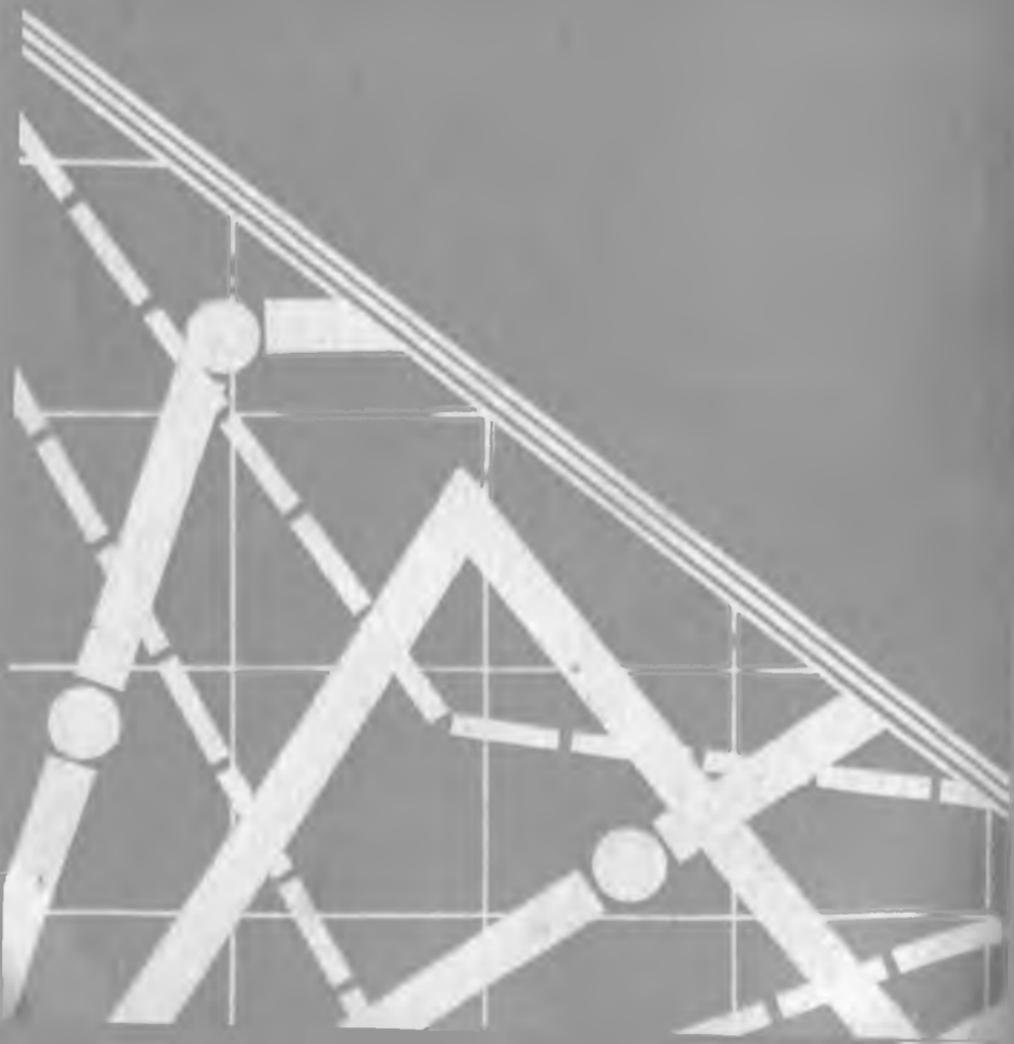


60 коп.



