

УДК 622.53:621.671

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ СБОРКИ МНОГОСЕКЦИОННЫХ ШАХТНЫХ НАСОСОВ**

Алиев Н. А., канд. техн. наук, научно-исследовательский институт Горной механики им. М. М. Федорова

*Приводится методика выбора критерия, определяющего порядок и структуру технологической сборки многосекционных шахтных центробежных насосов. Обосновано, что определяющим фактором при сборке насосов с минимальной вибронатурой является произведение остаточной массы рабочего колеса на величину вибросмещения.*

*The technique of a choice of the criterion determining the order and structure of technological assembly of multisection mine centrifugal pumps is resulted. It is proved, that the determining factor at assembly of pumps with the minimal vibrating loading is product of residual weight of the driving wheel on size of vibrating displacement.*

Исследование вариантов технологии изготовления рабочих колес многосекционных шахтных насосов проведенное в НИИГМ им. М. М. Федорова привело к разработке модульно-шагового метода [1], реализация которого позволила создать высокоточные, динамически сбалансированные, с небольшим разбросом массы рабочие колеса.

Разработка и внедрение высокоточных рабочих колес потребовало изменения подходов к предсборочной подготовке и собственно технологии сборки многосекционного насоса.

Известно, что для многосекционных насосных агрегатов высокое качество балансировки роторов в сборе может быть обеспечено только при отсутствии последующего демонтажа деталей, в частности колес, для организации окончательной сборки. Вследствие этого, высокое качество балансировки роторов многосекционных насосов, при общей сборке которых, предварительно сбалансированный ротор вновь разбирается, не может быть обеспечено лишь маркировкой деталей ротора. Для получения высокой степени сбалансированности таких роторов необходимо: обеспечить минимальный остаточный дисбаланс, или минимальное значение вибросмещения для каждого из балансируемых колес; выделить фактор, доминирующий при технологической сборке, позволяющий организовать порядок и структуру сборки как завершающей операции с получением минимально

возможной вибронегруженности насосного агрегата; дополнительные параметры – величины зазоров по межступенным щелевым уплотнениям, зазоры по валу при посадке колеса, коэффициент снижения вибрации выполняют вспомогательную роль и корректируются по доминирующему фактору; сборку многосекционного насоса нужно осуществлять посредством противофазной установки пары колес.

В дальнейшем, за доминирующий фактор при сборке будут приняты положительные разности так называемой балансной меры. Под балансной мерой будем понимать произведение окончательной массы рабочего колеса на конечную вибрацию, полученную для колеса на стенде для балансировки в динамическом режиме [2].

Предложенный метод сборки многосекционного насоса заключается в следующем: исследование вибропараметров, геометрии масс и кинематической точности рабочих колес при предсборочной подготовке, специальной селекции их по балансной мере и организации собственно сборки. Были исследованы две группы колес: первая группа – 22 стальных штампованных колеса производства завода №1, вторая группа – 22 чугунных литых колеса завода №2.

Режущий и мерительный инструмент, применяемый для механической и термической обработки обеих партий колес, идентичен и соответствует единым техническим требованиям операционной технологии, разработанной лабораторией шахтного водоотлива НИИГМ им. М. М. Федорова. Кинематические параметры, отклонения взаимного расположения поверхностей колес – коренного и покрывного дисков, ступицы и горловины лежат в пределах, обговоренных техническими требованиями чертежа колеса и приведенных для различных производителей [2].

В таблице приведены результаты взвешивания, параметры балансировки и остаточного вибро смещения стальных штампованных и чугунных литых рабочих колес.

На рисунке 1 показана гистограмма распределения начальных масс стальных штампованных колес, которая может быть аппроксимирована двойной экспоненциальной зависимостью (функцией Лапласа) [4].

Таблица – Результаты балансировки колес центробежных насосов

№	Масса колеса $P_0$ , кг	Начальная вибрация $A_0$ , СКЗ, мкм	Удаляемая масса $P_{уд.}$ , кг	%, от $P_0$	Конечная вибрация $A_1$ , СКЗ, мкм	Коеф. Снижения вибрации, раз	Балансная мера $P_0 \cdot A_1$
Стальные штампованные колеса							
1	15,72	8,2	0,028	0,178	2,3	3,57	36,16
2	15,76	5,5	0,057	0,362	2,9	1,90	45,70
.....							
21	16,00	17,0	0,048	0,300	3,4	5,00	39,13
22	16,20	21,0	0,088	0,543	3,2	6,56	54,40
Чугунные литые колеса							
1	21,5	40	0,078	0,363	8,5	4,71	182,75
2	22,3	80	0,110	0,493	9,5	8,42	211,85
.....							
..							
21	23,8	100	0,095	0,399	11,2	8,93	266,56
22	22,6	95	0,125	0,553	10,8	8,80	244,08

