

«Утвеждаю»
Генеральный директор
ООО «Кинематика»

_____ Шелковенко А.В.

« _ » апреля 2018 г.

Технический отчёт
по теме:
**Проведение работ по определению точностных характеристик
балансировочного станка мод. Н8V, ф. Шенк.**

Заказчик : « ABC »

Исполнитель: ООО «Кинематика»
Сайт: www.oookin.ru

Г. Санкт- Петербург

1918 г.

1. Введение

В период с 20 по 24 апреля 2018 г. в соответствии с запросом компании «ABC» представителями ООО «Кинематика» проведена работа по оценке точностных характеристик балансировочного станка мод. Н8V, ф. Шенк, зав. № 010.

Работа выполнялась с использованием измерительной системы «Балком 2С» фирмы ООО «Кинематика» (Россия).

Целью работы являлась проверка технической возможности балансировочного станка мод. Н8V уравновешивать балансируемые роторы до заданного Заказчиком значения остаточного дисбаланса.

Указанный дисбаланс, определённый Заказчиком в величине остаточной неуравновешенной массы, не должен превышать 2.5 г. для каждой из плоскостей коррекции балансируемого ротора.

Работа включала в себя:

- 1.1. Подключение измерительной системы «Балком 2С» Исполнителя к штатным датчикам вибрации опор балансировочного станка мод. Н8V, ф. Шенк, зав. № 010.
- 1.2. Проведение с использованием измерительной системы «Балком 2С» стандартной процедуры балансировки ротора Заказчика на станке, позволяющей достичь максимально возможного уменьшения дисбаланса ротора.
- 1.3. Определение метрологических характеристик штатной измерительной системы балансировочного станка путём сличения её показаний с показаниями измерительной системы «Балком 2С» при использовании методик определения минимального остаточного дисбаланса станка, рекомендованных ГОСТ 20076-2007.
- 1.4. Диагностирование технического состояния основных узлов станка (карданныго привода и роликов опор), которые могут оказывать влияние на его точностные характеристики, в том числе:

- проведение проверки влияния карданныго привода на качество балансировки, предусматривающей сравнение показаний измерительной системы, получаемых при развороте ротора относительно карданныго вала;
- проведение проверки радиального биения роликов опор с использованием бесконтактных индуктивных датчиков;
- проведение спектрального анализа вибрационного сигнала штатных датчиков станка с целью выявления наличия в спектре составляющих, связанных с работой карданныго вала, роликов и т.п.

В связи с отсутствием на предприятии Заказчика эталонного ротора, который рекомендован ГОСТ 20076-2007, при проведении испытаний балансировочного станка мод. Н8V использовались серийные роторы типа А4 и типа А9.

Результаты, полученные в процессе выполнения указанных выше работ, представлены в следующих разделах.

2. Подключение к станку измерительной внешней системы «Балком 2С»

Перед началом проверки к выходам датчиков штатной измерительной системы станка с помощью специально изготовленных кабелей была подключена измерительная система «Балком 2С».

Это позволило проводить параллельно сравнительные измерения параметров балансировки с использованием штатной измерительной системы станка и внешней (контрольной) измерительной системой «Балком 2С».

Кроме того, наличие в системе «Балком 2С» ряда полезных диагностических функций (функции электронного осциллографа, функции анализатора спектра вибрационных сигналов, функции измерения радиального биения с использованием бесконтактных датчиков) позволило Исполнителю получить полезную диагностическую информацию о функционировании отдельных узлов и деталей станка, в т.ч.: роликов опор, датчиков вибрации опор и т.п.

3. Проверка технического состояния роликов опор станка.

Для проведения проверки станка мод. Н8В Заказчик первоначально предоставил Исполнителю ротор типа А4, имевший следующие технические характеристики:

- масса ротора: 300 кг;
- допустимая величина остаточной неуравновешенной массы (не более): 2.5 г;
- допустимая величина остаточного дисбаланса, определяемого для радиуса установки корректирующего груза 180 мм (не более): 450 г*мм;
- диаметр левой шейки ротора (1-я опора): $\Phi 1 = 120$ мм;
- диаметр правой шейки ротора (2-я опора): $\Phi 2 = 90$ мм.

Ротор был установлен на станке на штатных роликовых опорах, с диаметром роликов равным $\Phi 3 = 280$ мм.

Предварительные измерения, проведённые на частоте вращения ротора типа А-4, равной 420 об/мин, выявили значительную нестабильность показаний индикаторов обоих измерительных приборов.

Анализ осциллографических сигналов, полученных с выходов датчиков вибрации станка, показал, что указанные сигналы имеют непостоянный уровень, который меняется (см.гибающую сигнала датчика правой опоры на рис. 3.1) с периодом значительно меньшим частоты вращения балансируемого ротора и частот вращения роликов опор.

Эти сигналы имеют характер биения близких частот, напрямую связанные с радиальными биениями роликов опор, частоты вращения которых в случае балансировки ротора А4 соответственно равны:

$$\text{левая опора (опора 1): } N_{\text{пл}} = N_{\text{рот}} * \Phi 1 / \Phi 3 = N_{\text{рот}} * 0.429 \quad (3.1)$$

$$\text{правая опора (опора 2): } N_{\text{пр}} = N_{\text{рот}} * \Phi 2 / \Phi 3 = N_{\text{рот}} * 0.321 \quad (3.2)$$

где $N_{\text{пл}}$ и $N_{\text{пр}}$ – частоты вращения роликов левых и правых опор;

$N_{\text{рот}}$ – частота вращения ротора ГАП 4 при балансировке;

$\Phi 1 = 120$ мм – диаметр левой цапфы ротора;

$\Phi 2 = 90$ мм - диаметр правой цапфы ротора;

$\Phi 3 = 280$ мм – диаметр ролика.

