

## ВИБРАЦИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СТАНА 1150

А. В. БАГЛАЙ

ДП «ДИАМЕХ-УКРАИНА». 61105, г. Харьков-105, ул. Киргизская, 19, АБК-1.

E-mail: diamech@diamech.com.ua

Вибродиагностическим методом проведен неразрушающий контроль состояния подшипниковых опор главного привода горизонтальных валков стана 1150 ПАО «ЗАПОРОЖСТАЛЬ». Проанализированы причины выхода из строя подшипниковых узлов с последующей выдачей рекомендаций по разработке методик диагностирования приводов горизонтальных валков и определению оптимального технического решения для их реализации. Библиогр. 2, табл. 1, рис. 5.

*Ключевые слова:* неразрушающий контроль, вибродиагностический метод, подшипниковые узлы, оценка технического состояния

По инициативе технического руководства ПАО «ЗАПОРОЖСТАЛЬ» специалисты ДП «ДИАМЕХ-УКРАИНА» приняли участие в разработке методик и мероприятий по оснащению техническими средствами мониторинга и углубленной диагностики прокатных клетей и приводов обжимного стана 1150. Целью данной работы являлось проведение первичных измерений параметров вибрации подшипниковых опор главного привода горизонтальных валков (ГПГВ) стана 1150; контроль режима работы стана; анализ причин выхода из строя подшипниковых узлов с последующей выдачей рекомендаций по разработке методик диагностирования приводов горизонтальных валков и определение оптимального технического решения для их реализации. Контроль состояния оборудования осуществлялся виброанализатором «КВАРЦ» (№ 18675–99 в Государственном реестре средств измерительной техники, допущенных к применению в Украине) с расширительным блоком на 8 каналов. Составление маршрута, последующая обработка и анализ данных осуществлялись с использованием программы «ДИАМАНТ-2». Аппаратура и программные средства, использованные для диагностики, разработаны и производятся группой компаний «ДИАМЕХ».

**Конструкция ГПГВ стана 1150.** ГПГВ предназначен для передачи крутящего момента от электродвигателя к горизонтальным валкам через шпиндельное устройство. На ГПГВ установлено два (по одному на верхний и нижний валок) электродвигателя постоянного тока типа МПС 9000-66 мощностью 7200 кВт,  $n = 53/80$  об/мин.

Конструкция привода горизонтального верхнего валка представляет собой вал ротора электродвигателя, соединенный при помощи жесткой муфты с промежуточным валом, который соединяется со

шпинделем при помощи универсального шарнира (рис. 1). Данная конструкция представляет собой жесткую трехопорную систему. Процесс прокатки на реверсивных станах кратковременный и сопровождается ударами при захвате слитка. При этом по мере удлинения заготовки время периода стабильной работы увеличивается. В соответствии с заданной калибровкой кроме направления вращения меняется частота вращения и обжатие заготовки.

Цикл прокатки включает следующие периоды: разгон валков вхолостую; захват слитка – сопровождается ударом из-за несовпадения скорости подаваемого слитка и линейной скорости поверхности вращающегося валка; механические колебания в системе привода сопровождаются раскрытием и закрытием зазоров во вкладышах шпинделей и зубчатых передачах, параметры механических колебаний определяются упруго-демпфирующими характеристиками элементов и зазорами; разгон со слитком; стационарный период работы с постоянной скоростью; снижение частоты вращения при окончании прокатки начинается при нахождении слитка в валках или после его выброса; выброс слитка; механические колебания в системе привода с меньшей амплитудой; остановка, пауза, реверсирование направления вращения и новый цикл прокатки. Для привода реверсируемых прокатных клетей необходимо разработать алгоритм

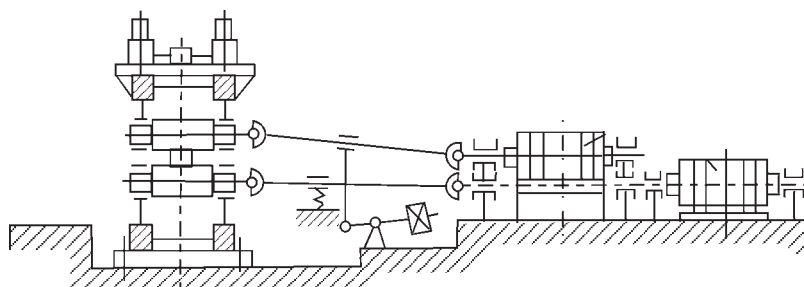


Рис. 1. Схема ГПГВ

диагностирования состояния механического оборудования с использованием методов вибрационной диагностики.