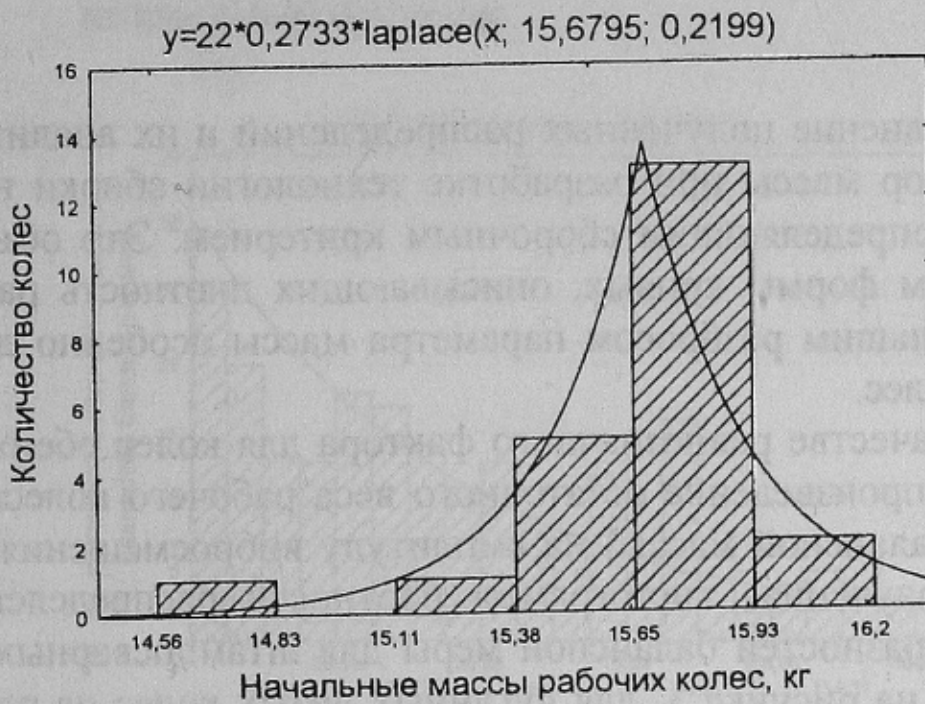


Рисунок 1 – Гистограмма распределения масс стальных штампованных рабочих колес насосов ЦНС 300 для партии  $n=22$

На рисунке 2 показана гистограмма распределения начальных масс чугунных литых колес при выборке  $n=22$ , аппроксимируемая полиномом третьей степени [4].

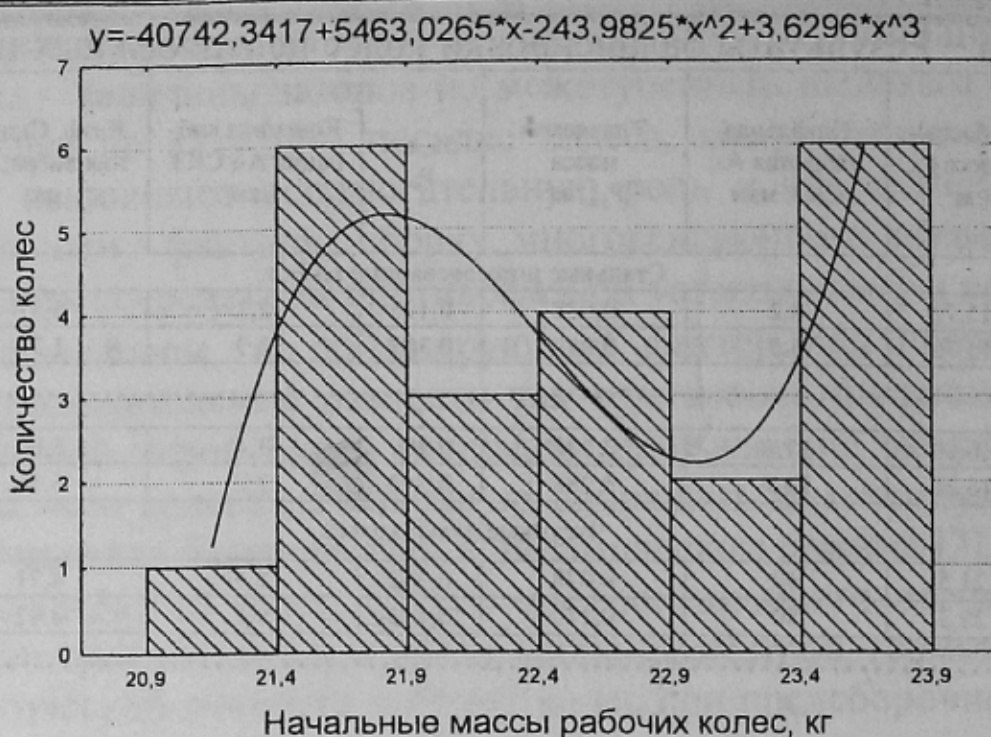


Рисунок 2 – Гистограмма распределения масс чугунных литых рабочих колес насосов ЦНС 300 для партии  $n=22$

