

Балансировочные станки нового поколения серии ВМ для роторов энергетических турбоагрегатов.

В условиях электростанций и энергоремонтных предприятий единственно разумным и экономически обоснованным путем обеспечения вибрационной надежности является уравновешивание отдельных роторов в процессе ремонта на низкочастотных балансировочных станках. Основной проблемой, в 70% случаев, вибрационной надежности турбоагрегатов является неуравновешенность валопровода. Балансировка роторов турбин и генераторов на станке должна быть обязательной операцией, завершающей технологический процесс ремонта.



Проведен анализ причин, по которым роль и значение балансировочных станков была снижена. Прежде всего, это отсутствие реальных сдерживающих экономических механизмов с одной стороны, и отсутствие производительных балансировочных станков с другой, сложность балансировок на станках старой конструкции и большие трудозатраты при их использовании.

Утвердилась практика компенсации дефектов с помощью балансировок в собственных подшипниках, в процессе которых разбивались

радиальные зазоры в проточной части, ради которых проводился ремонт, снижалась экономичность, появлялся риск заработать прогиб роторов на пусках от задеваний в уплотнениях, затягивались сроки ремонта.

Появление современных высокоточных, производительных, балансировочных станков ООО "Диамех 2000" сняло проблему трудозатрат и точности балансировки.

На сегодняшний день на электростанциях и энергоремонтных предприятиях России для уравновешивания роторов основного и вспомогательного оборудования уже используется более 100 балансировочных станков нового поколения, однако, это лишь 15% от общей потребности в таких станках всех энергопредприятий России.

Первым предприятием, где был установлен балансировочный станок нового поколения для балансировки роторов энергетических турбоагрегатов, был Центральный ремонтный завод ОАО "Мосэнерго" где с 1999 года в эксплуатации балансировочный станок модели ВМ-36000, грузоподъемностью 40 тонн. За годы работы станок показал себя надежным инструментом для качественного, быстрого решения задач балансировки роторов всей энергосистемы Москвы, за это время на нем было уравновешено около 500 роторов различных ТЭЦ, ГРЭС.

Поверив в надежность балансировочного станка нового поколения серии ВМ и в точность получаемых результатов, сразу четыре предприятия: Сургутская ГРЭС-1, Тюменская ТЭЦ-2, Энергоремонт (г. Дзержинск), ПРП Татэнергоремонт в 2001 году оснастили свои ремонтные площадки станками ВМ-36000.

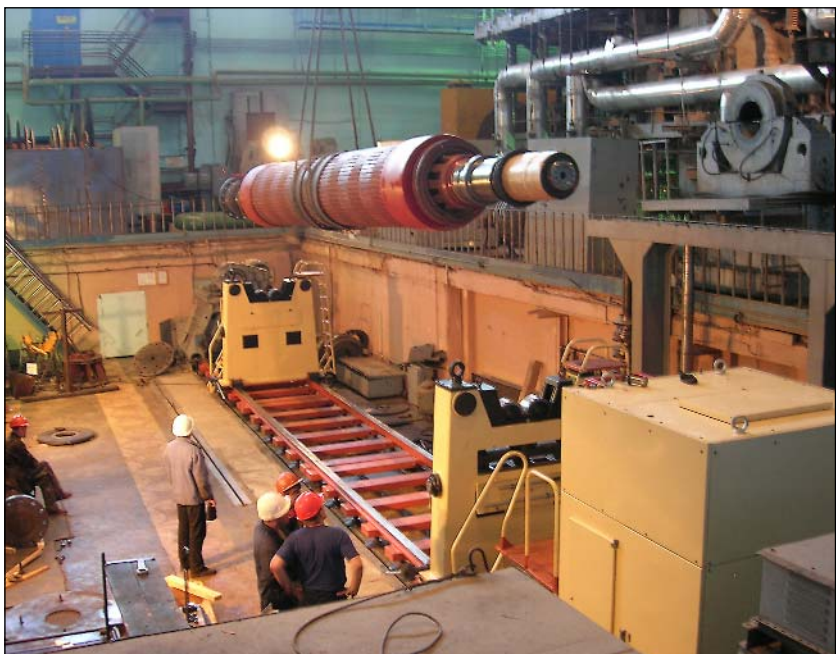
На сегодняшний день в эксплуатации 16 балансировочных станков модели ВМ-36000, два станка модели ВМ-65000 и 7 станков модели ВМ-90000 для балансировки роторов массой 90 тонн.