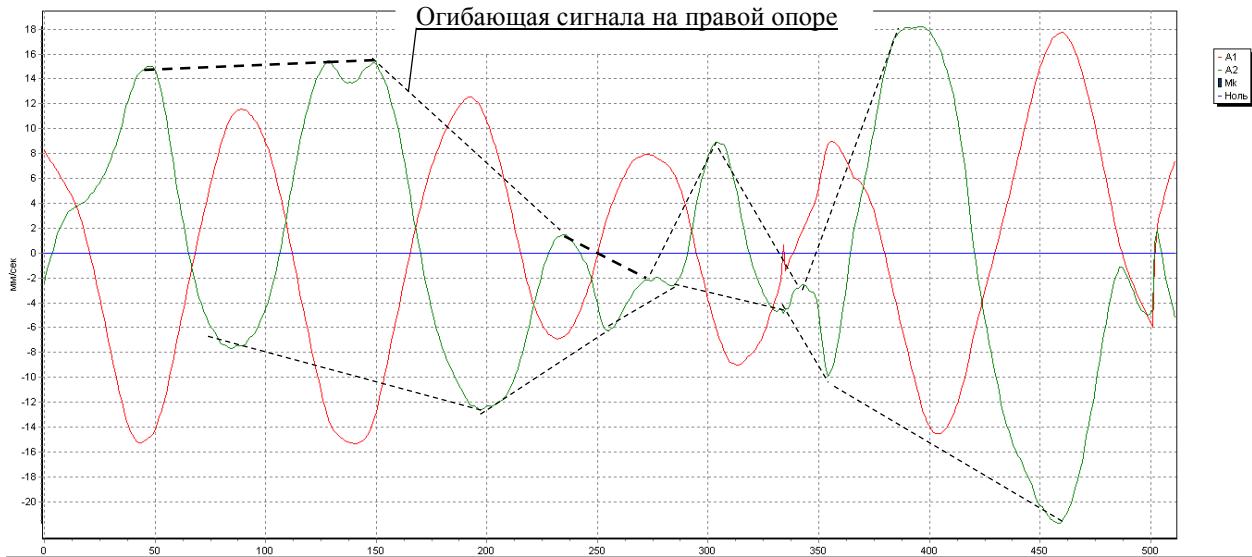


Рис. 3.1. Осциллограмма сигналов вибрации датчиков опор балансировочного станка мод. Н8В:

- сигнал датчика левой опоры (опора 1) – красная линия;
- сигнал датчика правой опоры (опора 2) – зелёная линия

Последующая проверка радиальных биений роликов станка, проведённая с использованием бесконтактного датчика линейных перемещений (см. рис. 3.2. и 3.3), подтвердила, что штатные ролики опор станка имеют значительное радиальное биение, в первую очередь связанное с износом и повреждениями подшипников роликов.

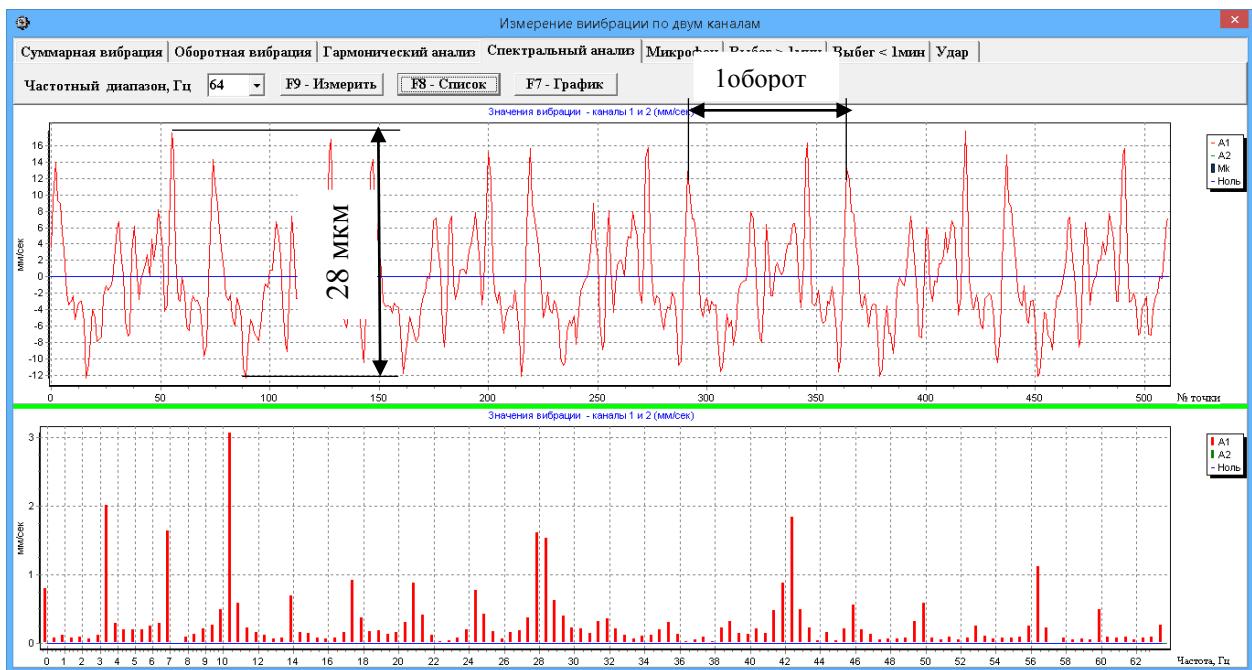


Рис. 3.2. Временная функция (верхний график) и спектр (нижний график)

радиальной вибрации правого штатного ролика левой опоры (опоры 1)

