

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКА КЖРК

Слипич А.А., Настич О.Б., Паршин А.В.

Криворожский национальный университет
г. Кривой Рог, Украина

АНОТАЦІЯ: У статті приведені результати обстеження несучих конструкцій корпусу здрібнювання вапняку Керченського залізорудного комбінату (КЗРК) і визначено вплив динамічних навантажень на стан несучих конструкцій.

АННОТАЦИЯ: В статье приведены результаты обследования несущих конструкций корпуса измельчения известняка Керченского железорудного комбината (КЖРК) и определено влияние динамических нагрузок на состояние несущих конструкций.

ABSTRACT: Results of inspection of bearing designs of the case of crushing of limestone of Kerch iron ore combine (KZhRK) are given in article and influence of dynamic loadings on a condition of bearing designs is defined.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обследование, динамические нагрузки, вибрации.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проблема обеспечения надежности и долговечности строительных конструкций зданий и сооружений Керченского железорудного комбината в последние годы приобрела особую актуальность в связи с тем, что срок эксплуатации большинства конструкций близок к критическому. В то же время на комбинате практически полностью отсутствуют контроль за правильностью эксплуатации конструкций, а также систематизированная

информация для прогнозирования надежности и долговечности зданий и сооружений данной отрасли.

Многочисленные наблюдения, проведенные у нас в стране, показывают, что долговечность различных конструктивных элементов в пределах одного объекта неодинакова.

В первую очередь повреждаются и выходят из строя конструкции, непосредственно подверженные в процессе эксплуатации воздействию либо технологических (динамических, ударных и т.д.) нагрузок, либо физико-химических факторов. В то же время все остальные конструкции еще находятся в удовлетворительном состоянии.

Количество таких быстро повреждающихся элементов, как правило, невелико (не более 15...20% от общего расхода на строительные конструкции здания), но повреждение именно этих конструкций иногда приводит к аварии и последующему нарушению производственного процесса.

Из сказанного следует, что повышение надежности и долговечности отдельных, наиболее уязвимых узлов и конструкций приведет к продлению срока службы объекта в целом, значительному снижению эксплуатационных затрат, созданию более благоприятных условий труда, повышению интенсивности производства.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросам проектирования конструкций зданий и сооружений при действии динамических нагрузок посвящено много работ, как украинских, так и зарубежных ученых. Основные вопросы влияния динамических нагрузок рассмотрены в работах [1, 2, 3]. Однако, в процессе эксплуатации зданий и сооружений возникают повреждения и дефекты, которые не могут быть учтены при проектировании, и которые влияют на несущую способность конструкций, особенно подверженных динамическим нагрузкам. Возможность дальнейшей эксплуатации можно установить на основании комплексного обследования, усиления несущих конструкций, устранения повреждений и дефектов, возникших в процессе эксплуатации.

Целью статьи является описание результатов исследований влияния динамических нагрузок на состояние конструкций корпуса измельчения КЖРК.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

При работе технологического оборудования, размещенного в корпусе измельчения (табл. 1) возникают динамические нагрузки, которые передаются в процессе работы на строительные конструкции.

Таблица 1

Перечень технологического оборудования в корпусе измельчения

Отметка, м	Наименование и тип оборудования	Кол-во шт.	Вес единицы, т
18	дробилка ДМРИЭ - 14,5/13-1000	4	27 (с воронкой)
22,8	питатель ППН-7	4	8 (в метал. кожухе)
28,2	течка разделит.	1	4
31,2	привод	2	8

Колебания строительных конструкций возбуждается как в нормальном рабочем режиме работы оборудования, так и при его пуске, остановке или аварии. Уровень возбуждаемых колебаний зависит от характера передаваемого на конструкцию динамического воздействия (силе, момент) и закона изменения его во времени; расположения машины и способа её крепления к несущим конструкциям; направления передаваемых динамических воздействий; числа машин и соотношений между характеристиками развиваемых ими нагрузок; статической схемы конструкций и распределения масс; динамических свойств материала и пр.