Балансировочный станок модели ВМ-65000, введенный в эксплуатацию на Кармановской

ГРЭС в 2007 году позволяет выполнять балансировку всех типов турбинных и генераторных роторов (массой до 65 т.) оборудования ООО "БГК", включая ротор генератора ТВВ-320. Применение данного станка позволило значительно снизить количество балансировок в собственных подшипниках на этапе ввода оборудования после ремонта.

Запуск в эксплуатацию балансировочного станка VM-90000 в 2003 году на Сургутской ГРЭС-2 стал знаковым событием для всей энергосистемы Западно-Сибирского региона. Впервые крупнейшая российская электростанция была оснащена отечественным балансировочным станком грузоподъемностью 90 тонн.

В 2007 году сразу три станка грузоподъемностью 90 тонн были введены в эксплуатацию на атомных электростанциях концерна Росатом, это Курская АЭС, Ленинградская АЭС и Смоленская АЭС, где станки используются для балансировки роторов турбоагрегатов К-500-65-3000



Кармановская ГРЭС, балансировочный станок VM-65000

Основные преимущества балансировочных станков серии VM

Балансировочные станки серии VM, имеют целый ряд технических преимуществ, чем выгодно отличаются от станков других фирм-производителей, представленных в данный момент на рынке России и СНГ.

Рассмотрим более подробно основные технические преимущества зарезонансных балансировочных станков нового поколения серии VM в сравнении со станками предыдущего поколения дорезонансного типа с жесткой опорной системой.

Прежде всего, станки серии VM относятся к станкам зарезонансного типа, то есть уравновешивание происходит на частотах вращения в несколько раз превышающих собственную частоту системы "опора-ротор", в отличие от большинства других станков, которые являются дорезонансными.

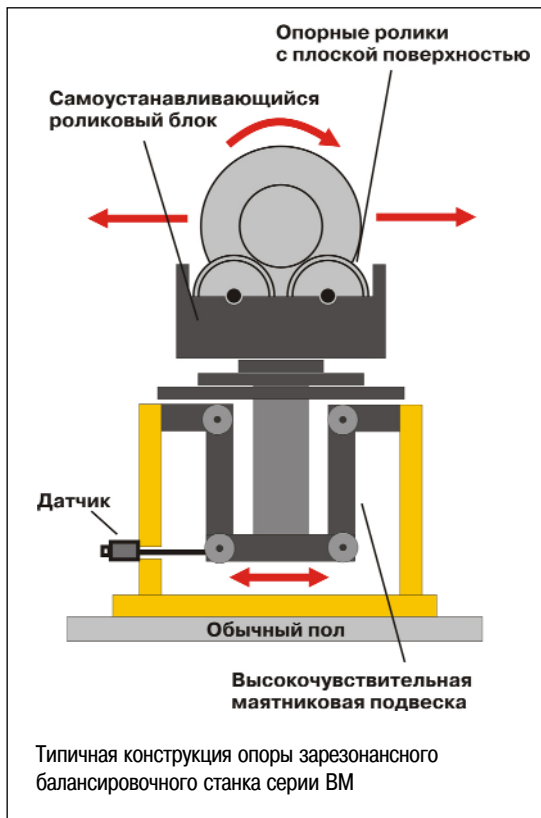
Это важнейшее отличие обуславливает следующие основные преимущества:

Отсутствует необходимости в строительстве специального виброизолирующего фундамента

Все балансировочные станки серии VM, в том числе и балансировочные станки для роторов энергетических турбоагрегатов устанавливаются на обычный пол в цехе, отсутствует необходимость изготовления специального фундамента и виброизоляции.



Участок балансировки Сургутской ГРЭС-2, балансировочные станки VM-3000, VM-36000, VM-90000



Это преимущество, во-первых, значительно снижает стоимость строительно-монтажных работ, во-вторых, определяет короткий срок ввода станка в эксплуатацию, в-третьих, позволяет транспортировать станок на специальном автоприцепе к месту проведения балансировки, тем самым осуществить стратегию "Станок к Ротору" (для станков моделей VM-25000 и VM-36000), которая успешно применяется компаниями Энергоремонт, г. Нижний Новгород (VM-36000) и "Челябэнергоремонт" (VM-36000).



