

УДК 621.9

И.В. Красюкова, студентка II-го курса магистратуры, научный руководитель: Набатников Ю.Ф проф., к.т.н., МГГУ.

## 8. Обеспечение качества соединений пневматических перфораторов.

Ресурс и качество пневматических перфораторов во многом зависят от точности изготовления соединений. Поэтому обеспечение точности в соединениях имеет не меньшее значение, чем определение размеров сечений деталей и их формы методами расчета на прочность, жесткость, долговечность и т.п.

Исследования в работе [1] показывают, что характер посадок в соединениях оказывает большое влияние на эксплуатационные показатели перфораторов (скорость бурения, энергию удара, расход сжатого воздуха, долговечность). В подвижных соединениях перфораторов зазоры выбираются из условия свободного вращения и перемещения деталей при больших радиальных деформациях, вызываемых волнами напряжений значительной амплитуды. С другой стороны, по условиям функциональной взаимозаменяемости, зазоры в подвижных соединениях должны быть такими, чтобы к концу гарантийного срока эксплуатации технико-экономические показатели машин сохранялись в допустимых пределах изменений. Наиболее распространенные посадки в соединениях перфораторов и шероховатость сопрягаемых поверхностей приведены в табл. 1.

Таблица 1

*Посадки в соединениях и шероховатость поверхностей в соответствии с рабочими чертежами перфораторов основных предприятий изготовителей.*

Соединения, диапазон номинальных диаметров (свыше – до)	Посадка			Шероховатость поверхности, мкм. В числителе – для отверстия; в знаменателе – для вала		
	«Пневматика»	«Радар»	«ОЗГО»	«Пневматика»	«Радар»	«ОЗГО»
Цилиндр – поршень, Ø 50 -80 мм.	H7/g6	H7/g6	H8/f6	$\frac{0,32}{0,63}$	$\frac{0,2}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,8}$
Букса направляющая – шток ударника, Ø 30-50мм.	H7/f7	H7/g6	F7/f7	$\frac{0,63}{0,63}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,8}$
Цилиндр – букса направляющая, Ø 50-80мм.	H7/n6	H7/n6	H8/h7	$\frac{0,32}{2,5}$	$\frac{0,2}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,8}$
Клапан – корпус клапанной коробки, Ø 18 - 30мм.	H7/g6	H7/g6	H7/f7	$\frac{1,25}{1,25}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,8}$

Ствол – букса направляющая, Ø 50-80 мм.	H9/h8	H9/h8	H8/h7	$\frac{1,25}{2,5}$	$\frac{0,63}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,8}$
Цилиндр – букса храповая, Ø 80 - 120мм.	H9/h7	H9/h7	H9/h7	$\frac{1,25}{1,25}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{0,8}{1,25}$
Ствол – букса шлицевая, Ø 50-80мм.	H9/d8	H7/h6	H8/f7	$\frac{1,25}{1,25}$	$\frac{0,63}{1,25}$	$\frac{0,8}{1,25}$
Ствол – букса поворотная, Ø 30-50мм.	H9/f7	H9/f7	H9/f7	$\frac{1,25}{1,25}$	$\frac{0,63}{0,63}$	$\frac{0,8}{1,25}$
Цилиндр – корпус клапанной коробки, Ø 80-120мм.	H7/h6	H7/h6	H8/f7	$\frac{1,25}{1,25}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{0,8}{1,25}$
Винт поворотный – корпус клапанной коробки, Ø 18-30мм.	H9/g6	H9/g6	H8/f8	$\frac{1,25}{1,25}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{1,25}{0,8}$

Методика составления расчетной схемы и расчета посадок соединений ударных узлов подробно рассмотрены в работе [1]. По данной методике проведен расчет посадок в соединениях перфоратора ПП54В2 (табл. 2). Этот перфоратор изготавливается на Оскольском заводе горного оборудования. Несмотря на некоторые различия, расчетные посадки близки или полностью соответствуют посадкам на рабочих чертежах перфоратора.