**Схема измерений.** Измерение параметров вибрации проводили в вертикальном, горизонтальном и осевом направлениях. Крепление датчика осуществлялось при помощи магнита. Проведены измерения общих параметров вибрации, контурной диаграммы, частотной и временной формы вибрационного сигнала. Контролируемый частотный диапазон 10...1000 и 50...5000 Гц. Нумерация опор ГПГВ показана на рис. 2. Измерения проведены на опорах №8, №10 и №11. Проводились измерения контурных диаграмм подшипниковых опор. Запись сигналов начиналась перед первым проходом слитка. Спектры измерялись на последних проходах слитка. Контурные диаграммы снимались каскадами спектров параллельно (опора № 8 по семи каналам, опоры № 10 и № 11 по четырем каналам).

**Результаты измерений.** Результаты измерения параметров общего уровня вибрации приведены в таблице.

Измерение контурных диаграмм показало удовлетворительное состояние подшипниковой опоры № 8. На опоре № 10 вибрация в основании составила 2,7 мм/с, что превышает допусти-

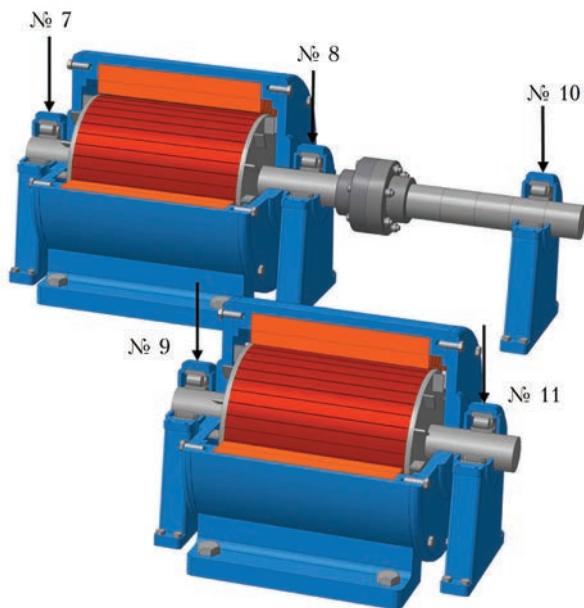


Рис. 2. Схема расположения и нумерация опор ГПГВ

**Параметры вибрации для контрольных точек подшипников электродвигателей**

Точка измерения (номер опоры)	Среднеквадратичное значение виброскорости (мм/с) в частотном диапазоне 10...1000 Гц для направлений измерений			Пиковое значение ускорения $a_{\text{пик}}$ ( $\text{м/с}^2$ ) в частотном диапазоне 50...5000 Гц для направлений измерений		
	вертикальное	горизонтальное	осевое	вертикальное	горизонтальное	осевое
8	–	0,5	–	0,09	0,08	0,19
10	0,6	0,8	–	0,26	0,09	0,18
11	1,2	0,9	–	0,31	0,19	–

мые значения; виброперемещения превышают 150 мкм. На опоре № 11 обнаружено ослабление крепления крышки подшипника. Спектральный анализ показал, что в спектрах виброскорости и виброускорения присутствуют ударные составляющие и низкочастотные в диапазоне до 1000 Гц с малой амплитудой (рис. 3).

Визуальным осмотром обнаружено проседание опоры № 10 – заметны полная и секторальная риски на промежуточном валу в результате задевания о корпус нижнего электродвигателя.

**Предварительные выводы.** По общему уровню вибрации: значения виброскорости соответствуют удовлетворительному состоянию при длительном режиме прокатки слитка на последних проходах;