В то же время, для дорезонансных (жестких) балансировочных станков требуется обязательное строительство мощного виброизолирующего фундамента, что существенно увеличивает стоимость проекта, а возможное отсутствие такого фундамента в ряде случаев приводит к полной неработоспособности станка или не обеспечению паспортной точности.

Высокоточная балансировка на низких частотах вращения

Основным преимуществом зарезонансных балансировочных станков является возможность производить балансировку с высокой точностью на сравнительно низких частотах вращения. При этом точность балансировки практически не зависит от дальнейшего повышения частоты вращения (200 - 500 об/мин). Это очень важно понять и избегать безосновательного требования балансировать роторы на повышенных частотах вращения. Точность при этом не повышается, а преимущества зарезонансного станка теряются. Низкие резонансные частоты определяются податливостью опор. Собственная частота шарнирных опор, которые используются в станках серии VM, практически не зависит от массы балансируемого ротора. Отсутствие упругих элементов и к минимуму сведенное трение в шарнирах приближает свойства опор к математическому маятнику, собственная частота которого, зависит только от его длины и не зависит от массы. Это позволяет создавать опоры не просто с низкой собственной частотой, а супернизкой собственной частотой и тем самым обеспечивать очень низкие частоты вращения при балансировке.

В то же время для дорезонансных (жестких) балансировочных станков для повышения точности уравнивания, а в большинстве случаев для ее сохранения до заявленных в паспорте станка параметров, требуется разгон ротора до 1000 об/мин и выше, что применительно к балансировке роторов энергетических турбоагрегатов является опасным в силу возникающих высоких динамических нагрузок и аэродинамического эффекта может привести к непоправимым последствиям.

Высокая точность получаемых результатов и стабильность показаний.

Высокая и стабильная точность уравнивания роторов на балансировочных станках



Транспортировка балансировочного станка грузоподъемностью 40 тонн на специальном автоприцепе

нового поколения серии VM обеспечивает низкую виброактивность ротора в агрегате. По статистике ОАО "Мосэнерго" лишь 2 ротора генератора из 10 после проведения ремонта и балансировки на станке VM-36000 иногда требуют проведения добалансировки в собственных подшипниках с минимальным, не более 1-2 количеством пусков.

Для станков серии VM свойственно сохранение высокой точности балансировки (до 0,1 гЧмм/кг) во всем, заявленном в паспорте станка, диапазоне масс роторов, в то время как для дорезонансных балансировочных станков свойственно снижение точности балансировки с уменьшением массы балансируемого ротора.

Специальная методика балансировки роторов турбоагрегатов

При уравнивании роторов турбин на балансировочных станках нового поколения серии VM используется специальная методика балансировки, которая позволяет не балансировать ротор "в ноль", а получать некоторую остаточную неуравновешенность ротора после выхода из ремонта.

Использование данной методики при вводе турбоагрегата после капитального ремонта гарантирует приведение его вибрационного состояния к тому, при котором ротор в работающем агрегате до капитального ремонта испытывал минимальную виброактивность.

Данная методика в частности успешно внедрена в ведущих энергосистемах России, где в эксплуатации находятся балансировочные станки серии VM, а также в энергетике США, где уже на протяжении нескольких десятилетий при ремонте энергетических турбоагрегатов не используются дорезонансные (жесткие) балансировочные станки и вакуумные разгонно-балансирующие стелды.

Возможность балансировки ротора до требуемой остаточной неуравновешенности обусловлена тем, что на зарезонансных станках нового поколения серии VM измеряется исходный дисбаланс относительно оси ротора, значение которого можно приводить к требуемому, путем перемещения балансировочных грузов вдоль оси ротора, в то время как на дорезонансных (жестких) станках такая операция не предусмотрена технологически, так как принцип работы жестких балансировочных станков - измерение силы с которой ротор воздействует на опоры станка.

Самоустанавливающиеся роликовые опоры

Вращение ротора на станке осуществляется на роликовых опорах, а не во вкладышах подшипников, что исключает необходимость маслоснабжения станка и значительно упрощает его эксплуатацию и обслуживание.



