

## Два замечания по поводу обоснованности требований, предъявляемых Заказчиками к Производителям балансировочных станков

### Введение

За последние полтора года в адрес нашего предприятия поступило более 30 запросов по поводу закупки различных типов балансировочных станков.

Как показывает анализ текстов, прилагаемых к этим запросам Технических заданий, в большинстве из них фигурируют ряд характеристик, которые в значительной степени влияют на сроки и стоимость изготовления станков, а также сводят к минимуму перечень возможных поставщиков.

Из них в первую очередь следовало бы выделить два требования:

- требование по обеспечению удельного остаточного дисбаланса, который не должен превышать **0.1 г\*мм/кг (мкм)**;
- требование по включению балансировочного станка в Реестр средств измерений РФ.

Попробуем проанализировать обоснованность и целесообразность реализации этих требований с точки зрения реального потребителя.

### 1. Анализ требований к точности станка

Проверку обоснованности требований Заказчика к точности балансировки проведём на примере одного из Технических заданий, в котором фигурирует балансировочный станок, предназначенный для балансировки роторов электродвигателей, турбоагрегатов и компрессоров с массами от 10 до 1500 кг.

Для этого станка в ТЗ установлен допуск на удельный остаточный дисбаланс, который по мнению Заказчика не должен превышать **0.1 г\*мм/кг**.

Справедливость этого требования попробуем проверить обратившись к таблице 1 ГОСТ 1940-1-2007 “Вибрация. Требования к качеству балансировки роторов”. С учётом рекомендаций этой таблицы принимаем, что точность балансировки роторов электродвигателей, турбоагрегатов и компрессоров, которую должен обеспечить заказываемый станок, должна соответствовать классу **G2,5**.

Тогда, приняв ожидаемую рабочую частоту вращения балансируемого ротора равной, например, 200 Гц (что с большим запасом перекрывает диапазон частот вращения большинства известных машин), по формуле 5 указанного ГОСТа, можно легко рассчитать величину допуска на остаточный удельный дисбаланс ротора в случае проведения его статической (одноплоскостной) балансировки:

$$e_{\text{пер}} = 2500 / (6,28 * 200) = 1,99 \text{ г*мм/кг}$$

С учётом рекомендаций того же ГОСТ 1940-1-2007, приведённых в разделе 7, минимально допустимое значение допуска, установленного для двух опорного несимметричного ротора при динамической балансировке, должно соответствовать, как минимум,  $0,3 * e_{per}$ , то есть составит в нашем случае всего **0,6 г\*мм/кг**, а не **0,1 г\*мм/кг**, как это требуется в исходном ТЗ.

Иными словами, как нам представляется из анализа приведённых выше расчётов, требования, предъявляемые к точности балансировочного станка в данном ТЗ (а также во многих других аналогичных документах), явно завышены.

Практическая реализация этих избыточных требований связана для Производителя с необходимостью решения серьёзных конструкторских и технологических задач, которые обычно возникают при изготовлении станков особо высокой точности, что, несомненно, сказывается на стоимости и сроках их изготовления. Более того, эти требования не всегда могут быть выполнены технически.

Не стоит также забывать, что эффективная эксплуатация подобных высокоточных станков может потребовать от потенциального Заказчика выполнения ряда дополнительных условий, предусматривающих, например, необходимость использования термоконстантных и чистых помещений, виброизолирующих фундаментов и т.п., затраты на создание которых могут даже превосходить расходы, связанные с приобретением станка.

В ответ на возможное возражение Заказчика станка (составителя озвученного выше ТЗ), указывающее на то, что реализация его требования позволяет обеспечить достижение на станке значительно меньшего остаточного дисбаланса, фактически соответствующего классу **G0,4**, ему можно рекомендовать ознакомиться с рекомендациями ГОСТ 22061 -76 "Машины и технологическое оборудование. Система классов точности балансировки. Основные положения", который действовал до введения ГОСТ 1940-1-2007.