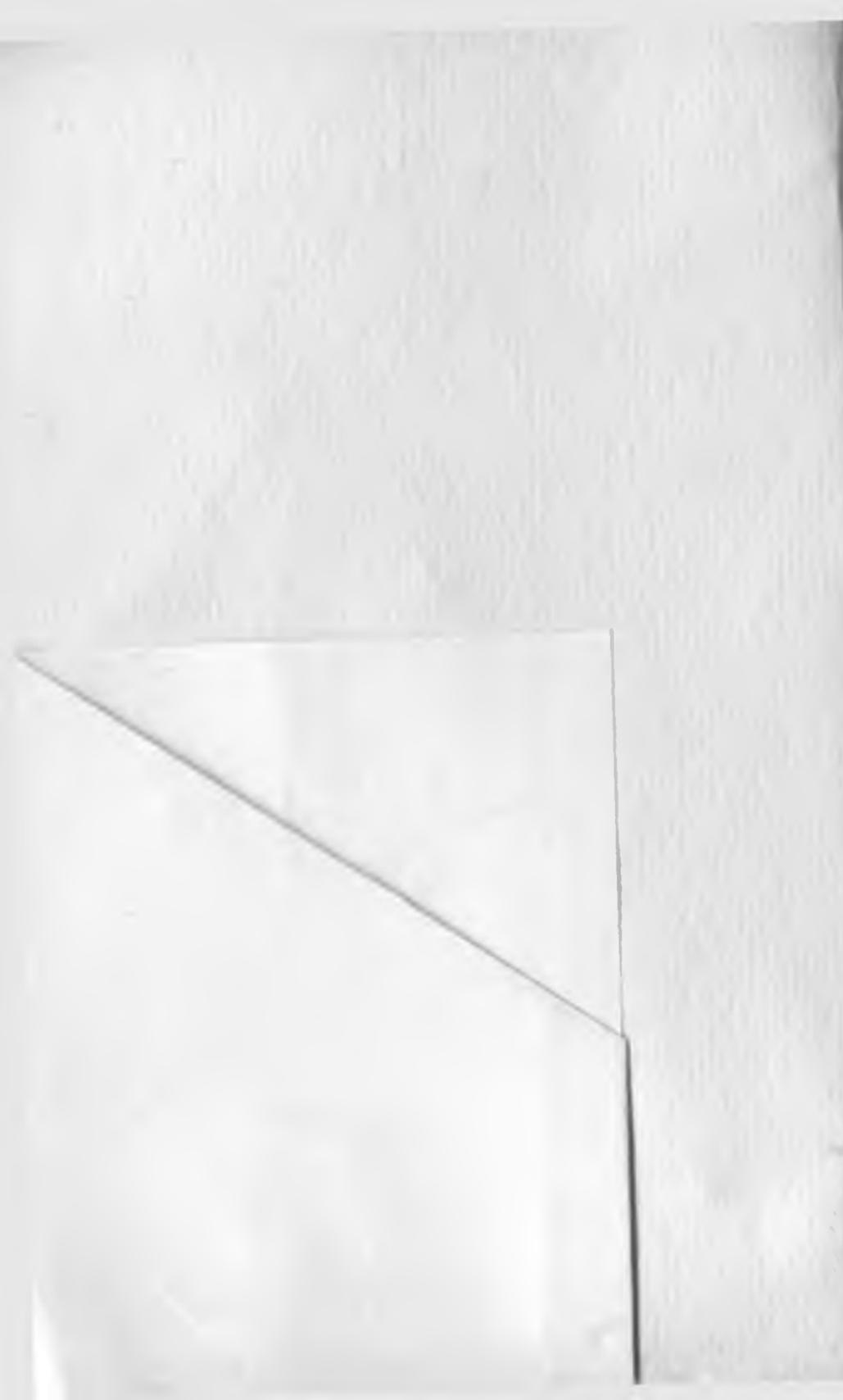
66471

Т 38

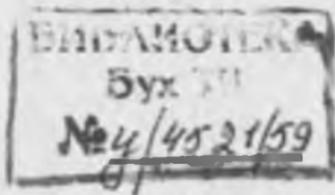
Техническое диагностирование оборудования мукомольных заводов

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ





Техническое диагностирование оборудования мукомольных заводов



МОСКВА «КОЛОС» 1984

ББК 36.822

Т38

УДК 664.71.05

Авторы: *М. У. Кацнельсон, А. Б. Демский, М. Д. Руб, Б. А. Селиверстов, Б. М. Сергеев.*

Рецензенты: кандидаты технических наук *В. Н. Душин, Л. И. Товбин, В. П. Тарутин*, директор Московского ордена Октябрьской Революции мельничного комбината № 4 *Э. Х. Дамаев.*

**Техническое диагностирование оборудования му-
Т 38 комольных заводов/М. У. Кацнельсон, А. Б. Дем-
ский, М. Д. Руб и др. — М.: Колос, 1984. — 207 с., ил.**

В книге в систематизированном виде излагаются основы технического диагностирования применительно к мельничному оборудованию. Изложено применение методов виброакустического диагностирования для оценки технического состояния сепараторов, вальцовых станков, рассевов и других машин. Показано использование результатов диагностирования для повышения надежности машин. Даны рекомендации по выбору приборов, используемых при диагностировании.