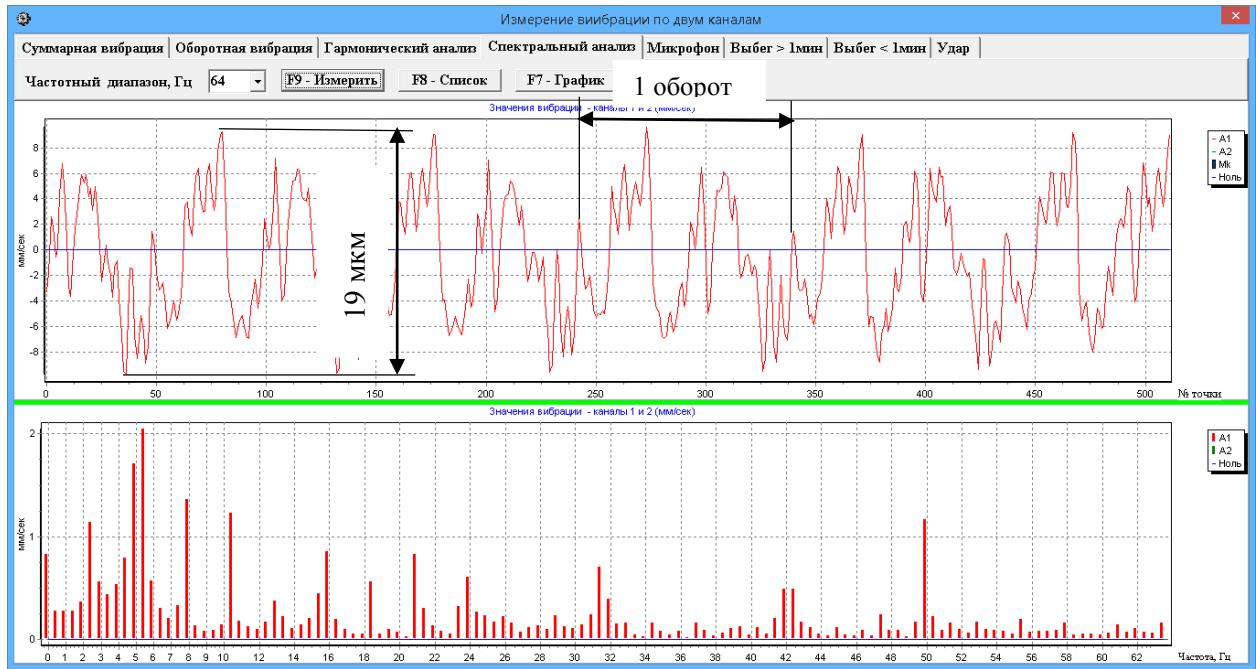


Рис. 3.3. Временная функция (верхний график) и спектр (нижний график) радиальной вибрации правого штатного ролика правой опоры (опоры 2)

Как видно из рис. 3.2, радиальное биение правого штатного ролика левой (1-й) опоры составляет 28 мкм.

Временная функция радиального биения этого ролика имеет несинусоидальный характер, а её спектр состоит из большого количества составляющих, что с большой вероятностью указывает на повреждения беговых дорожек подшипника ролика.

Как видно из рис. 3.3. радиальное биение правого штатного ролика правой (2-й) опоры составляет 19 мкм. Это несколько меньше, чем у ролика первой опоры.

Однако временная функция радиального биения указанного ролика также имеет несинусоидальный характер, а её спектр состоит из большого количества составляющих, что также указывает на повреждения беговых дорожек подшипника ролика.

Выявленные дефекты, связанные с радиальными биениями роликов опор станка, несут в себе как минимум два неприятных момента:

а) В связи с разными частотами вращения роликов левой и правой опор ось балансируемого ротора непрерывно меняет своё положение в пространстве, что может создавать дополнительную погрешность при балансировке.

б) Биения сигналов датчиков вибрации опор (см. огибающую сигнала на рис. 3.1), связанное с радиальным биением и дефектами роликов, могут являться дополнительными помехами, искажающими сигналы датчиков и приводящими к появлению дополнительных погрешностей измерения дисбаланса в измерительной системе.

После выявления указанных дефектов роликов опор на станке были установлены запасные ролики, графики проверки радиального биения которых приведены на рисунках 3.4 – 3.6.



Рис. 3.4. Временная функция (верхний график) и спектр (нижний график) радиального биения нового правого ролика левой опоры (опоры 1)



Рис. 3.5. Временная функция (верхний график) и спектр (нижний график)

радиального биения нового левого ролика левой опоры (опоры 1)



Рис. 3.6. Временная функция (верхний график) и спектр (нижний график) радиального биения нового правого ролика правой опоры (опоры 2)



Рис. 3.7. Временная функция (верхний график) и спектр (нижний график)

радиального биения нового левого ролика правой опоры (опоры 2)

Как видно из представленных графиков, радиальное биение новых роликов (за исключением левого ролика левой опоры) находится в пределах 11-12 мкм, что значительно ниже, чем у заменённых штатных роликов, бывших в употреблении.

Исключение составляет только новый левый ролик левой (1-й) опоры, радиальное биение которого достигает 25 мкм.

Гармонический состав спектров радиального биения новых роликов менее выражен, чем гармонический состав заменённых б/у роликов, что указывает на отсутствие значительных повреждений беговых дорожек подшипников новых роликов.

С учётом результатов, полученных при контроле радиального биения роликов опор станка, можно сделать следующие выводы:

- проводить периодический контроль радиального биения роликов не реже 2-х раз в год;
- при балансировке высокоточных роторов (по возможности) использовать для базирования на левой и правой опорах станка шейки ротора с одинаковым диаметром.

4. Проверка технического состояния оснастки

При балансировке роторов большое влияние на качество роторов могут оказывать узлы и детали, обеспечивающие связь шпинделя станка с балансируемым ротором, в том числе карданные валы и переходные муфты.