В разделе 3 этого стандарта, подготовкой которого занимались не "англоязычные переводчики" стандартов ИСО, а лучшие специалисты в области балансировки Советского Союза, справедливо указывается следующее:

*3.1. Роторы изделий, отнесенных к 1-му классу точности балансировки (класс G0,4 по ГОСТ 1940-1-2007), следует балансировать в своих подшипниках в собственном корпусе при соблюдении всех условий эксплуатации с использованием собственного привода.*

*3.2. Роторы изделий, отнесенных ко 2-му классу точности балансировки (класс G1,0), следует балансировать в собственных подшипниках или в собственном корпусе, со специальным приводом, если нет собственного привода.*

*3.3. Роторы изделий, отнесенных к 3 - 11-му классам точности балансировки (классы G2,5 - G4000, разрешается балансировать в виде деталей или сборочных единиц.*

Смысл этих рекомендаций вкратце сводится к тому, что стремление к достижению на балансировочном станке классов точности балансировки

роторов G0,4 и G1,0 зачастую технически и экономически бессмысленно. Ибо после их установки машину достигнутая точность теряется и для её восстановления требуется обязательное проведение дополнительной подбалансировки в машины сборе (в собственных подшипниках и с собственным приводом), выполняемой с использованием переносной вибробалансировочной аппаратуры.

В качестве наглядной иллюстрации данного тезиса можно рассмотреть пример, связанный с балансировкой шлифовального круга, который предполагается использовать на круглошлифовальном станке особо высокой точности (класса точности "С").

В соответствии с требованиями ранее упомянутой таблицы 1 ГОСТ 1940-1-2007 качество балансировки шлифовального круга должно, как минимум, соответствовать классу G 0,4.

Принимая во внимание, что ожидаемая частота вращения шлифовального круга при работе будет составлять 6000 об/мин ( 100 Гц ) по известной формуле 7 ГОСТ 1940-1-2007, определим величину допуска на его остаточный удельный дисбаланс  $e_{per}$ , который будет равен **0,64 г\*мм/кг**.

Иными словами, после проведения балансировки на балансировочном станке, выполненной с учётом обеспечения данного допуска, величина смещения центра масс шлифовального круга относительно технологической оси (оси вращения оправки балансировочного станка) не должна превышать **0,64 мкм**.

Так как допустимая величина радиального биения шпинделя шлифовального станка класса точности "С" по ГОСТ 11654-90 составляет **2 мкм**, то после установки на него нашего шлифовального круга (перебазировки круга с технологической оси на рабочую) остаточный удельный дисбаланс последнего должен существенно возрасти и, как минимум, **в три раза** превысить допуск, рекомендованный по ГОСТ 1940-1 2007.

В этом и других подобных случаях требуется, как уже отмечалось ранее, проведение дополнительной балансировки, компенсирующей погрешности, возникающие на стадии сборки механизма.

Сказанное выше позволяет утверждать, что **в подавляющем большинстве случаев требование по точности средних и тяжёлых балансировочных станков можно ограничить уровнем остаточного удельного дисбаланса, равным 0,5 г\*мм или даже 1.0 г\*мм**.

Практическая реализация данной рекомендации позволяет Производителю существенно снизить трудоёмкость изготовления и стоимость станка, а его Заказчику (при условии рационального построения технологического процесса) обеспечивает возможность достижения требуемой точности балансировки.

Основным исключением из этого правила могут являться малогабаритные специализированные балансировочные станки, используемые, например, для балансировки роторов гироскопов, автомобильных турбокомпрессоров и т.п.

Конструктивные особенности этих станков позволяют достигать уровня удельного остаточного дисбаланса 0,1 г\*мм и ниже, что технически обосновано и экономически целесообразно.

## **2. О необходимости включения балансировочных станков в Реестр средств измерения РФ**

В последние годы в нашей стране сделано удивительное открытие, которое могло бы повергнуть в смятение “почивших в бозе” специалистов ЭНИМСа, разработавших в своё время классификатор металлорежущих станков.

С чьей-то “лёгкой руки” на станочном рынке появился совершенно новый вид оборудования - “**Виброизмерительные** балансировочные станки”, которые должны иметь Сертификат Госстандарта России и соответствующую маркировку.\*)

И всё бы ничего. Но вдруг оказалось, что продвинутые Заказчики стали закладывать в свои ТЗ обязательное требование по включению балансировочных станков в Реестр средств измерений РФ.

Попробуем разобраться насколько данное требование юридически и технически оправдано, а также экономически целесообразно .