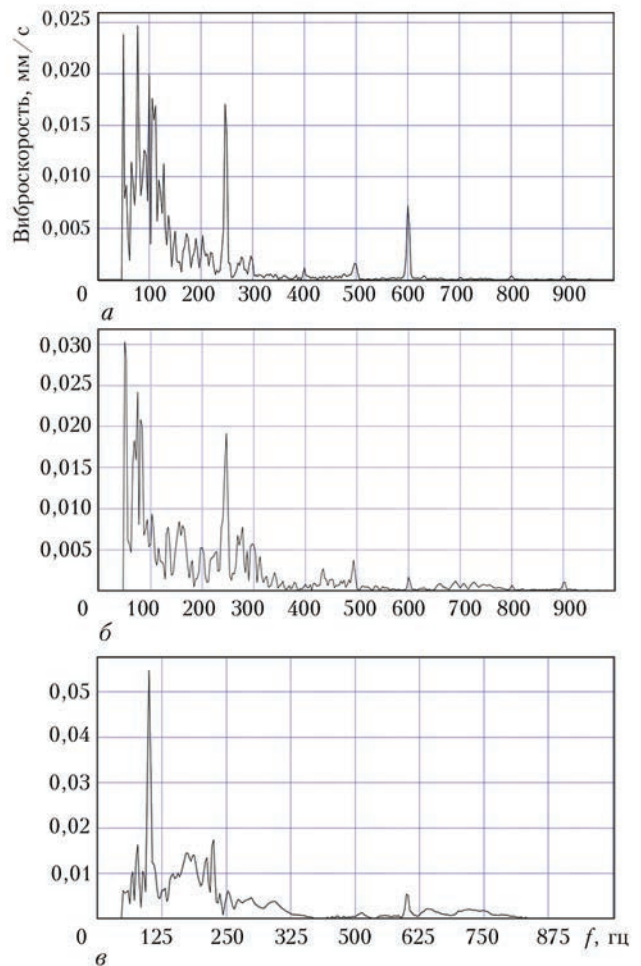


Рис. 3. Спектр виброскорости подшипниковых опор: № 8 (а), № 10 (б), № 11 (е)

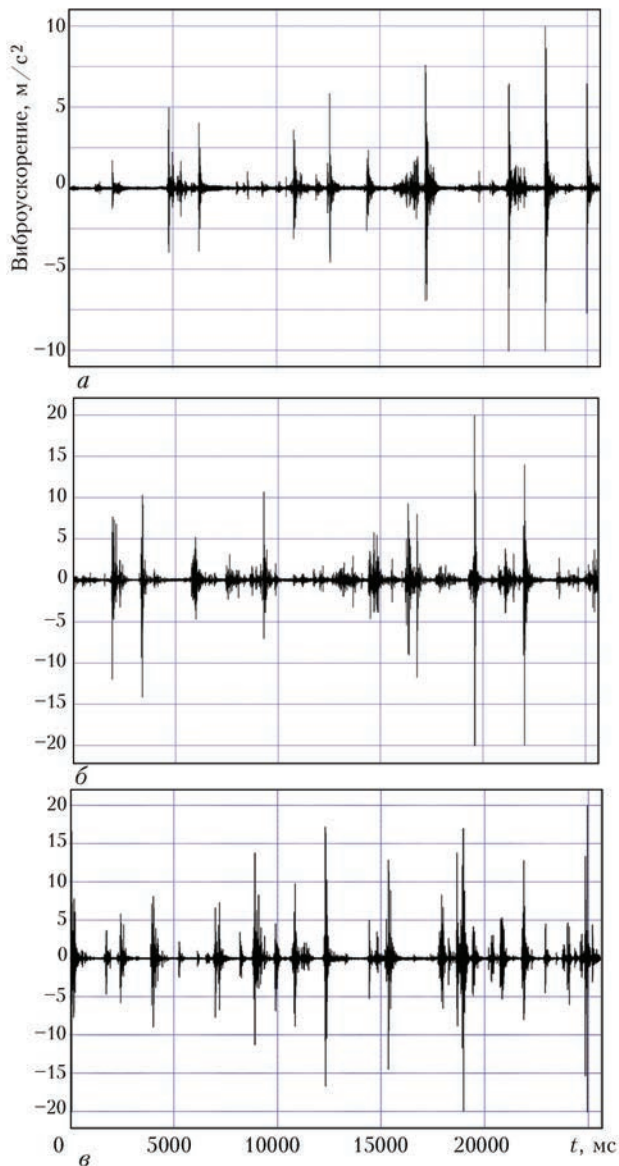


Рис. 4. Дампы временных сигналов подшипниковых опор: № 8 (а), № 10 (б), № 11 (е) (вертикальное направление)

значения виброускорения соответствуют хорошему состоянию; на опоре № 11 преобладает вертикальная, а на опоре № 10 – горизонтальная составляющая. Увеличенная осевая составляющая на опоре № 8 может быть вызвана проседанием опоры № 10.