В связи со значительным числом определяющих параметров при выполнении данной работы принят экспериментальный метод исследований динамических характеристик строительных конструкций.

Общие сведения о вибрациях

Вибрации представляют собой механические колебания, характеризующиеся наличием различных амплитуд и частот. В первую очередь, это колебательные и импульсные перемещения, отличающиеся наличием ускорений. Вибрации, возникающие при эксплуатации машин различного назначения, неизбежно приводят к снижению производительности труда и при особых параметрах вибраций – к возникновению заболеваний, так называемой виброболезни.

Вредное действие на машины и оборудование выражается в понижении коэффициента полезного действия, преждевременном износе деталей и узлов, частом ремонте и наладках, а также возникает опасность аварии и даже катастроф. Вредное действие производственных вибраций заключается еще и в том, что они распространяются по конструкциям, выводят их из строя, разрушают другие машины и сооружения, нарушают технологический процесс и приводят к значительным потерям продукции.

Ввиду того, что энергия колебательного процесса возрастает пропорционально квадрату амплитуды колебания, вред от возникающих вибраций значительно возрастает с увеличением мощности машин и оборудования. Поэтому применение мощного оборудования с большим числом оборотов и большим весом немного увеличивает параметры вибраций. Имеются примеры аварий, которые вызвали длительные простои оборудования и принесли большие убытки.

На основании статистических данных установлено, что значительная часть поломок и аварий в промышленности является результатом недопустимых амплитуд колебаний работающих машины и оборудования.

Уменьшение амплитуд смещения или скорости вибрации машин и другого оборудования, а также изменение возбуждающих частот с переводом их в диапазоны минимальной чувствительности существенно улучшают условия работы, повышают к.п.д. и резко снижают аварийность.

Кроме разрушительного действия на машины, оборудование и конструкции, вибрации оказывают вредное влияние на здоровье людей. Под действием вибраций могут произойти изменения в нервной и костно-суставной системах, повышение артериального давления, нарушение остроты зрения и светоощущения, ослабление памяти, спазмы сосудов сердца. При работе с виброинструментами (при нарушении правил техники безопасности), а также на буровых станках, экскаваторах, тракторах, возникает виброболезнь, относящаяся к группе заболеваний, эффективное лечение которых возможно лишь на ранних стадиях.

Поэтому снижение уровня вибраций до допустимых величин является одним из неперемных условий оздоровления условий труда, повышения технической культуры производственных процессов, устранения причин выхода машин и оборудования из строя, а также недопущение аварий и катастроф.

Существует три основных метода борьбы с вибрациями:

- уменьшение возбуждающих вибраций (например, улучшение балансировки вращающихся деталей);
- устранение резонансов, то есть совпадения частоты возбуждающих сил с какой-либо из собственных частот колебаний, возникающих при ударе по детали (собственная частота колебаний);
- искусственное усиление постоянного рассеяния энергии, которое вносится переменными силами, возбуждающими деталь, то есть введение демпфирования в систему.

Все эти три метода борьбы с вибрациями успешно применяются порознь или вместе. Однако, если вибрации, от которых необходимо защитить машину, конструкцию или оборудование, приходят извне, то применяют так называемую виброизоляцию – вводят устройства, изолирующие защищаемое оборудование от внешних вибраций.

Существует много типов и видов виброизоляторов как по принципам действия, так и по конструктивному исполнению. Рассмотрение их является специальным разделом теории и практики методов борьбы с вибрациями. Виброизоляция играет исключительную роль, когда объектом защиты становится не машина или оборудование, а человек. Конечно, если воздействию вибрации подвергается машина, то все методы борьбы с вибрациями снижают также действие её на человека. Но все же основным средством вибрационной защиты человека остается правильно рассчитанная и рационально сконструированная система вибрации.