4.1. Проверка влияния приводного карданного вала карданного вала на качество балансировки роторов.

При балансировке роторов типа А4, А9 и ряда других используется малый кардан со следующими техническими данными:

- масса кардана: 12 кг
- диаметр оси кардана: 50 мм
- допуск на остаточный дисбаланс кардана (по протоколу ремонтной организации): 300 г*мм (класс **G16**)
- фактический остаточный дисбаланс кардана после ремонта и балансировки (по протоколу ремонтной организации):
 - плоскость 1: $D_{1k} = 22.6 \text{ г*мм}$ ($m_{1k} = 0.8 \text{ г}$)
 - плоскость 2: $D_{2k} = 134.6 \text{ г*мм}$ ($m_{2k} = 5.4 \text{ г}$)

Проверка фактического влияния кардана на дисбаланс ротора проводилась в рамках работ по определению минимально достижимого остаточного дисбаланса (см. ниже раздел 5) с использованием измерительной системы «Балком 2С».

В рамках указанной проверки первоначально определялся дисбаланс тщательно отбалансированного ротора типа А9 совместно с карданом (см. рис. 6.3).

При этом остаточные неуравновешенные массы (m_{1o} m_{2o}) и дисбалансы (D_{1o} и D_{2o}) ротора совместно с карданом в первой и во второй плоскостях соответственно равны:

$$m1_o = 0.8 \text{ г} / 265^0 ; (D 1o = 0.8 * 190 = 152 \text{ г*мм} / 265^0) \quad (4.1)$$

$$m2_o = 0.8 \text{ г} / 290^0 ; (D 2o = 0.8 * 190 = 152 \text{ г*мм} / 290^0) \quad (4.2)$$

Далее отбалансированный ротор отсоединялся от кардана и разворачивался на относительно него на 180^0 .

После чего проводилось определение новых значений остаточных неуравновешенных масс и дисбалансов ротора.

Величины остаточных неуравновешенных массы и дисбалансы ротора, полученные после разворота ротора на 180^0 (см. рис. 6.4), соответственно равны:

$$m1_{180} = 2.8 \text{ г} / 114^0 ; (D 1_{180} = 2.8 * 190 = 532 \text{ г*мм} / 114^0) \quad (4.3)$$

$$m2_{180} = 1.4 \text{ г} / 324^0 ; (D 2_{180} = 1.4 * 190 = 266 \text{ г*мм} / 324^0) \quad (4.4)$$

Если для каждой из плоскостей коррекции просуммировать векторы остаточной неуравновешенности, полученные до и после разворота ротора, то можно определить значения векторов дополнительных остаточных неуравновешенных масс ($m1_k$ $m2_k$) и дисбалансов ($D 1k$ и $D 2k$), передаваемых от кардана на ротор:

$$m1_k = 1.06 \text{ г}; (D 1k = 1.06 * 190 = 201 \text{ г*мм}) \quad (4.5)$$

$$m2_k = 1.1 \text{ г}; (D 2k = 1.1 * 190 = 209 \text{ г*мм}) \quad (4.6)$$

Как видно из уравнений (4.5) и (4.6), передаваемый на ротор дисбаланс тестируемого малого кардана, может достигать 40% от допустимой остаточной неуравновешенности ($m_d = 2.5 \text{ г}$), установленной Заказчиком для ротора типа А4.

С учётом полученных данных можно сделать вывод о том, что при балансировке высокоточных роторов типа А4, точность балансировки малого кардана должна быть повышена, как минимум, на один класс (до класса балансировки G2.5 по ГОСТ 1940-2007).

Кроме того, желательно путём более качественного ремонта кардана уменьшить люфты, которые имеют место в его вилках.

4.2. Оценка влияния переходной полумуфты на дисбаланс ротора.

При подготовке ТЗ на обследование балансировочного станка задача по оценке влияния переходных полумуфт на качество балансировки роторов Заказчиком не ставилась.

Однако в процессе проведения работ было установлено, что качество изготовления и техническое состояние существующей оснастки оказывает существенное влияние на результаты балансировки роторов.

Это было выявлено после того, как подготовленный к проведению испытаний качественно отбалансированный ротор типа А9, имевший (см. рис.6.4) остаточную

неуравновешенность **2,8 г** в первой и **1,4 г** во второй плоскостях, в связи с производственной необходимостью был снят со станка и отсоединен от переходной полумуфты.

После повторной установки ротора на станке и присоединения к нему переходной полумуфты величины остаточной неуравновешенности ротора, определённые с помощью измерительной системы «Балком 2С», составили в первой плоскости **44 г**, а во второй **22 г**.

Полученные результаты показывают, что качество изготовления и балансировки переходных муфт может оказывать значительно большее влияние на точность балансировки роторов, нежели дисбаланс рассмотренного выше кардана.

С учётом изложенного можно рекомендовать Заказчику обратить серьёзное внимание на техническое состояние переходных муфт, в частности:

- провести ревизию посадочных размеров шлицевых соединений муфт на предмет определения их износа и при необходимости обеспечить их восстановление;
- провести проверку качества балансировки полумуфт и при необходимости выполнить их подбалансировку.

5. Анализ причин нестабильности сигналов с датчиков вибрации опор

В процессе продолжения испытаний, проводимых уже после замены роликов, периодически наблюдалась нестабильность показаний приборов (штатного прибора станка и прибора «Балком 2С») по второму каналу измерений.

С целью выявления причин указанной нестабильности с помощью измерительной системы «Балком 2С» было проведено осциллографирование сигналов с датчиков (см. рис. 5.1 и 5.2.).