*По контурным диаграммам:* контурная диаграмма опоры № 10 соответствует неустойчивому фундаменту; значения виброперемещения превышают 150 мкм.

*По спектральному анализу:* фиксируемые частоты составляющих вибрации 12,5; 56; 75; 100; 246,9 Гц и другие при частоте вращения двигателя около 60 об/мин не могут быть использованы при идентификации повреждений подшипников скольжения. В спектрах виброускорения присутствуют ударные и низкочастотные составляющие в диапазоне до 1000 Гц с малой амплитудой. Это позволяет сделать вывод об удовлетворительном состоянии подшипников скольжения.

*По временному анализу:* во временной диаграмме опоры № 11 просматриваются более частые удары по сравнению с опорой № 10 – возможны неисправности муфты или шпиндельного устройства. Размах колебаний виброускорения одинаковый – 40 м/с<sup>2</sup>, но частота ударов по опоре № 11 примерно вдвое больше. Размах виброускорения на опоре № 8 примерно вдвое ниже (до 20 м/с<sup>2</sup>) – это указывает на источник ударов – закрытие зазоров во вкладышах шпинделей (рис. 4).

Обобщая сказанное выше, можно заключить, что состояние подшипников опор № 8, № 10 и № 11 привода горизонтальных валков по данным проведенных первичных измерений удовлетворительное. Возможные неисправности: проседание подшипниковой опоры № 10; неплотное прилегание корпусных деталей (опоры и фундамента); ослабление резьбовых соединений. Чтобы исключить предполагаемые неисправности рекоменду-

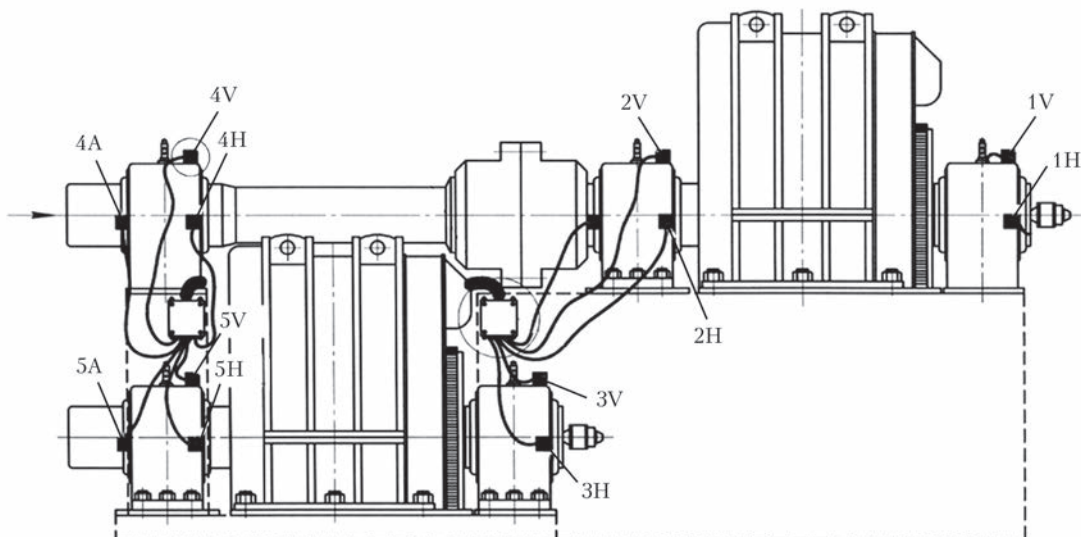


Рис. 5. Схема расположения измерительного оборудования на ГППВ. Направления измерений: V – вертикальное; H – горизонтальное; A – осевое (цифры – номера подшипников)

ется обеспечить плотное прилегание корпусных деталей; обеспечить тарированную затяжку резьбовых соединений; проверить соосность подшипниковых опор. Для диагностирования состояния подшипников опор №№ 7–11 привода горизонтальных валков необходим системный анализ данных по всем подшипниковым опорам привода в реальном масштабе времени, т. е. непрерывно (рис. 5).

Оценка технического состояния проводилась путем измерения уровня вибрации и сравнения с нормативными значениями, регламентированными ГОСТ 20815–93 [1]. Допустимое значение виброскорости – 2,8 мм/с. Дополнительно учтено требование – пиковое значение виброперемещения подшипниковых опор крупных машин с частотой вращения менее 600 об/мин не должно превышать 50 мкм.