Сравнение полученных распределений и их анализ показывает, что фактор массы при разработке технологии сборки не может выступать определяющим сборочным критерием. Это объясняется как различием формы кривых, описывающих плотность распределения, так и большим разбросом параметра массы особенно для чугунных литых колес.

В качестве равнозначного фактора для колес обеих групп было принято произведение остаточного веса рабочего колеса (после снятия дисбалансной массы) на амплитуду вибросмещения – балансная мера. Полученная гистограмма плотности распределения положительных разностей балансной меры для штампованных колес представлена на рисунке 3, для чугунных литых колес на рисунке 4. И в том и в другом случае плотность распределения может быть описана экспоненциальной зависимостью.

В основу предложенного метода противофазной сборки положено:

а) сборка насоса производится парами колес, причем вектора остаточных дисбалансных масс располагаются во взаимно обратном направлении (в противофазе). Ориентация векторов – шпоночные пазы. При долблении или строгании шпоночных пазов они формируют-

ся по геометрическому центру выборки удаляемой массы, на противоположной стороне коренного диска.

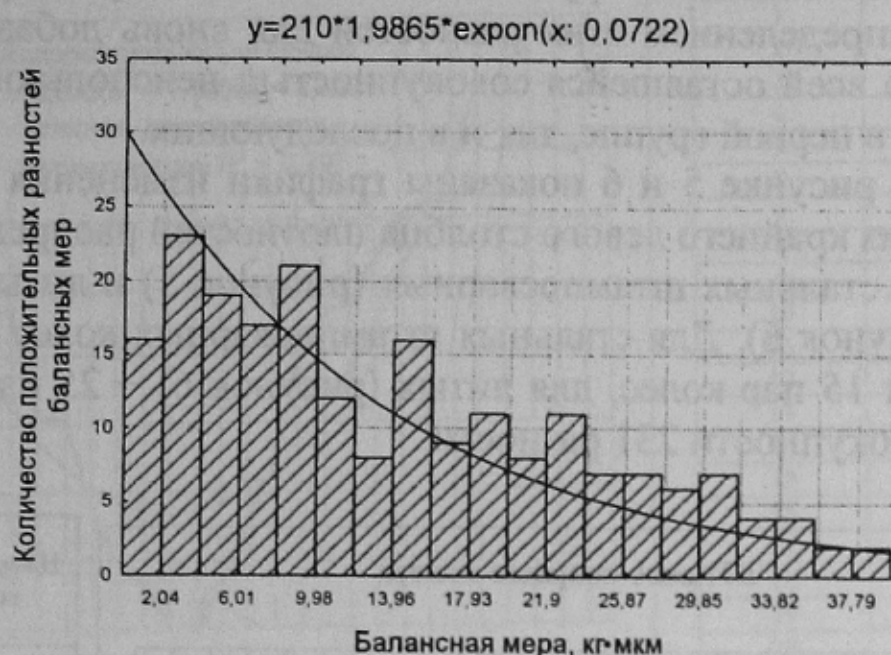


Рисунок 3 – Гистограмма распределения балансных мер стальных штамповарных колес

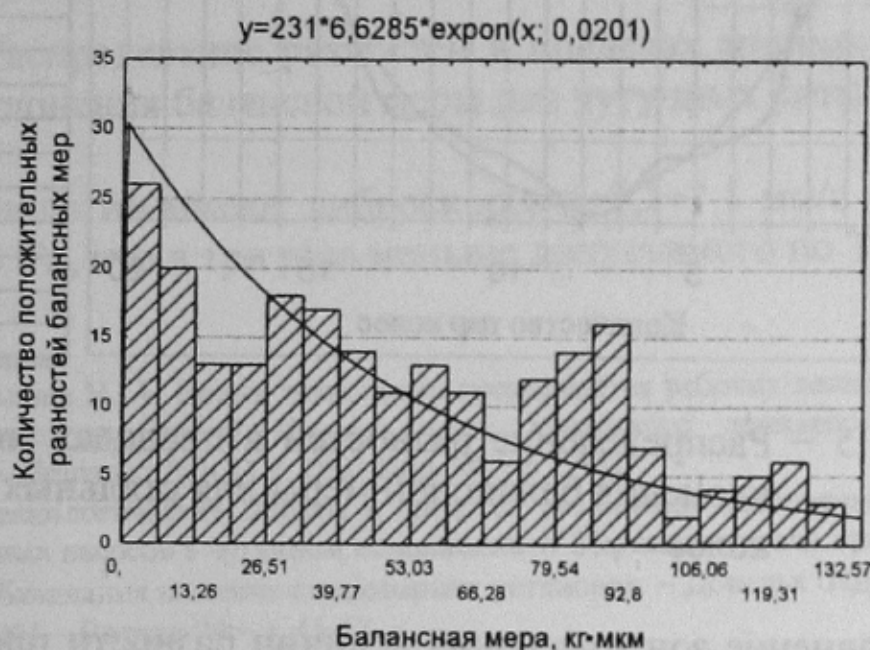


Рисунок 4 – Гистограмма распределения балансных мер чугунных литых колес

б) минимизация балансной меры пары колес осуществляется по положительной разности произведений массы колеса на остаточное вибросмещение, причем каждая пара колес в ряду устанавливается от мидельной части насоса к опорам.

в) порядок устанавлюваних пар здійснюється виборкою з крайнього лівого (см. рисунок 3 і рисунок 4) столбця маючого мінімальне значення групи позитивних різниць балансних мер, з визначенням цих різниць для вночі доданої групи колес со всією оставшеюся совокупністю неіспользованих елементов, як в першій групі, так і в последуючих.

На рисунку 5 і 6 показані графіки змінення балансних мер взятых з крайнього лівого столбця густот распределения этих же мер для сталевих штамповсварных (рисунок 5) і литых чугуных колес (рисунок 6). Для сталевих штамповсварных колес эта выборка составляет 15 пар колес, для литых (рисунок 6) – 25 пар колес при общей совокупности 231 різности.



Номер пары колес	Положительная разность балансной меры, кг*мкм