Рис.5.1. Осциллограмма сигналов с датчиков при стабильной работе датчика правой (2-й) опоры:

- сигнал датчика левой опоры (опора 1) – красная линия;
- сигнал датчика правой опоры (опора 2) – зелёная линия



Рис.5.2. Осциллограмма сигналов с датчиков при нестабильной работе датчика правой (2-й) опоры:

- сигнал датчика левой опоры (опора 1) – красная линия;
- сигнал датчика правой опоры (опора 2) – зелёная линия

Как видно из представленных осциллограмм, в случае нестабильности на индикации прибора синусоидальный сигнал датчика вибрации правой опоры (см. рис.5.1) сильно искажается (рис.5.2), что может являться причиной возникновения указанной нестабильности.

Визуальный осмотр датчиков вибрации и кабелей подключения датчиков показал следующее:

- механические узлы датчиков вибрации сильно загрязнены (их профилактическая промывка и очистка вероятно давно не проводились);
- кабели датчиков (особенно датчика второй опоры) имеют явно выраженные повреждения, устраниённые кустарным образом.

Полученные в процессе визуального осмотра датчиков результаты не позволяют сделать окончательные выводы о причинах нестабильных показаний датчика вибрации второй опоры.

На данном этапе можно рекомендовать Заказчику следующее:

- выполнить работы по профилактическому обслуживанию датчиков вибрации (промывке и очистке механических узлов датчиков);
- заменить, имеющие местные повреждения кабели датчиков вибрации, новыми.

6. Оценка точностных характеристик измерительной системы балансировочного станка мод. Н8V, ф. Шенк

Работа по оценке точностных характеристик балансировочного станка мод. Н8V, ф. Шенк, зав. № 010 выполнялась с учётом требований ГОСТ 20076-2007, рекомендованных для проведения проверки по определению минимально достижимого остаточного дисбаланса.

В связи с отсутствием на предприятии Заказчика эталонного ротора для выполнения данной проверки Исполнителю в качестве тестового был предоставлен ротор типа А9.

На первом этапе работ с использованием измерительной системы «Балком 2С» выполнялась подготовительная балансировка ротора, включавшая в себя 4 последовательных пуска, после выполнения которых был достигнут минимальный для данной балансировки тестового дисбаланс ротора.

Результаты балансировки, полученные при выполнении этих пусков, внесены в таблицу 6.1.

На рис. 6.1 – 6.3 представлены скриншоты экранов измерительной системы «Балком 2С» с результатами балансировки, полученные при выполнении 2-го, 3-го и 4-го пусков.

Кроме того, в таблицу 1 внесены результаты 5-го пуска, который выполнялся после разворота ротора относительно кардана на угол 180^0 .

Скриншот экрана с результатами измерения дисбаланса ротора после его разворота представлен на рис. 6.4.

В соответствии с рекомендациями ГОСТ 20076-2007 предварительно отбалансированный тестовый ротор может в дальнейшем использоваться для определения минимально достижимого, определяемого путём последовательного обхода ротора обхода ротора

К сожалению, в связи с производственной необходимостью полностью подготовленный к продолжению испытаний ротор был снят со станка и отсоединен от переходной муфты.

После повторной установки ротора на станке и присоединения к нему переходной муфты остаточный дисбаланс ротора сильно возрос (см. раздел 4.2).

Для устранения указанной неуравновешенности потребовалось проведение повторной подготовительной балансировки, результаты которой занесены в таблицу 6.2.

С учётом изложенного, при продолжении испытаний по определению минимально достижимого дисбаланса был использован ротор с исходными параметрами неуравновешенности, приведёнными в таблице 6.2.

В процессе выполнения указанного этапа проверки в соответствии с рекомендациями ГОСТ 20076-2007 величина минимально достижимого остаточного дисбаланса определяется методом обхода ротора контрольным грузом.

Результаты измерений остаточной неуравновешенности, полученные при выполнении 6-ти последовательных пусков для каждой плоскости с использованием измерительной системы «Балком 2С» и штатной измерительной системы станка, занесены соответственно в таблицы 6.3 и 6.4.

С использованием указанных данных после проведения дополнительных вычислений для обеих измерительных систем определены и занесены в таблицы

6.3 и 6.4 величины среднеарифметического значения дисбаланса и относительные значения дисбаланса.

С помощью полученных расчётных также построены графики для оценки минимального остаточного дисбаланса (см. рис. 6.5 и 6.6)

Сравнительный анализ полученных результатов показывает, что обе измерительные системы (система «Балком 2С» и штатная измерительная система станка) обеспечивают достижение на станке требуемой остаточной неуравновешенности, равной 2.5 Г.

На это указывает то, что все расчётные величины относительного значения остаточного дисбаланса, полученные для обеих измерительных систем, находятся в области допуска по ГОСТ 20076-2007, ограниченного диапазоном относительных значений от 0.88 до 1.12.

Как видно из сопоставления результатов, представленных в цифровой форме в таблицах 6.3 и 6.4 и в графической форме на рис. 6.5 и 6.6, измерительная система «Балком 2С» несколько точнее штатной измерительной системы станка.

Кроме того, как видно из углублённого анализа результатов измерений, **штатная** измерительная система станка даёт заниженные на 10 % показания по первому каналу измерения и завышенные на 10% показания по второму каналу.

На это указывают отличие расчётного среднеарифметического значения неуравновешенной массы от массы контрольного груза.

Например, для первого канала измерения при массе контрольного груза, равной 20 г, среднеарифметическое значение неуравновешенной массы равно 17.8 г, а для второго канала – 22 г (см. табл. 6.4.).

Для сравнения среднеарифметические значения остаточной неуравновешенности, полученные с помощью измерительной системы «Балком 2С», равны соответственно 20.3 г для первого канала и 20.03 для второго канала (см. табл. 6.3), что указывает на высокую точность калибровки этой измерительной системы.

С учётом изложенного можно рекомендовать Заказчику провести регулировку чувствительности первого и второго каналов измерительной системы станка.