Рассчитана на специалистов хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятий, а также машиноиспытательных станций, занимающихся диагностированием оборудования

Т 2903000000—187 40—84
035(01)—84

ББК 36.822

6П8.1

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», принятых XXVI съездом КПСС, поставлена задача ускорить техническое перевооружение мукомольной промышленности, улучшить степень использования продовольственных и кормовых ресурсов зерна для увеличения выходов муки высших сортов и повышения качества готовой продукции.

Наиболее успешно эти задачи могут быть решены на автоматизированных мельничных комплексах, оснащенных серийно выпускаемым высокопроизводительным комплектным оборудованием. Они позволяют в два раза увеличить выход муки высшего сорта по сравнению с производством ее на традиционных комплексах.

Для эффективного использования современного мельничного оборудования важно обеспечить контроль технического состояния всех его элементов, что обеспечивается применением диагностических методов в качестве средств управления, надежностью и эффективностью машины на стадиях их разработки, производства и эксплуатации.

ГОСТ 20911—75 «Техническая диагностика. Основные термины и определения» характеризует техническое диагностирование как отрасль знаний, исследующую технические состояния объектов диагностирования и проявления технических состояний, разрабатывающую методы их выявления, а также принципы построения и организацию использования систем диагностирования. В соответствии с указанным определением предмета технического диагностирования можно выделить задачи, которые надлежит решить применительно к мельничному оборудованию.

К этим задачам относят: анализ мельничных машин как объектов диагностирования; обоснование выбора

диагностических признаков, используемых для определения технического состояния объекта; выбор измерительных устройств и способов обработки диагностических сигналов; разработку правил для принятия решения о техническом состоянии объекта с указанием при необходимости места, вида и причин дефекта.

В процессе разработки и освоения отечественной промышленностью высокопроизводительного мельничного оборудования был выполнен большой объем научно-исследовательских, конструкторских и экспериментальных работ, позволивших решить ряд задач диагностирования. Это дало возможность рекомендовать применение методов технического диагностирования мельничного оборудования на машиностроительных заводах, машинноиспытательных станциях и на предприятиях мельнично-элеваторной промышленности для повышения надежности и эффективности оборудования.

Изложенные в настоящей книге методические приемы диагностирования технического состояния мельничного оборудования по существу являются первым опытом распространения методов технического диагностирования на оборудование мукомольной и элеваторной промышленности. В этих методических приемах, опирающихся на теоретические разработки и на опыт их использования в некоторых отраслях промышленности, не могло не найти своего отражения то обстоятельство, что потребность в скорейшем внедрении нового высокопроизводительного мельничного оборудования заставляла в ряде случаев искать оперативные и удобные в практическом приложении способы диагностирования.

Методы технического диагностирования следует внедрить на заводах-изготовителях. Анализ накопленной на заводах достаточно большой информации позволит сформулировать более узкие диагностические признаки, характерные для различных дефектов изготовления, даст возможность более оперативно выявлять неполадки в производстве, устранять их и в конечном счете улучшить качество изготовления и повысить надежность оборудования.

Дальнейшая работа по техническому диагностированию оборудования под нагрузкой на мукомольных заводах позволит выявить связи диагностических параметров с производительностью и качеством переработки зерновых продуктов, установить с заданной доверительной

вероятностью доверительные интервалы для средних значений и толерантные пределы эталонных сигнатур для каждого вида оборудования. Это даст возможность создать для основных видов высокопроизводительных зерноперерабатывающих машин такие методы диагностирования, которые обеспечат более глубокий поиск дефектов, анализ которых, в свою очередь, позволит решить вопрос о необходимости ремонта или улучшения технического обслуживания оборудования.

Авторы выражают искреннюю признательность коллективу отдела динамики и надежности машин ВНИЭКИпродмаш за содействие в выполнении экспериментальных исследований, а также считают своим долгом отметить труд рецензентов, замечания которых были приняты с вниманием и благодарностью.

В книге приняты следующие термины и определения.

Техническое состояние — совокупность подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств объекта, характеризующая в определенный момент времени признаками (параметрами) состояния, установленными технической документацией на этот объект.

Диагностический признак (параметр) — признак (параметр) объекта диагностирования, используемый в установленном порядке для определения технического состояния объекта.

Структурный признак — признак, непосредственно характеризующий работоспособность объекта.