1	1,84
2	1,58
3	0,7
4	0,52
5	0,41
6	0,4
7	0,12
8	0,05
9	0,24
10	0,4
11	0,48
12	0,65
13	0,65
14	1,08
15	1,8
16	1,91

Рисунок 5 – Распределение різниц в пределах минимального отклонения балансной меры для сталевих штамповсварных колес

Сравнение зон изменения величин різниц произведений масс колес на величину вибросмещения показывает, что именно такой фактор позволяет решить задачу уменьшения виброн нагруженности насосов [5]. Этот фактор – балансная мера для всех типов колес и различного технологического исполнения позволяет осуществить селекцию и порядок сборки как завершающей операции технологического процесса изготовления насосного агрегата.

Экспериментальные насосы ЦНС 300×600, собранные по пред-



Номер пары колес	Положительная разность балансной меры, кг·мм
1	6,5
2	6,3
3	6,24
4	6,07
5	5,6
6	4,64
7	4,72
8	3,07
9	3,04
10	1,79
11	0,85
12	0,64
13	0
14	0,06
15	0,7
16	1,52
17	2,54
18	3,94
19	4,58
20	4,78
21	5,39
22	6,06
23	6,24
24	6,25
25	6,54

Рисунок 6 – Распределение разностей в пределах минимального отклонения балансной меры для чугунных литых колес

ложенной технологии имеют виброскорость  $2,2 \div 2,8$  мм/с на оборотной частоте 25 Гц, что в три раза меньше допустимого по ТУ на насосы этого типа.

Список источников

1. Коваль А. Н., Алиев Н. А. Новые технологии производства рабочих колес для шахтных многосекционных насосов // Наукові праці донецького державного технічного університету. – Донецьк: ДонДТУ, 2001 Вип. 94 – с 77-82.
2. Алиев Н. А. Технологические методы и средства увеличения долговечности шахтных многосекционных насосов в чугунном исполнении. // Збірник наукових праць. Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок. – Донецьк: НДГМ ім. М. М. Федорова. – 2001 – Випуск 94 – с. 45-62.
3. Алиев Н. А., Константинов С. С., Лумей М. Ю., Дудченко А. Ю., Исаев А. Е. Особенности технологии изготовления рабочих колес центробежных насосов модульным методом. // Сборник научных трудов, посвященный 45-летию ДГМИ, «Перспективы развития угольной промышленности в XXI веке» (Алчевск, апрель 2002 года/ Ред. кол.: В. Н. Окалелов, А. Ю. Рутковский, С. С. Сиротин и др. – Алчевск: ДГМИ, 2002. – 207-212 с.
4. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.
5. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./ Ред. совет: Челомей В. Н. (пред.). – М.: Машиностроение, 1981. – Т.6. Защита от вибрации и ударов/ Под ред. Фролова К. В. 1981. – 456 с.