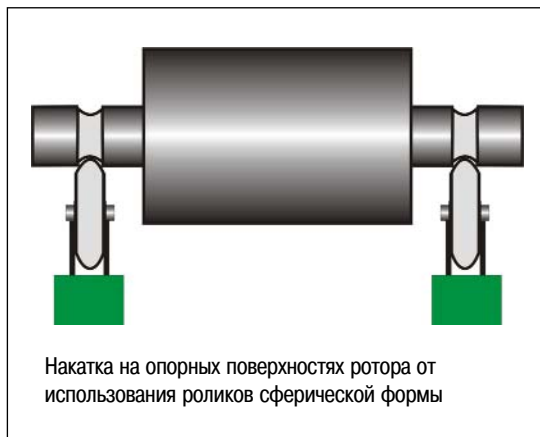
Самоустанавливающийся роликовый блок, с цилиндрическими роликами, предотвращающий повреждение опорных поверхностей ротора.

Самоустанавливающиеся роликовые опоры с цилиндрическими опорными роликами используемые в балансировочных станках нового поколения серии VM предотвращают накатку опорных поверхностей роторов и исключают необходимость процедуры тщательного

выравнивания ротора перед началом балансировки, такая процедура, свойственная дорезонансным балансировочным станкам, занимает значительное время и требует предельной точности при ее выполнении.

Отсутствие накатки на шейках ротора

Использование в конструкции роликовых блоков станков серии VM опорных роликов с цилиндрической поверхностью полностью реши-



ло проблему накатки на шейках роторов при проведении балансировки, контакт шейки ротора с роликом происходит по образующей цилиндра, что определяет невысокие контактные напряжения и высокий (не менее 15 лет) срок службы роликов без износа и без накатки шеек роторов.

Проблема накатки долгое время оставалась и остается нерешенной для производителей дорезонансных (жестких) балансировочных станков, так как принцип работы жесткого балансировочного станка требует использования опорных роликов со сферической (выпуклой или, как говорят, бомбированной) поверхностью, где контакт ротора с роликом происходит не по всей поверхности ролика, как в резонансных станках, а лишь в небольшой точке, из-за чего шейка ротора испытывает высокие контактные напряжения, в следствие чего происходит накатка на поверхности шейки и быстрый износ опорных роликов станка.

Если при балансировке небольших роторов массой до 3 тонн эта проблема не столь существенна, то при уравнивании тяжелых роторов энер-

гетических турбоагрегатов она становится одной из основных, так как после каждой балансировки требуется токарная обработка, шлифовка шеек ротора, в следствие чего вносится существенная погрешность в уже проведенную балансировку и нарушаются геометрические параметры шеек, а сами опорные ролики дорезонансного станка быстро изнашиваются. Через каждые 3-5 балансировок такие ролики требуют замены, а их стоимость порой доходит до 20 % от стоимости самого станка.

В ряде случаев на дорезонансных балансировочных станках для уменьшения эффекта накатки при уравнивании тяжелых роторов используется специальная система подачи масла под давлением для смазки роликов, однако, данная система весьма дорогостояща и требует долгой процедуры перенастройки при уравнивании роторов с шейками различной конфигурации.

Дополнительные возможности балансировочных станков серии VM

ООО "ДИАМЕХ 2000" предлагает реализацию ряда новых решений, которые призваны расширить возможности станка и обеспечить существенную экономию денежных средств при проведении ремонта роторов в условиях электростанций.



Специальный комплекс ПТШ-40 с компьютерным управлением, смонтированный на основании балансировочного станка для токарной и шлифовальной обработки поверхностей роторов и контроля геометрических параметров.



Транспортабельный балансировочный станок VM-36000, грузоподъемностью 40 тонн с ременным и карданным приводом

- автоматизированный одновременный контроль биений многих ответственных поверхностей (шек, муфт, бандажей генераторов и т.п.) в осевом и радиальном направлениях с помощью оригинальных оправок с контактными или бесконтактными датчиками, независимо от качества контролируемой поверхности с привязкой фазы и формированием базы в компьютере станка с распечаткой протокола.
- механическая обработка поверхностей ротора с использованием специально разработанного и серийно выпускаемого токарно-шлифовального комплекса ПТШ-40 с компьютерным управлением, который устанавливается на основание балансировочного станка (VM-25000, VM-36000, VM-65000, VM-90000) и позволяет проводить операции по механической обработке поверхностей ротора по всей длине его оси.
- соединение (спаровку) двух валов по трех или четырех опорной схеме с последовательной механической обработкой муфт, их райберовкой и последующей балансировкой системы роторов на станке.
- специальную балансировку ротора генератора мощностью 800 МВт, имеющего водяное охлаждение, без снятия сливных колец с обеспечением свободного (без за-