Кроме того, можно также рекомендовать Заказчику провести регулировку датчика опорного сигнала, так как по данным персонала, обслуживающего станок, угловые показания на индикаторе измерительной системы станка примерно на 20° отличаются от показаний нониуса, установленного на шпинделе.

Таблица 6.1

**Контрольный лист балансировки для определения минимального
достижимого остаточного дисбаланса станка по ГОСТ 20076-2007
(первый попытка)**

Модель станка: Н8V, ф. Шенк, зав. № 010

Место установки: компания «ABC»

Используемая измерительная система: «Балком 2С»

Тип контрольного ротора: А9

Масса пробного груза: $m_k = 20$ г.

Радиус установки пробного груза: $R_k = 190$ мм.

Масса контрольного ротора: $m_p = 567$ кг.

Дата проведения балансировки: 23.04.2018 г

Балансировочные цикли	Неуравновешенная масса, г / по индикатору прибора				Номер коррекции	
	В левой плоск. 1		В правой плоск.2			
	Модуль, г*мм	Фаза, градусы	Модуль, г*мм	Фаза, градусы		
Пуск 1 (начальный дисбаланс)	50	233	25.8	69	1	
Пуск 2	7.4	301	7.0	72	2	
Пуск 3	3.4	122	2.4	220	3	
Пуск 4	0.8	265	0.8	290	4	
Пуск 5 (после разворота кардана на 180°)	2.8	114	1.4	324	5	



Рис. 6.1. Результаты остаточной неуравновешенности ротора,
полученные после выполнения 2-го пуска



Рис. 6.2. Результаты остаточной неуравновешенности ротора, полученные после выполнения 3-го пуска

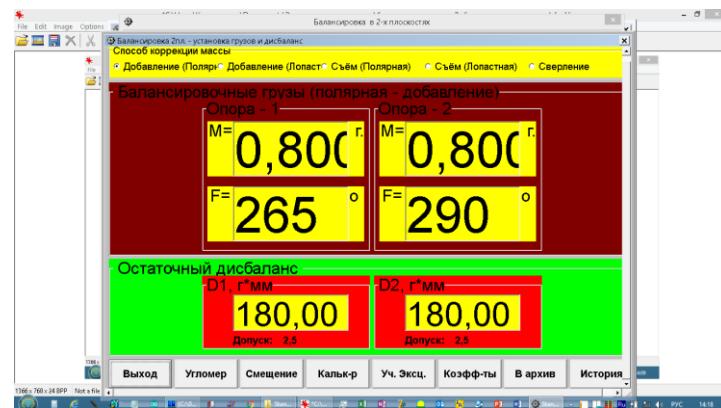


Рис. 6.3. Результаты остаточной неуравновешенности ротора, полученные после выполнения 4-го пуска



Рис. 6.4. Результаты остаточной неуравновешенности ротора, полученные после выполнения 5-го пуска
(после разворота на 180°)

Таблица 6.2

**Контрольный лист балансировки для определения минимального
достижимого остаточного дисбаланса станка по ГОСТ 20076-2007
(вторая попытка)**

Модель станка: H8V, ф. Шенк, зав. № 010

Место установки: компания «ABC»

Используемая измерительная система: «Балком 2С»

Тип контрольного ротора: А9

Масса пробного груза: $m_k = 20$ г.

Радиус установки пробного груза: $R_k = 190$ мм.

Масса контрольного ротора: $m_p = 567$ кг.

Дата проведения балансировки: 24.04.2018 г

Балансировочные цикли	Неуравновешенная масса, г / по индикатору прибора				Номер коррекции	
	В левой плоск. 1		В правой плоск.2			
	Модуль, г*мм	Фаза, градусы	Модуль, г*мм	Фаза, градусы		
Пуск 1 (начальный дисбаланс)	44	138	22.0	319	1	
Пуск 2	4.4	177	2.4	205	2	
Пуск 3	2.0	186	2.2	8	3	
Пуск 4					4	
Пуск 5 (после разворота кардана на 180°)					5	

Таблица 6.3

**Рабочая таблица для определения минимального достижимого
стакна остаточного дисбаланса по ГОСТ 20076-2007**

Модель станка: Н8В, зав. № 010

Место установки: компания«ABC»

Используемая измерительная система: «Балком 2С»

Масса контрольного груза: $m_k = 20$ г.

Радиус установки контрольного груза: $R_k = 190$ мм.

Масса контрольного ротора типа А9: $m_p = 567$ кг.

№ изм.	Углы установки контрольных грузов, градусы	Неуравновешенная масса, г / (дисбаланс), г*мм по индикатору прибора				Относительные значения дисбаланса	
		В левой плоск.		В правой плоск.		В левой плоскости	В правой плоскости
		Модуль, г*мм	Фаза, градусы	Модуль, г*мм	Фаза, градусы		
1	0	19.2 (3648)	178	20.8 (3952)	188	0.94	1.04
2	30						
3	60	21.0 (3990)	119	19.6 (3724)	125	1.03	0.98
4	90						
5	120	21.2 (4028)	59	18.0 (3420)	60	1.04	0.9
6	150						
7	180	21.0 (3990)	6	19.2 (3648)	354	1.03	0.96
8	210						
9	240	19.6 (3724)	308	20.4 (3876)	302	0.97	1.02
10	270						
11	300	19.8 (3762)	245	22.2 (4218)	241	0.98	1.11
12	330						
	Сумма	121.8 (23142)		120.2 (22838)			
	Средне-арифметическое	20.3 (3857)		20.03 (3806)			