Таблица 2

*Посадки в соединениях перфоратора ПП54В2*

Соединение	Номинальный диаметр соединения, мм	Посадка	
		По чертежу	Расчетная
Цилиндр – поршень-ударник	Ø85	H8/f6	H7/f6
Цилиндр – букса направляющая	Ø85	H8/h7	H8/h7
Букса направляющая – поршень-ударник	Ø42	F7/f7	F7/f7
Ствол – букса шлицевая	Ø62	H8/f8	H9/f9
Ствол – букса поворотная	Ø48	H9/f7	H9/f7
Ствол – букса направляющая	Ø62	H8/h7	H9/h7

В процессе работы перфораторов характер посадок в их соединениях постепенно изменяется из-за изнашивания сопряженных поверхностей деталей. Так в подвижных соединениях возрастают зазоры. После определенного периода эксплуатации износ

деталей в соединениях достигает предельных значений, при которых дальнейшая его работа становится экономически нецелесообразной, технически ненадежной или невозможной, поскольку с потерей точности соединений резко ухудшаются эксплуатационные показатели перфоратора. Отметим, что определение величин предельных зазоров, при которых интенсивность изнашивания сопряженных поверхностей резко возрастает, представляет собой сложную самостоятельную инженерную задачу.

Очевидно, что подвижные соединения, собранные с зазорами близкими к минимально допустимому значению будут иметь (при прочих равных условиях) наибольший ресурс. Взаимосвязь ресурса соединения с его уровнем качества и величиной зазора установлена в работе [2]. Из этой зависимости следует, что ресурс соединения стремится к максимальной величине, если уровень качества близок к единице. Этого можно достичь, обеспечивая при изготовлении и сборке зазоры в соединениях близкие по величине к минимально допустимому значению.

Необходимо отметить, что изготовление сопрягаемых поверхностей с точностью по 6-7 квалитетам является весьма сложной технической задачей и требует наличия соответствующих производственных мощностей, квалифицированных кадров и технологий. Кроме того, с увеличением точности существенно увеличиваются затраты на производство. Так в работе [3] рассмотрены зависимости трудоемкости и себестоимости механической обработки от точности и шероховатости поверхностей деталей. Из зависимостей следует, что трудоемкость, а, следовательно, и стоимость обработки поверхностей, например, по 7-му квалитету точности более чем в шесть раз выше, чем по 9-му.

Известно, что расширить поля допусков до экономически и технологически целесообразных величин, обеспечивая заданные зазоры в соединениях, позволяет метод групповой взаимозаменяемости (селективная сборка). В ряде случаев этот метод является единственно возможным способом обеспечения заданной точности в соединениях.

При селективной сборке детали соединений сортируются по размерным группам в соответствии с их размерами. Полная взаимозаменяемость обеспечивается только между определенными размерными группами отверстий и валов. Так как размеры деталей являются случайными величинами, то количество деталей в этих группах может быть различным. Поэтому в процессе сборки могут появляться непарные детали. Одних деталей будет не хватать для сборки соединений, а другие будут в избытке. Эти непарные детали по всем размерным группам формируют незавершенное производство, они накапливаются, их необходимо складировать, учитывать и обслуживать, т.е. нести

существенные материальные и финансовые затраты. Поэтому образование и накопление незавершенного производства при селективной сборке считается одним из основных недостатков этого метода обеспечения точности в соединениях. Кроме того, незавершенное производство тем больше, чем меньше объем партии выпускаемых изделий, что ограничивает применение этого вида сборки в условиях единичного и мелкосерийного производства. Для определения объема незавершенного производства в каждом конкретном случае необходимо провести на ЭВМ моделирование процесса сборки. Другого эффективного решения данной задачи не существует.

Обычно селективная сборка проводится при равных допусках отверстия и вала ( $IT_A = IT_B$ ), равных групповых допусках ( $a=b=IT_S/2$ ) при равном количестве размерных групп для отверстия и вала ( $n_1 = n_2=IT_A/a=IT_B/b$ ), что обеспечивает однородность соединений по величине зазора. При этих параметрах проведено моделирование сборки для соединений с номинальным диаметром св.  $\varnothing 80$  до  $\varnothing 120$  мм. При этом сборка должна обеспечивать зазоры  $S$ , лежащие в пределах  $S_{\min} = 40 \leq S \leq S_{\max} = 100$  мкм. Такая точность в соединениях соответствует посадке H7/f6. При этом было принято, что сопрягаемые поверхности выполнены по 9 качеству точности, в том числе отверстие - по H9 с допуском  $IT_A=90$  мкм, а общее количество соединений равно 200 шт.

Результаты моделирования на ЭВМ показали, что даже при однотипных законах распределения размеров отверстий и валов количество непарных деталей может составлять свыше 40% от общего их количества, что делает селективную сборку в условиях мелкосерийного производства бесполезной. Особенно большое влияние на объем незавершенного производства оказывает асимметрия законов распределения размеров отверстий и валов относительно середины полей допусков, которая, как правило, разнонаправлена. Распределение размеров отверстий смещено в сторону меньших значений, а валов – больших.