Функционирование — выполнение предписанного объекту алгоритма функционирования при применении объекта по назначению.

Исправное состояние (исправность) — состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией.

Работоспособное состояние (работоспособность) — состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией.

Алгоритм технического диагностирования — совокупность предписаний о проведении диагностирования.

Функциональное диагностирование — диагностирование, осуществляемое во время функционирования объекта, на который поступают только рабочие воздействия.

Диагностическая сигнатура — совокупность диагностических признаков объекта технического диагностирования.

Эталонная сигнатура — совокупность виброакустических параметров оборудования, которые обеспечивают заданную производительность при качестве выполнения им требующейся технологической операции, отвечающем требованиям нормативно-технической документации. Эталонная сигнатура включает вибродиагностическую и акустическую эталонные сигнатуры.

Реальная сигнатура — совокупность виброакустических параметров, измеренных у оборудования, подвергающегося техническому диагностированию. Реальная сигнатура включает вибродиагностическую и акустическую реальные сигнатуры.

**МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
МЕЛЬНИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Перед диагностированием техническое состояние объекта неизвестно, однако можно утверждать, что это состояние относится к множеству N . Последнее можно представить состоящим из двух подмножеств N_1 и N_2 . Подмножество N_1 состоит из работоспособных, а подмножество N_2 — из неработоспособных состояний. Потеря работоспособности переводит объект из подмножества N_1 в подмножество N_2 . Каждому подмножеству соответствует совокупность диагностических признаков. Диагностирование заключается в отнесении объекта к подмножеству N_1 или N_2 на основе анализа диагностических признаков. Для достижения этой цели следует рассмотреть три задачи: первая — анализ объекта, вторая — установление номенклатуры диагностических признаков и третья — оценка технического состояния по диагностическим признакам.

Анализ объекта диагностирования должен быть выполнен для того, чтобы обеспечить принятие решения о принадлежности объекта к одному из подмножеств — N_1 или N_2 — с учетом конструктивных особенностей объекта и выполняемого им технологического процесса. К сожалению, такая задача плохо поддается формализации; часто основной путь ее решения — эвристический с учетом опыта специалистов. В результате анализа объекта должна быть выбрана диагностическая модель, связывающая диагностические параметры с состоянием объекта.

Одной из форм диагностических моделей является аналитическая модель. Объект рассматривают как устройство, обеспечивающее преобразование физических величин:

$$Y = AX,$$

где A — оператор; X и Y — векторы входных и выходных величин.

Условием работоспособного состояния изделия является соответствие в пределах установленных допусков оператора A заданному A_0 . Таким образом, A является диагностической моделью объекта.

Возможности использования аналитических моделей при диагностике мельничного оборудования ограничены в связи со сложностью процедуры получения оператора A для конкретных объектов и необходимостью измерения большого числа параметров объекта.

Более удобно использование так называемых функциональных моделей. Исследуемый объект рассматривают как совокупность отдельных элементов, выполняющих определенные функции. Каждый элемент может быть рассмотрен как оператор с несколькими входами и выходами, причем каждый вход соответствует некоему внешнему или внутреннему воздействию. Если при подаче входных воздействий на выходе будет допустимая реакция, то состояние элемента оценивается единицей, при недопустимой реакции — нулем. Для каждого из элементов с учетом опыта специалистов и исходя из особенностей конструкции, можно установить совокупность диагностических признаков, соответствующих работоспособному состоянию элемента и позволяющих дать заключение о принадлежности объекта к подмножеству N_1 или N_2 .

ОБЩИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Наибольшее распространение получили три группы методов диагностирования: по параметрам рабочих процессов, включая параметры готового продукта (например, крупность и зольность муки, ее выход и т. п.); по параметрам сопутствующих процессов (шум, вибрации, содержание металла в смазочном масле и т. п.); по структурным параметрам, дающим информацию о техническом состоянии сборочных единиц и деталей (например, величина износа, зазоры в сопряжениях и т. п.).

Различают также тестовое и функциональное техническое диагностирование. При функциональном диагностировании на объект поступают только рабочие воздействия. Для проведения тестового диагностирования используют тестовые воздействия, которые подаются на объект только для диагностирования.

Анализ различных методов применительно к зерноперерабатывающему оборудованию позволяет отдать предпочтение функциональному диагностированию по параметрам сопутствующих виброакустических процессов.

