества собираемых соединений (N_{min}).

Сумма коэффициентов относительной асимметрии (по абсолютной величине): $ \alpha_o + \alpha_v $					
0-0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$N_{min}=1.5 \times n$	$N_{min}=2 \times n$	$N_{min}=4 \times n$	$N_{min}=7 \times n$	$N_{min}=15 \times n$	$N_{min}=50 \times n$

В рамках рассмотренного примера определим N_{min} приняв, что законы распределения отклонений размеров близки к нормальным, а коэффициенты относительной асимметрии не превышают по абсолютной величине $0 \leq |\alpha_o| \leq 0.3$ и $0 \leq |\alpha_v| \leq 0.3$. Из табл. 4 следует, что при $|\alpha_o| + |\alpha_v| = 0.6$, $N_{min} = 2 \times n = 2 \times 4 = 8$ шт. При меньших значениях этой суммы $N_{min} = 1.5 \times n = 1.5 \times 4 = 6$ шт. Таким образом, минимальное количество соединений

составит $N_{min} = 6-8$ шт. Результаты моделирования сборки при $N_{min} = 8$ шт представлены в табл. 5.

Таблица 5

Распределение деталей по размерным группам отверстий и валов

номер разм. группы	исходные распределения		распределение деталей после комплектации отверстий:							
			первой разм. группы		второй разм. группы		третьей разм. группы		четвертой разм. группы	
	отвер.	валы	отвер.	валы	отвер.	валы	отвер.	валы	отвер.	валы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	5	0	0	0	0	0	не комплектуются			
2	3	1	3	0	0	0				
3	0	5	0	1	0	0				
4	0	2	0	2	0	0				
всего	8	8	3	3	0	0				

В заключение отметим, что для других случаев сборки (повышение точности соединений на два квалитета, различные сочетания законов распределения отклонений размеров отверстий и валов и т.п.) формулы по расчету N_{min} устанавливаются. Кроме того, особый интерес представляет случай определения минимального количества валов (отверстий) для комплектации всего лишь одного отверстия (вала).

Список литературы

1. **Набатников Ю.Ф.** Метод селективной сборки соединений деталей машин в условиях мелкосерийного производства// Сборка в машиностроении и приборостроении. – 2012. – №9.
2. **Набатников Ю.Ф.** Моделирование сборки соединений деталей машин на ЭВМ// Сборка в машиностроении и приборостроении. – 2012. – №11.