Для уменьшения, а в ряде случаев исключения влияния случайных факторов на результаты сборки на кафедре ТМР МГГУ разработан специальный метод селективной сборки – метод межгрупповой взаимозаменяемости. Особенность этого метода состоит в том, что отверстия определенной размерной группы могут комплектоваться из нескольких размерных групп валов без образования брака в соединениях. Это делает сборку мало зависимой или совсем независимой от видов законов распределений, их количественных параметров и асимметрии, что позволяет минимизировать или свести к нулю вероятность возникновения непарных деталей. На рис. 1 представлены исходные данные и результаты моделирования на ЭВМ для одного из вариантов сборки. Кроме этого пользователю доступны смоделированные значения размеров отверстий и валов, а также распределения

соединений по величине зазоров и их уровню качества (рис. 2). Для данного варианта схема комплектации отверстий валами представлена в таблице 3.

Таблица 3

Схема комплектации отверстий валами

Номер размерной группы отверстий	Номера размерных групп валов
1	1, 2, 3
2	2, 3, 4
3	3, 4, 5
4	4, 5, 6
5	5, 6
6	6

С использованием соответствующего программного обеспечения проведено моделирование и установлены варианты селективной сборки цилиндра с поршнем-ударником перфоратора ПП54В2, для которых объем незавершенного производства равен нулю. Эти варианты рекомендуются для практического использования. Параметры сборки для этих вариантов представлены в табл. 4.

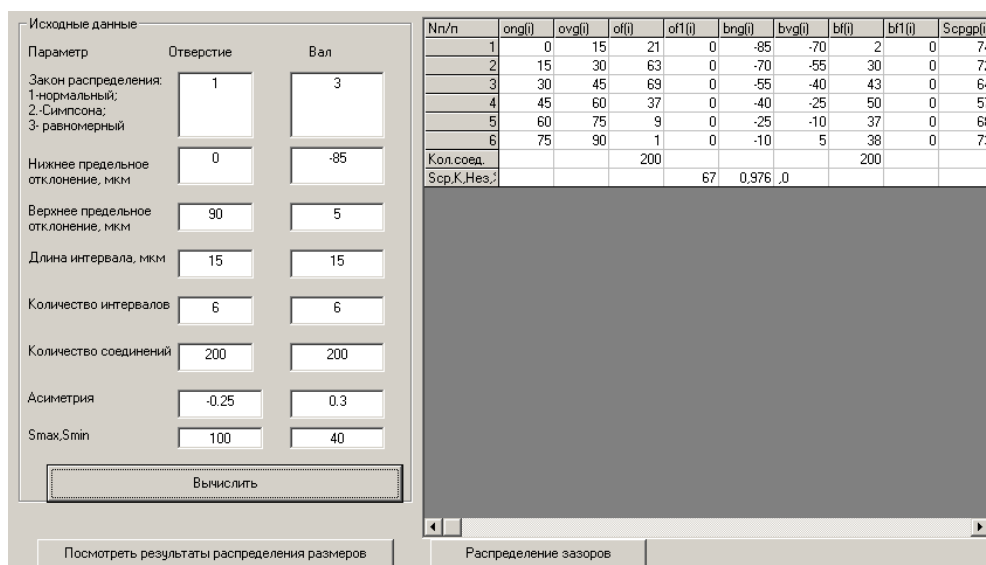


Рис. 1. Исходные и расчетные данные для моделирования сборки соединений на ЭВМ. Девятый квалитет точности сопрягаемых поверхностей. Точность в соединениях после сборки – по посадке  $H/f6$ . Расчетные данные: ong, ovg- границы размерных групп отверстий; bng, bvg – границы размерных групп валов; of и bf – количество отверстий и валов в размерных группах; of1 и bf1 – количество непарных деталей в размерных группах; Scppg – средние групповые зазоры; Scp, K, Нез.- соответственно средний зазор, уровень качества и объем незавершенного производства в целом по сборке.