Особенность диагностирования мельничного оборудования заключается в том, что большинство диагностических параметров этих машин является неэлектрическими величинами (виброперемещения, скорости, частота вращения, давление, крутящий момент, температура и т. п.). Поскольку для анализа, обработки и регистрации сигналов наиболее удобно их представление в электрическом виде, используют методы и средства электроизмерительной техники.

Диагностические параметры можно условно разделить на частные и обобщенные. Частные параметры несут информацию о состоянии отдельных элементов объекта. Обобщенные диагностические параметры характеризуют общее состояние механизмов и объектов в целом. Предпочтительно использовать обобщенные диагностические параметры, что позволяет упростить процесс диагностирования, снизить его трудоемкость. Примером обобщенных диагностических параметров могут служить виброакустические сигналы — для вибрационных мельничных машин со звеньями, содержащими упругие элементы и зазоры в кинематических парах, зубчатые передачи, неуравновешенные вращающиеся массы.

Следует отметить, что часто обобщенным диагностическим параметрам соответствует сложный закон изменения во времени диагностического сигнала от датчиков, установленных на объекте. Так как в одном сигнале может содержаться совокупность диагностических признаков, целесообразно проводить обработку сигнала для выделения влияния различных дефектов. Так, при виброакустическом диагностировании весьма эффективным бывает спектральный анализ сигнала от датчика вибраций. Двойное электрическое интегрирование электрического сигнала виброускорений (полученного сигнала, пропорционального виброперемещению) обеспечивает выделение низкочастотных составляющих.

Таким образом, при реализации метода диагностирования по обобщенным диагностическим признакам необходимо сравнивать с эталонными значениями как фактические значения сигналов, так и величины, полученные

в результате обработки этих сигналов с помощью средств, входящих в систему диагностирования. В дальнейшем для краткости изложения совокупность диагностических признаков объекта технического диагностирования будем называть диагностической сигнатурой. О правилах выбора эталонной сигнатуры рассказано ниже в разделе «Методика диагностирования мельничного оборудования».

ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ

Одним из наиболее эффективных и сравнительно просто реализуемых методов технического диагностирования является виброакустическое. Установлено, что вибрационные и акустические процессы, сопровождающие работу различных видов мельничного оборудования, несут большой объем информации о техническом состоянии машин, включая их рабочие органы и приводы. При этом имеются сильная корреляционная зависимость и высокий обобщенный коэффициент связи между структурными и диагностическими признаками. Целесообразность применения методов виброакустического диагностирования для мельничного оборудования следует также из того обстоятельства, что во многих машинах (сепараторах, отсевах, камнеотделительных и ситовечных машинах и др.) колебания рабочих органов используются для выполнения заданного технологического процесса.

Практически во всех мельничных машинах в процессе их работы возникают вибрации. Неуравновешенность вращающихся и движущихся возвратно-поступательно масс, силы в зубчатых зацеплениях вызывают виброакустические процессы в элементах машины, обладающих упругими и диссипативными свойствами. Сложная колебательная система, включающая рабочие органы, роторы, опоры скольжения или качения, детали приводов, имеет ряд собственных частот. Спектр вибрации такой системы зависит от ее состояния и, таким образом, несет диагностическую информацию.

Если между деталями привода имеются зазоры, то переменные нагрузки вызывают пересопряжение контактных поверхностей в зазорах. Это влечет за собой возникновение ударных нагрузок, сопровождающихся упругими колебаниями с параметрами, зависящими от

действующих сил, величины зазоров и массово-упругих свойств деталей.

В зубчатых передачах возникает импульсное возбуждение колебаний при входе зубьев в зацепление, параметрическое возбуждение колебаний из-за переменной жесткости контактной пары и кинематическое возбуждение, обусловленное погрешностями изготовления.

Следствием импульсного и кинематического возбуждений колебаний являются вибрации с частотой зацепления зубьев. Кроме того, кинематическое возбуждение может наряду с параметрическим дать колебания и в других полосах частот.

Подшипники качения вызывают вибрацию, связанную с геометрическими погрешностями изготовления и переменной жесткостью их элементов. В частности, разностенность внутреннего кольца вызывает вибрации с частотой первой гармоники; овальность этого кольца приводит к вибрации с двойной частотой вращения; неравномерность сепаратора подшипника является источником вибраций с частотой вращения сепаратора.