Предельно допустимые вибрации

Обязательные нормы по ограничению вибрации машин, механизированного инструмента и рабочих мест впервые в мире разработаны и введены в СССР. Проблема нормирования производственных вибраций решается в двух направлениях: инженерно-техническом и санитарно-гигиеническом.

Правильное решение этих вопросов стало возможным лишь в результате всестороннего изучения вибраций машин, фундаментов, коммуникаций трубопроводов, рабочих мест и их влияния на организм человека и прочность конструкций. Опыт научно-исследовательских работ позволил установить аналитическую зависимость между амплитудой колебаний и числом оборотов как для быстроходных, так и для тихоходных машин.

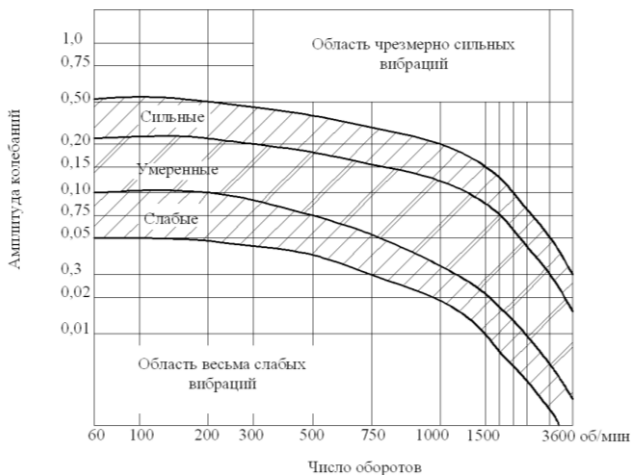


Рис. 1. График оценки интенсивности колебаний фундаментов под агрегаты с установившимся движением

Граница между областями сильных и умеренных вибраций может рассматриваться как кривая изменения предельных величин допускаемых амплитуд колебаний в зависимости от частоты. Так, при скорости вращения вала 400 об/мин допустимая амплитуда колебаний составляет $A=0,15$ мм, а свыше 1500 об/мин только 0,06 мм.

Опыт эксплуатации показал, что для тихоходных машин (менее 300 об/мин) размах допустимых колебаний не должен превышать при удовлетворительной оценке 0,19 мм, при хорошей – 0,15 мм, при отличной 0,1 мм. Согласно действующим нормам и приведенному на рис. 1 графику, можно производить оценку колебаний фундаментов и самих машин. Так, например, амплитуда колебаний фундаментов для низкочастотных машин допускается до 0,15 мм (размах $2A=0,3$ мм). Эта величина в настоящее время служит одним из основных критериев оценки правильности расчета фундаментов машин.

Для машин, работающих в наиболее тяжелых условиях и обладающих повышенной прочностью и выносливостью, указанные нормы могут быть несколько повышены. Так, например, для фундаментов под дробилками различных видов (число оборотов которых не превышает 250...300 об/мин) рекомендуется принимать величину амплитуды горизонтальных колебаний, равную 0,3 мм.