Для начала полезно понять, как соотносится данное требование с рекомендациями действующих нормативных документов.

Начнём с рассмотрения ГОСТ 8-82 “Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность”.

Указанный стандарт устанавливает основные понятия и принципы классификации станков по точности, общие требования к испытаниям на точность и общие требования к методам **проверки** точности.

Причём, важно отметить, что в ссылках на проведение процедур оценки качественных характеристик станков в данном стандарте используется только термин “**проверка**” и нет ни одного упоминания о необходимости включения станков в реестр средств измерения РФ и, соответственно, необходимости выполнения их “**поверки**”.

Следующим документом, на который следует обратить внимание, является ГОСТ 20076-2007 (ИСО2953.1999) “Вибрация. Станки балансировочные. Характеристики и методы их **проверки**”.

В данном стандарте, устанавливающем конкретные требования к техническим характеристикам балансировочных станков и методам их “**проверки**”, также отсутствуют требования, предусматривающие необходимость проведения “**поверки**” станков и включения их в реестр средств измерения РФ.

В этой связи следует отметить, что требования, связанные с необходимостью проведения “**поверки**” отсутствуют в стандартах на другие типы металлообрабатывающего оборудования, например, в ГОСТах на шлифовальные станки и станки с ЧПУ, в состав которых также могут входить различные измерительные системы.

Более того, подобные требования не фигурируют и в технической документации на все известные модели зарубежных балансировочных станков, что, на наш взгляд, также является важным прецедентом.

На основании представленных выше доводов можно сделать следующие выводы:

а) В существующих нормативно-технических документах, разработанных для металлорежущего оборудования и в частности для балансировочных станков, отсутствуют требования, предусматривающие необходимость их включения в Реестр средств измерений РФ и, соответственно, необходимость проведения их поверки.

Как следствие, включение подобных требований в ТЗ при проведении конкурсных закупочных процедур “де факто” значительно увеличивает стоимость изготовления станков и затраты на их последующую эксплуатацию и, как нам кажется, “де юре” нарушает права добросовестных Производителей станков, следующих букве и духу существующих нормативных документов.

б) Штатные испытания измерительной системы могут и должны проводиться в составе балансировочного станка с учётом требований и рекомендаций ГОСТ 20076-2007 (ИСО 2953.1999), предусматривающих при проведении проверок использование эталонного ротора, набора тестовых грузов и поверенных весов.

Указанные испытания должны обязательно включать в себя следующие виды проверок:

- проверку минимально достижимого остаточного дисбаланса  $U_{\text{max}}$ ;
- проверку коэффициента уменьшения дисбаланса URR;
- проверку работы цепи условной балансировки (с процедурой поворота ротора на  $180^\circ$ ).

Важно отметить, что проведение указанных проверок производится без демонтажа измерительной системы со станка и не требует использования поверочного вибростенда, что исключает необходимость привлечения для её выполнения специалистов сторонних организаций и существенно сокращает трудоёмкость и стоимость работ.

Кроме проведения указанных выше основных проверок, при необходимости, непосредственно на станке (при использовании, упомянутых ранее, эталонного ротора, набора тестовых грузов и поверенных весов) могут выполняться проверки ряда важнейших параметров измерительной системы:

- повторяемости показаний амплитуды и фазы вибрационного сигнала от замера к замеру;
- линейности показаний измерительной системы по амплитуде вибрационного сигнала;
- разрешающей способности измерительной системы (минимального уровня дисбаланса, устойчиво регистрируемого измерительной системой) и т.п.

## **Заключение**

Автор надеется, что Заказчики и Производители балансировочных станков с пониманием воспримут доводы и рекомендации, изложенные в данной работе, основной целью которых является минимизация производственных затрат обеих сторон, которая должна достигаться при условии безусловного обеспечения надлежащего качества выполнения балансировочных операций.

---

**\*) Примечание:** В случае, если подобная тенденция получит своё дальнейшее развитие, не исключено, что в скором времени мы узнаем о создании **Виброизмерительных шлифовальных станков, Виброизмерительных прессов и даже о Виброизмерительных прокатных станков**. Ведь с балансировочными станками их роднит возможное использование на этом оборудовании специализированной виброизмерительной аппаратуры.