Вибрационные процессы в машине влекут за собой излучение звука; поэтому акустические сигналы связаны с техническим состоянием объекта диагностирования. Вибрационные и акустические измерения при диагностировании могут дополнять друг друга. Достоинством акустического диагностирования являются простота измерений, возможность их выполнения без прерывания работы машины для установки датчиков; в связи с широким спектром частот шум может нести большой объем информации о работе машины.

Для реализации метода виброакустического диагностирования мельничного оборудования следует использовать комплект аппаратуры, включающий следующие приборы:

датчики вибраций, предназначенные для преобразования параметров механических колебаний в месте установки этих датчиков в электрические сигналы;

измеритель вибраций, позволяющий получать по сигналам от датчиков величины эффективных (среднеквадратичных) и пиковых значений виброперемещений, виброскоростей и виброускорений;

шумомер с микрофоном;

октавные (или терцоктавные) фильтры для спектрального анализа колебаний и шума.

Основные характеристики приборов, применяемых при виброакустическом диагностировании, приведены в приложении 1. Особенности измерений с помощью указанной аппаратуры приведены в инструкциях по эксплуатации приборов.

В приложении 2 дан пример оформления результатов измерения шумовых характеристик вальцового станка А1-БЗН.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрим принципиальную схему традиционного технологического процесса и оборудование, применяемые при выработке муки (рис. 1).

В связи с тем что техническое диагностирование проводится в первую очередь для оборудования, от которого в основном зависит качество выработанной продукции, на схеме некоторые операции и оборудование опущены. Так, транспортные операции, оборудование для взвешивания, складирования, термической обработки, утилизации полезных отходов, автоматического регулирования отдельных процессов, оборудование для перемещения и очистки воздуха на схеме не показаны, упрощенно представлен процесс измельчения зерна и сортирования измельченного продукта (без повторений) и т. д. Не рассмотрены процессы фасовки и выбои муки.

Процесс выработки муки включает следующие основные этапы: предварительную очистку зерна; окончательную очистку зерна и подготовку его к помолу; размол зерна и сортирование зерновых продуктов; фасовку и выбой муки.

Первый этап выполняется на элеваторе в отделении предварительной очистки зерна, последующие три этапа — в зерноочистительном, размольном и выбойном отделениях мукомольного завода.

Рассмотрим с позиций технической диагностики особенности оборудования, представленного на рисунке 1. Для этого последовательно изложим особенности каждого вида оборудования, установим основные условия работоспособности каждого вида оборудования и сформулируем задачи технического диагностирования, которые позволят оценить, как эти условия реализуются в рассматриваемом оборудовании.

Воздушно-ситовые сепараторы ЗСМ-50 и ЗСМ-100. Примеси от зерна отделяют, последовательно просеивая смесь на наклонно расположенных ситах, совершающих возвратно-поступательное движение. Легкие примеси отделяют двукратным продуванием зерна восходящим потоком воздуха в пневмосепарирующих каналах при поступлении зерна в машину и при выходе из нее. Сепаратор ЗСМ-100 состоит из двух сепараторов ЗСМ-50, станины которых соединены между собой, а аспирационные камеры имеют общие шнеки для вывода легких примесей. Сепарирование осуществляется правильно, если (при нормальном натяжении сит) верхний и нижний ситовые кузова совершают строго возвратно-поступательное движение. Заметные угловые колебания ситовых кузовов относительно их продольной, поперечной и вертикальной осей недопустимы, так как они ухудшают процесс сепарирования или вообще делают его невозможным. Очевидно, задачами технического диагностирования является выявление параметров законов движения верхнего и нижнего ситовых кузовов в пространстве и сравнение их с эталонной сигнатурой.

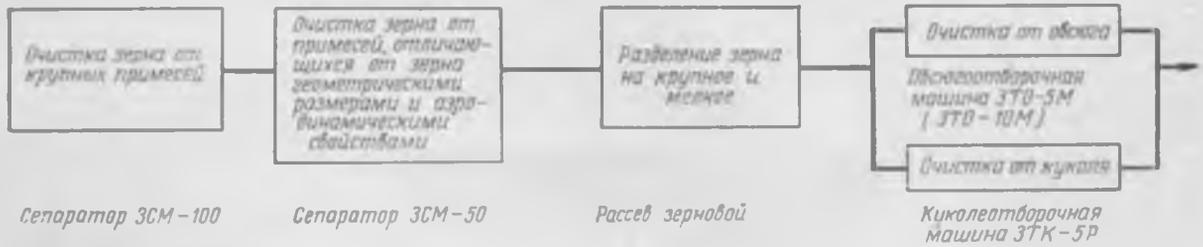
Двухкорпусные и четырехприемные рассевы типа ЗРМ и ЗРМ-2М. Иногда используют на элеваторах для разделения зерна на фракции (крупное и мелкое зерно). Рассевы — самобалансирующиеся, с ситовыми корпусами пакетной конструкции. Зерно просеивается через набор плоских горизонтально расположенных сит, совершающих непрерывное круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости.