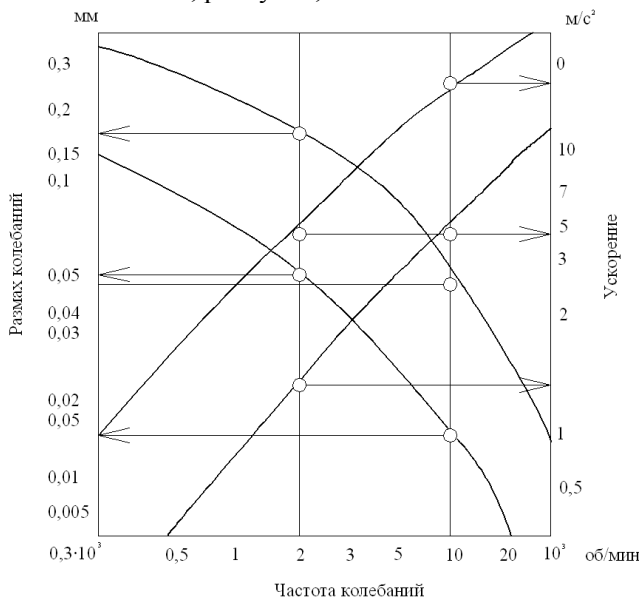


Рис. 2. Нормы вибрации машин в зависимости от частоты колебаний и ускорений

Ввиду того, что усилия при колебаниях пропорциональны квадрату частоты, к быстроходным машинам предъявляются более жесткие требования. На рис. 2 приводятся нормы допустимых вибраций машин в зависимости от частоты колебаний и ускорений.

На указанном графике вибрации фундамента машины при частоте 2000 колебаний в минуту, размахе $S=0,05$ мм и ускорении до $1,2$ м/с² дается удовлетворительная оценка машины. При размахе $S=0,18$ мм и ускорении до 5 м/с² вибрация машины считается опасной.

Измерительные приборы

Для измерения предельных значений вибраций, динамических характеристик строительных конструкций, применяется много различных типов измерительных приборов. К ним относятся измерительные приборы для визуального наблюдения за колебаниями, широкодиапазонные приборы с пьезодатчиками, приборы с магнитоэлектрическими вибродатчиками, виброизмерительные приборы с параметрическими преобразователями и другие.

При выполнении настоящей работы измерение виброколебаний производилось комплектом приборов для измерения и записи вибрации типа ВШВ-003-2М. Для преобразования механических колебаний в электрические в комплекте приборов применялся пьезоэлектрический преобразователь ДН-4-М1.

Комплект приборов типа ВШВ-003-2М позволяет измерить параметры вибраций в пределах:

- по частоте от 1 до 10000 Гц;
- по виброскорости от $8 \cdot 10^4$ до $0,5 \cdot 10^4$ м/с;
- при максимально допустимом ускорении измеряемой вибрации равной семи ускорениям свободного падения.

Погрешность измерения амплитуд виброперемещений не превышает 10%. Комплект ВШВ-003-2М позволяет производить осциллографирование уровней вибраций с различными степенями усиления сигнала.

Для осциллографирования вибраций применен светолучевой осциллограф типа Н-700, который позволяет записывать колебания с частотой в диапазоне от 0 до 2700 Гц. Запись колебаний производилась на киноленте шириной 40 мм. Кроме колебаний, на киноленте с помощью отметчика времени фиксируются десятые доли секунды, что позволяет определить частоту колебаний строительных конструкций.

Определение уровней строительных конструкций

Максимальные амплитуды вертикальных колебаний и частоты вибраций строительных конструкций корпуса измельчения замерялись в различных точках, критерием выбора которых служила эксплуатационная обстановка и условия работы обслуживающего персонала. В основном, точки располагались в местах установки фундаментов оборудования, наиболее подверженного вибрациям в процессе работы.

В корпусе измельчения такими точками были:

- электродвигатели и фундаменты привода молотковых дробилок в местах расположения главных и вспомогательных балок перекрытия (отм. 1800 м);
- разгрузочная часть и фундамент электропривода пластинчатых конвейеров и электропривод вентиляторов (отм. 22,8 м);
- фундамент разделительной точки (отм. 28,8 м).

Схемы расположения точек измерения показаны на рис. 3 и 4.

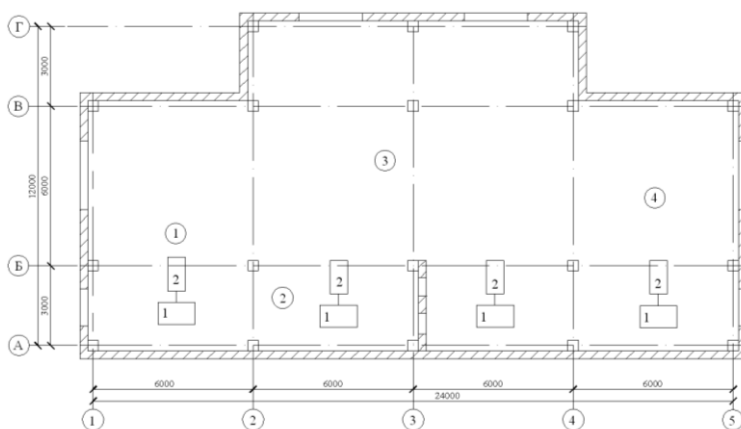


Рис. 3. Схема расположения точек замера вибрации на отметке +18,000 метров:

- 1 - молотковая дробилка; 2 - электродвигатель;
① - ② - точки замера вибрации.

Замеры вертикальных колебаний строительных конструкций производились во время работы оборудования с полной загрузкой, т.е. при рабочем технологическом процессе.

На основании характерных амплитуд и частоты вертикальных колебаний строительных конструкций корпуса измельчения выполнены расчеты фактических параметров вибрации.

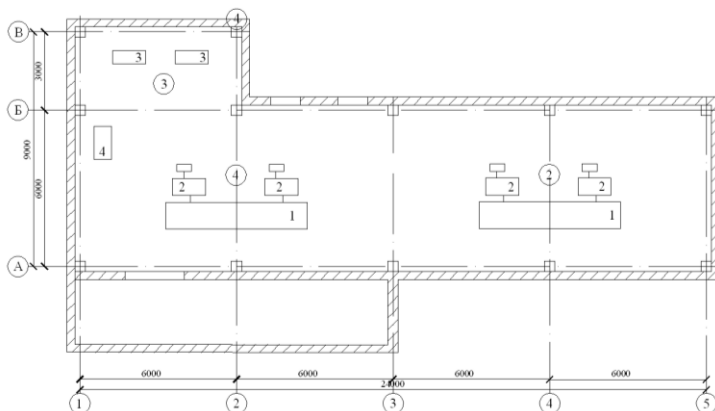


Рис. 4. Схема расположения точек замера вибрации на отметке 22,8 м: 1 - молотковая дробилка; 2 - электродвигатель; 3 – вентилятор; 4 – маслостанция; ① - ② - точки замера вибрации.

Сводные результаты всех фактических амплитуд и частот колебаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Амплитуды и частоты колебаний конструкций корпуса измельчения известняка

Пункты замера (отметка), м	Точки замера	Макс. амплитуда по осциллогр., мм	коэф. увеличен.	Фактическое значение	
				Макс. амплитуда, мм	Частота, Гц
18	1	5	184	0,027	13
	2	4	74	0,054	15
	3	2,5	74	0,034	24
	4	2,5	74	0,034	18
22,8	1	3	515	0,006	15
	2	4	515	0,008	34
	3	3,5	515	0,007	18
	4	4	515	0,009	13
28,2	1	2	184	0,011	15
	2	2	515	0,004	22
31,2	1	1,5	74	0,02	14
	2	1,5	74	0,02	16

ВЫВОДЫ

На основании анализа полученных осциллограмм по корпусу измельчения можно сделать вывод, что параметры вибрации значительно меньше допустимых величин (в 3...7 раз) и опасности для строительных конструкций не представляют.

ЛИТЕРАТУРА

1. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений: в двух частях / Немчинов Ю.И. – Киев, 2008. – 480 с.
2. Динамический расчет зданий и сооружений / [М.Ф. Барштейн, В.А. Ильичев, Б.Г. Корнев и др.]; под ред. Б.Г. Корнева, И.М. Рабиновича. – [2-е изд.]. – М.: Стройиздат, 1984. – 303 с. – (Справочник проектировщика).
3. Инструкция по расчету несущих конструкций промышленных зданий и сооружений на динамические нагрузки. ЦНИИСК им. Кучеренко. - М.: Стройиздат, 1970. – 288 с.

Статья поступила в редакцию 10.12.2012 г.