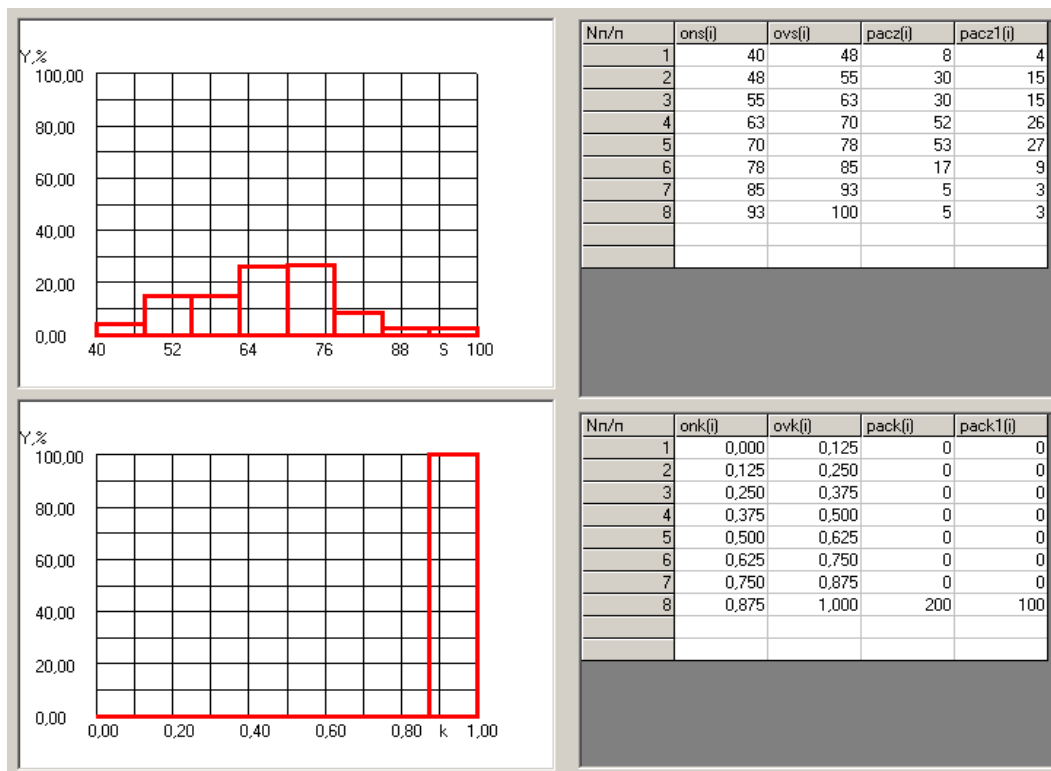


Рис. 2 Распределение соединений по величине зазоров и уровню качества.

Таблица 4

*Параметры селективной сборки, обеспечивающие заданную точность в соединениях и отсутствие непарных деталей*

№	Допуск на размер отверстия и вала, ITA=ITB, мкм	Отверстие	Вал	Групповые допуски a=b, мкм	Кол-во селективных групп для отверстия и вала n <sub>1</sub> =n <sub>2</sub>	Условия применения
		Нижнее предельное отклонение отверстия, мкм	Нижнее предельное отклонение вала, мкм			
1	100	0	-80	ITS/3=20	5	однотипные законы распределения размеров отверстий и валов; α <sub>о</sub> =0-(-0.1); α <sub>в</sub> =0.05-0.30
2	90	0	-85	ITS/4=15	6	однотипные законы распределения размеров отверстий и валов; α <sub>о</sub> =0-(-0.3); α <sub>в</sub> =0.05-0.0.3.
3	90	0	-85	ITS/6=10	9	нормальный закон распределения для отверстий и любой для валов; α <sub>о</sub> =0-(-0.3); α <sub>в</sub> =0-0.3

\* α<sub>о</sub> и α<sub>в</sub> – коэффициенты относительной асимметрии для законов распределения отверстий и валов соответственно.

### **Выводы:**

1. Ресурс пневматических перфораторов в значительной степени зависит от точности соединений, которая в наиболее ответственных узлах соответствует 6-7 квалитетам. Обеспечение такой точности соединений требует наличие специального оборудования, технологий и квалифицированных кадров, что не всегда имеет место в условиях реального производства.

2. Сборка соединений перфораторов методом групповой взаимозаменяемости не может быть использована в условиях мелкосерийного производства из-за значительного количества непарных деталей. Объем незавершенного производства может составлять более 40% от общего количества собираемых деталей.

3. Селективную сборку соединений перфораторов необходимо проводить с использованием метода межгрупповой взаимозаменяемости, что позволяет минимизировать или свести к нулю вероятность возникновения непарных деталей. Для перфоратора ПП54В2 определены варианты сборки, обеспечивающие заданную точность в соединениях и отсутствие непарных деталей.

### **Список литературы:**

1. **Бегагоен И.А., Бойко А.И.** Повышение точности и долговечности бурильных машин. М.: Недра, 1986, 213 с.
2. **Набатников Ю.Ф., Сизова Е.И., Белянкина О.В.** Зависимость ресурса гидростойки от уровня качества соединений//Горное оборудование и электромеханика.-2010.-№10.- С. 29-32.
3. **Маталин А.А.** Технология машиностроения. Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.