Рассев типа ЗРМ выполнен в виде двух ситовых корпусов, жестко подвешенных к главной раме. Каждый корпус рассева состоит из 12 или 15 прямоугольных деревянных ситовых рам, уложенных одна на другую и стянутых вертикальными стяжками. Главную раму рассева подвешивают к металлической раме, закрепленной в потолочном перекрытии здания, на четырех стальных тросах. Рассев приводится в круговое поступательное движение балансирным механизмом. Рассев типа ЗРМ имеет балансирный механизм веретенной конструкции, рассев ЗРМ-2М — безверетенный.

Процесс фракционирования зерна на рассеве, установленном на элеваторе, будет осуществляться правильно, если ситовые корпуса рассева двигаются строго по круговой траектории. Эллипсовидность траектории сито-

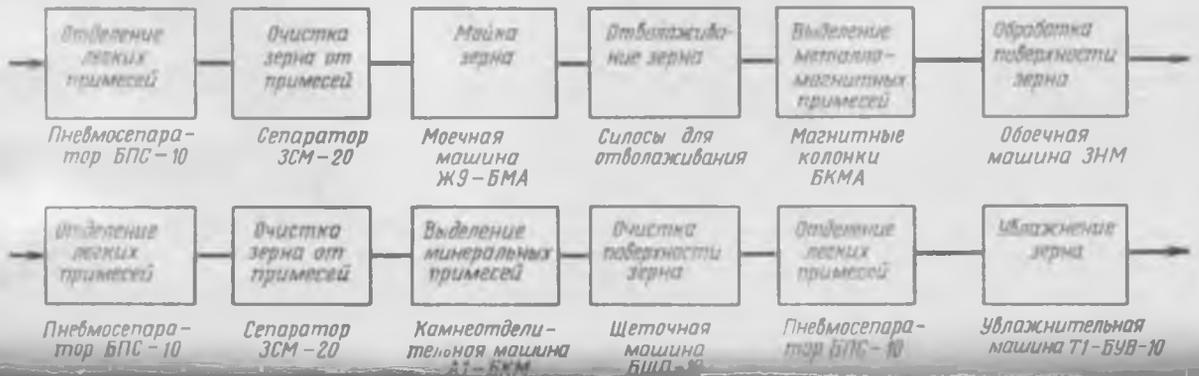
Элеватор

(Предварительная очистка зерна)



Мукомольный завод

(Зерноочистительное отделение – окончательная очистка зерна и подготовка его к помолу)



(Размольное отделение – размол зерна и сортирование зернопродукта)



(Выбойное отделение – контроль, хранение, фасовка и выбой муки)

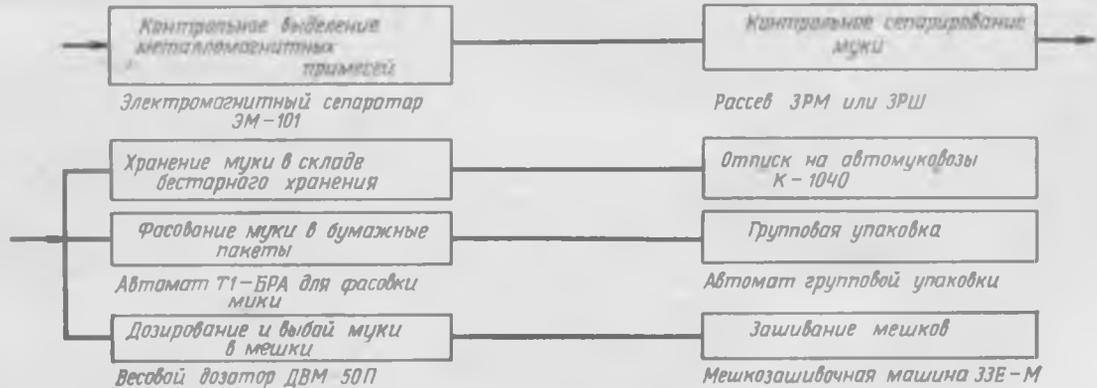


Рис. 1. Принципиальная схема традиционного технологического процесса выработки муки.