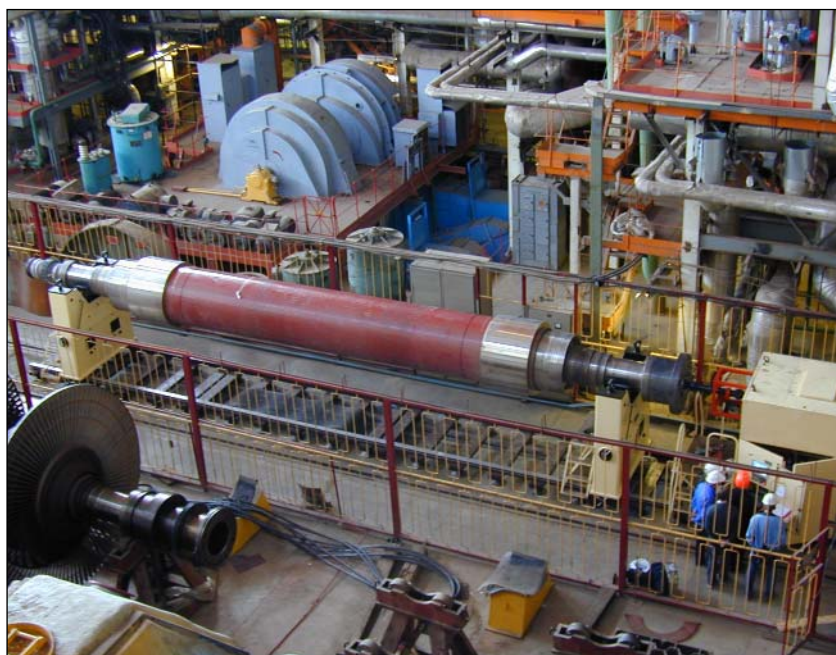
деваний) вращения ротора. Это достигается использованием оснастки, позволяющей вывешивать, центровать и крепить сливные кольца к головке станка таким образом, чтобы обеспечить параллельное перемещение вращающегося ротора и не вращающихся синхронно колеблющихся сливных колец.

- оснащение балансировочных станков моделей VM-25000 и VM-36000 дополнительным ременным приводом, что позволяет расширить диапазон грузоподъемности станка и с высокой точностью уравнивать роторы массой от 500 кг.

Простота работы со станком.

Благодаря преимуществу конструкции балансировочных станков серии VM, не снимая балансируемый ротор со станка, удобно без ограничений времени и пусков проводить вспомогательные работы на уравниваемом роторе, в то время как длительное нахождение ротора на опорах дорезонансного станка и дополнительные балансировочные пуски способствуют деформации опорных шеек ротора.

Монтаж балансировочного станка нового поколения серии VM, с прицепа до рабочего состояния при транспортировке с одной ремонтной площадки на другую силами двух человек, занимает не более 6 часов.



Балансировочный станок VM-90000 на Пермской ГРЭС

Сервис. Обучение. Инжиниринг

Хорошо налаженная система сервисного обслуживания станков и обеспечение запасными частями, при этом средняя стоимость обслуживания одного балансировочного станка, к примеру, VM-36000 не превышает 50000 рублей в год, в то время как обслуживание одного станка зарубежного производства составляет около 80000 евро в год.

Простота метрологических проверок, при которых пользователь балансировочного станка нового поколения серии VM самостоятельно, по предоставляемой методике осуществляет проверку точности работы станка без использования специальных дорогостоящих эталонных роторов, которые необходимы для дорезонансных балансировочных станков с жесткими опорами.

Подготовка специалистов-балансировщиков для работы на балансировочных станках нового поколения серии VM может проводиться как силами предприятия, где установлен станок и занимает не более 3-х смен или в специализированном учебном центре, который с 2003 года работает на базе ООО "ДИАМЕХ 2000".

За разработку, производство и внедрение балансировочных станков нового поколения коллектив ООО "ДИАМЕХ 2000" в 2004 году удостоен премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.



Балансировка ротора генератора массой 85 тонн на балансировочном станке VM-90000 (Сургутская ГРЭС-2)



ДИАМЕХ 2000

Вибродиагностика и Балансировка

Россия, 115432, г. Москва
2-й Кожуховский пр., д. 29, корп. 2, стр. 16
Тел.: +7 (495) 223-04-20
Факс: +7 (495) 223-04-90
e-mail: diamech@diamech.ru

www.diamech.ru