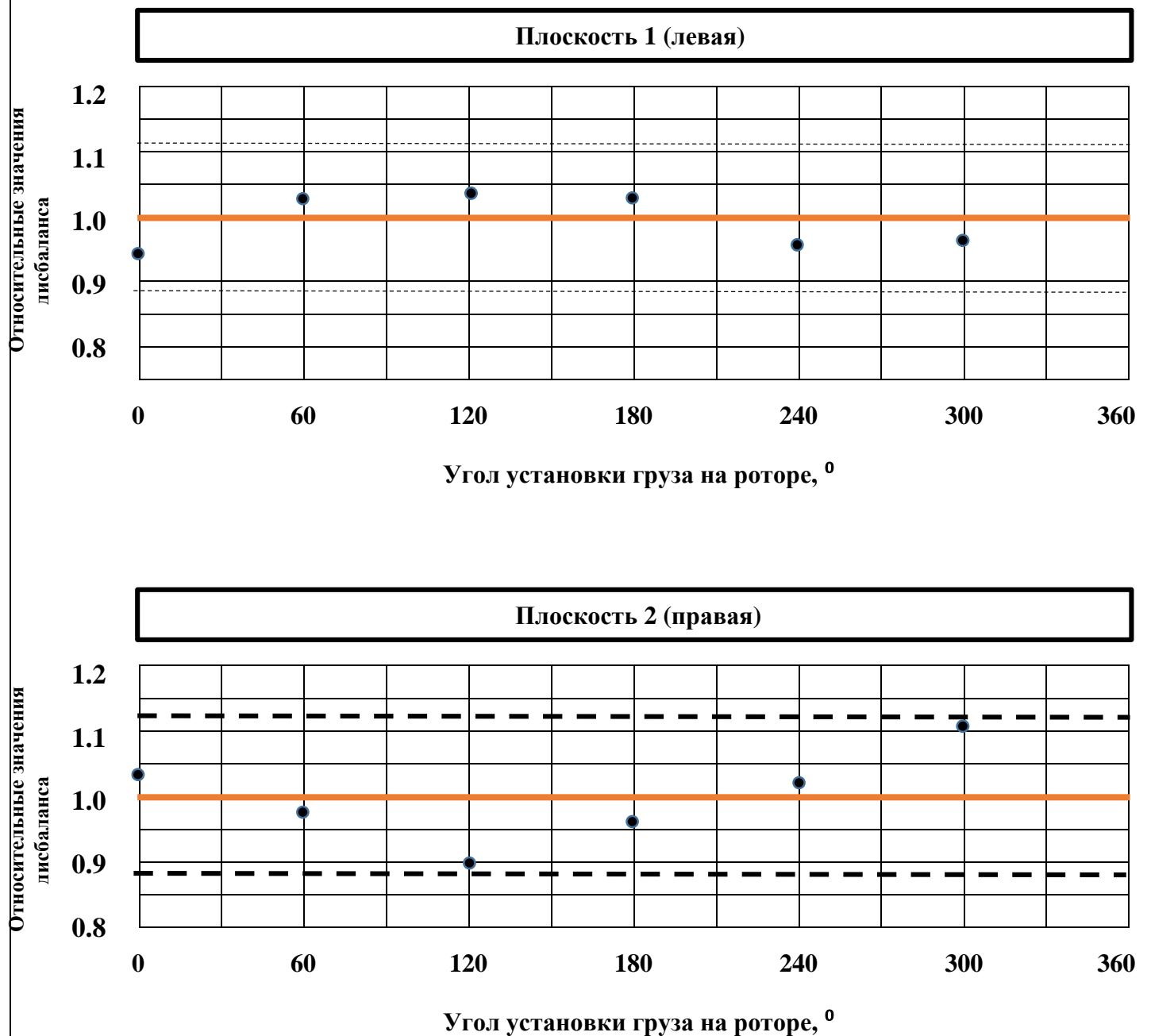


Рис. 6.5. Графики для оценки минимально достижимого остаточного дисбаланса для первой и второй плоскостей («Балком 2С»).

Таблица 6.4

**Рабочая таблица для определения минимального достижимого
станка остаточного дисбаланса по ГОСТ 20076-2007**

Модель станка: H8V, зав. № 010

Место установки: компания «ABC»

Используемая измерительная система: от станка H8V ф. Шенк

Масса контрольного груза: $m_k = 20$ г.

Радиус установки контрольного груза: $R_k = 190$ мм.

Масса контрольного ротора типа А9: $m_p = 567$ кг.

№ изм.	Углы установки контрольных грузов, градусы	Неуравновешенная масса, г / (дисбаланс) г*мм по индикатору прибора				Относительные значения дисбаланса	
		В левой плоск.		В правой плоск.		В левой плоскости	В правой плоскости
		Модуль, г*мм	Фаза, градусы	Модуль, г*мм	Фаза, градусы		
1	0	16.0 (3040)	196	22.0 (4180)	192	0.9	1.0
2	30						
3	60	18.0 (3420)	260	20.0 (3800)	253	1.01	0.9
4	90						
5	120	17.0 (3230)	320	20 (3800)	322	0.96	0.9
6	150						
7	180	20.0 (3800)	10	22.0 (4180)	25	1.12	1.0
8	210						
9	240	18.0 (3420)	72	24.0 (4560)	75	1.01	1.09
10	270						
11	300	18.0 (3420)	130	24.0 (4560)	135	1.01	1.09
12	330						
	Сумма	107 (20330)		132 (25080)			
	Средне-арифметическое	17.8 (3382)		22 (4180)			