По данным проведенного первичного измерения параметров вибрации подшипниковых опор ГПГВ стана 1150 сделать однозначное заключение о его техническом состоянии не представляется возможным по следующим причинам: ГПГВ работает в реверсном режиме; скорость вращения изменяется нестабильно; присутствуют знакопеременные ударные воздействия. Следовательно, применение в качестве оценки вибрации нормы ГОСТ 20815–93 некорректно. Необходимо отметить уникальность оборудования для решения задач диагностирования стана 1150. Оно может стать доступным после установки стационарной системы вибрационного контроля и разработки алгоритма раннего диагностирования. Изучение динамических процессов, их взаимосвязи с параметрами, определяющими техническое состояние узлов, при одновременном учете конструктивных и технологических параметров является одним из важных компонентов, позволяющих разрабатывать новые методы вибрационной диагностики технического состояния оборудования прокатных станов [2].

### Выводы

Для решения задачи по технической диагностике состояния подшипниковых опор ГПГВ стана 1150 и разработке методик диагностирования необходимо их оснащение стационарным комплексом контроля и диагностики промышленного оборудования.

Требования к стационарному комплексу: параллельное измерение и регистрация вибрационных параметров; контроль временных реализаций вибрационного сигнала; возможность сохранения данных измерений с последующим анализом; возможность аппаратного и программного расшире-

ния. Методическая обработка результатов вибрационных измерений и расчет пороговых уровней для различных зон технического состояния. Возможное аппаратное и программное дооснащение стационарного комплекса контроля и диагностики промышленного оборудования с учетом выработанных методик диагностирования.

### Список литературы

1. ГОСТ 20815–93 «Машины электрические вращающиеся. Механическая вибрация некоторых видов машин с высотой оси вращения 56 мм и более. Измерение, оценка и допустимые значения». Межгосударственный стандарт.
2. Диагностика и динамика прокатных станов / В. В. Веревнев и др. // Днепропетровск, ИМА-пресс, 2007. – 144 с.

### References

1. GOST 20815–93 «Mashiny elektricheskiye vrashchayushchiyesya. Mekhanicheskaya vibratsiya nekotorykh vidov mashin s vysotoy osi vrashcheniya 56 mm i boleye. Izmereniye, otsenka i dopustimye znacheniya». Mezghosudarstvenny standart. [in Russian].
2. Diagnostika i dinamika prokatnykh stanov / V. V. Verenev i dr. // Dnepropetrovsk, IMA-press, 2007. – 144 c. [in Russian].

А. В. БАГЛАЙ

ДП «ДІАМЕХ-УКРАЇНА».

61105, м. Харків-105, вул. Киргизька, 19, АБК-1.

E-mail: diamech@diamech.com.ua

### ВІБРАЦІЙНЕ ОБСТЕЖЕННЯ СТАНУ 1150

Вібродіагностичним методом проведено неруйнівний контроль стану підшипникових опор головного приводу горизонтальних валків стану 1150 ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ». Проаналізовано причини виходу з ладу підшипникових вузлів з подальшим видаванням рекомендацій щодо розробки методик діагностування приводів горизонтальних валків і визначення оптимального технічного рішення для їх реалізації. Бібліогр. 2, табл. 1, рис. 5.

Ключові слова: неруйнівний контроль, вібродіагностичний метод, підшипникові вузли, оцінка технічного стану

A. V. BAGLAI

SE «DIAMEX-UKRAINE».

ABK-1, 19, Kirgyzskaya str., 61105, Kharkov-105.

E-mail: diamech@diamech.com.ua

### VIBRATIONAL TESTING OF MILL 1150

Vibrodiagnostic method was used to perform non-destructive testing of the state of bearing supports of the main drive of horizontal rolls of slabbing mill 1150 at PJSC «ZAPOROZHSTAL». Causes for malfunction of bearing assemblies were analyzed with subsequent issuing of recommendations on development of procedures of diagnostics of horizontal shaft rolls and finding the optimum engineering solution for their realization. 2 References, 1 Tables, 5 Figures.

Keywords: nondestructive testing, vibrodiagnostic method, bearing assemblies, evaluation of technical state

Поступила в редакцию  
29.01.2017