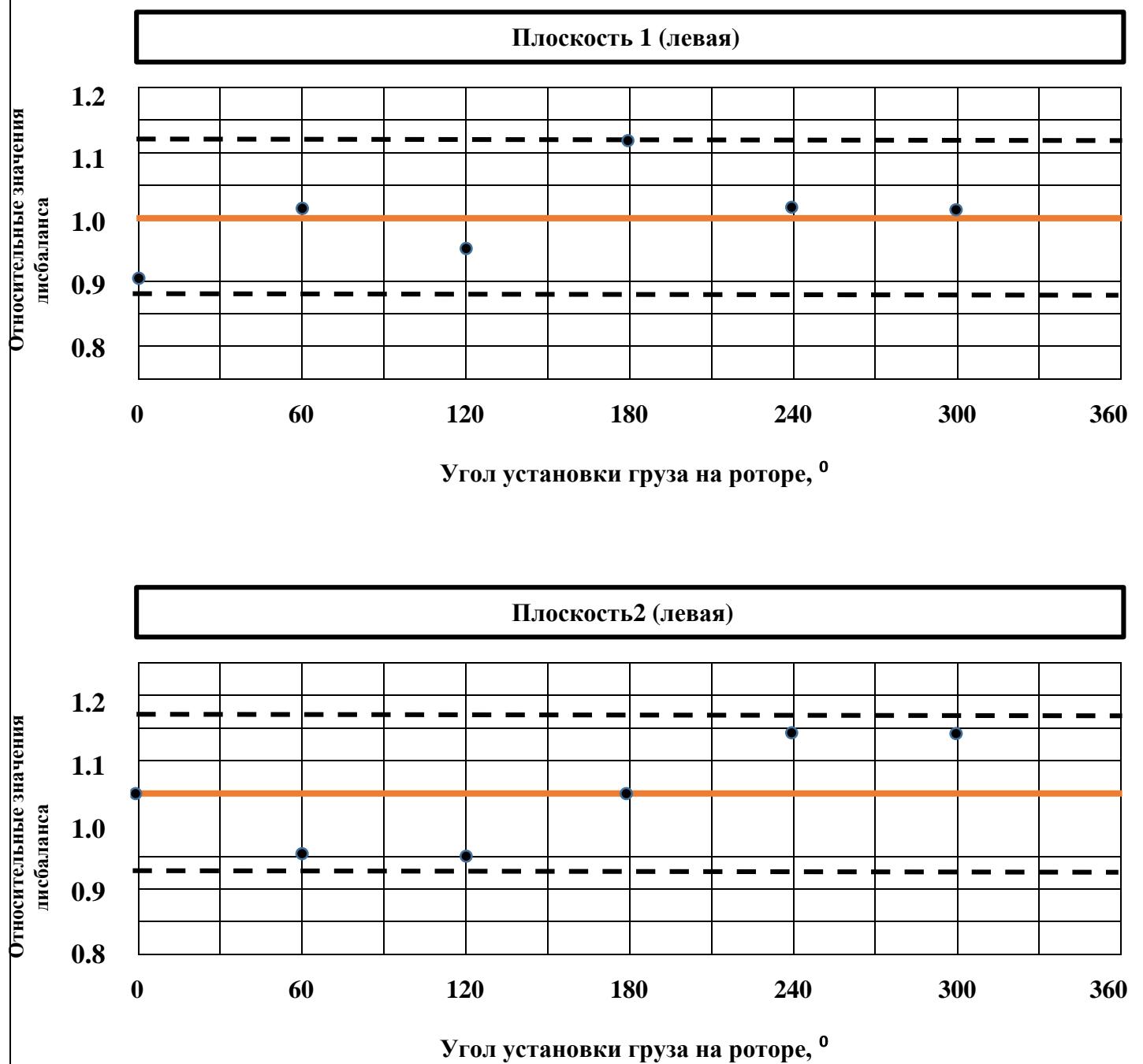


Рис. 6.6. Графики для оценки минимально достижимого остаточного дисбаланса для первой и второй плоскостей (штатная измерительная система станка мод. Н8В)

Выводы и рекомендации

1. Как показали результаты испытаний, проведённых в соответствии с требованиями ГОСТ 20076-2007, штатная измерительная система балансировочного станка мод. Н8V, зав. № 010 (при условии использования качественной оснастки) обеспечивает возможность достижения на станке заданной Заказчиком остаточной неуравновешенности, равной для роторов типа А4 - **2.5 г.**
2. С целью повышения качества и эффективности работы балансировочного станка мод. Н8V можно рекомендовать:
 - 2.1. Оснастить станок специальным контрольным ротором, изготовленным с учётом требований ГОСТ 20076-2007.
 - 2.2. С целью повышения точности измерений провести регулировку чувствительности первого и второго каналов измерения вибрации измерительной системы станка, так как показания по первому измерительному каналу вибрации на 10%, а по второму каналу – завышены на 10%.
 - 2.3. С целью повышения точности измерений провести регулировку датчика опорного сигнала, так как по данным персонала, обслуживающего станок, угловые показания на индикаторе измерительной системы станка примерно на 20° отличаются от показаний нониуса, установленного на шпинделе.
 - 2.4. Выполнить регламентные работы по техническому обслуживанию датчиков вибрации, в т.ч.:
 - выполнить работы по промывке и очистке механических узлов датчиков
 - заменить, имеющие местные повреждения кабели датчиков вибрации, новыми.
 - 2.5. Повысить точность оснастки (карданных валов, переходных полумуфт), используемой при балансировке на станке (см. рекомендации раздела 4).
 - 2.6. С целью повышения качества балансировки высокоточных роторов (по возможности) использовать для базирования на левой и правой опорах станка шейки ротора с одинаковым диаметром.
 - 2.7. С целью повышения эксплуатационной надёжности станка проводить периодический контроль под нагрузкой радиального бieniaия роликов опор не реже 2-х раз в год.

Главный специалист
ООО «Кинематика»

Фельдман В.Д.

Сайт фирмы Кинематика - www.oookin.ru

Сайт фирмы Диакин-Нева - <http://www.diakin-neva.ru>
[\(<http://www.autex.spb.su>\)](http://www.autex.spb.su)