вых корпусов, заметные угловые колебания корпусов относительно их продольной, поперечной и вертикальной осей недопустимы, так как это нарушит технологический процесс. Отсюда следует, что при техническом диагностировании рассева необходимо определить параметры закона движения ситового корпуса в пространстве и сравнить их с эталонной сигнатурой.

Заключительной операцией технологического процесса на элеваторе является очистка зерна пшеницы на триерах, которые применяются для выделения примесей, отличающихся от зерен основной культуры длиной: от овсюга, ячменя, овса — на овсюгоотборочной машине, от куколя, дробленого зерна — на куколеотборочной машине.

Овсюгоотборочная машина ЗТО-5М (ЗТО-10М). Основной рабочий орган — диски, насаженные на горизонтальный вал, которые на боковых поверхностях имеют карманообразные ячеи. При вращении дисков пшеница заполняет ячеи и под действием центробежной силы и силы тяжести отбрасывается в выходной патрубок и затем выводится из машины. Длинные примеси ячеи не захватывают; гонки на дисках транспортируют их вдоль машины к стенке перегружателя за пределы рабочей камеры. На качество работы и надежность овсюгоотборочной машины во многом влияют динамическая неуравновешенность ротора (в сборе) и состояние подшипниковых узлов машины. Поэтому при техническом диагностировании овсюгоотборочной машины в качестве диагностических признаков следует избрать параметры вибраций подшипниковых узлов, корпуса машины и узлов ее крепления к перекрытию здания и сравнить полученные данные с эталонной сигнатурой.

Куколеотборочная машина ЗТК-5Р. Основной рабочий орган — вал с насаженными на нем 20 чугунными дисками, которые служат для основного отбора примесей из зерна; семь дисков, кроме того, с более мелкими ячеями служат для контрольной очистки зерна. Зерно, засоренное куколем, подается через приемный патрубок к 20 рабочим дискам. При их вращении куколь и короткне примеси подхватываются ячеями дисков и выбрасываются в шнек или выходной патрубок. В триере зерно интенсивно перемешивается, в результате чего от него отделяется пыль, которую удаляют через аспирационный патрубок.

На качество работы и надежность куколеотборочной машины в большой степени влияют динамическая неуравновешенность ротора (в сборе) и состояние подшипниковых узлов машины. Поэтому при техническом диагностировании куколеотборочной машины целесообразно измерять вибрации подшипниковых узлов, корпуса куколеотборника и узлов его крепления к перекрытию здания и сравнивать полученные данные с эталонной сигнатурой.

Зерно из элеватора поступает в зерноочистительное отделение мукомольного завода.

Пневмосепаратор БПС-10. Имеет разгрузочную камеру и пневмосепарирующий канал. Разгрузочная камера снабжена питающим механизмом, который автоматически поддерживает постоянный уровень зерна в камере. Зерно с примесями поступает в разгрузочную камеру. Воздух проходит под наклонным дном разгрузочной камеры и входит снизу в пневмосепарирующий канал навстречу потоку зерна. Восходящий воздушный поток увлекает легкие примеси и уносит их в циклон-разгрузитель. Работа пневмосепаратора БПС-10 во многом зависит от равномерности подачи зерна и воздуха, что проявится в вибрационном состоянии корпуса пневмосепаратора. В качестве диагностических признаков могут быть приняты параметры вибраций оборудования, узлов его крепления к перекрытию здания. Полученные данные должны быть сопоставлены с эталонной сигнатурой.

Сепараторы ЗСМ-20 (первого и второго проходов). Примеси отделяют последовательным просеиванием на наклонно расположенных ситах, совершающих возвратно-поступательное движение. По аэродинамическим свойствам примеси выделяют двукратным продуванием зерна воздухом в каналах при поступлении его в машину и при выходе из нее. Процесс сепарирования определяется прежде всего правильным (возвратно-поступательным) движением ситовых кузовов с закрепленными на них ситами. Заметные угловые колебания ситовых кузовов относительно их продольной, поперечной и вертикальной осей недопустимы. Вследствие этого при техническом диагностировании необходимы измерение параметров законов движения обонх кузовов в пространстве и сравнение их с эталонной сигнатурой.

Моечная машина Ж9-БМА. Моечная машина имеет моечную ванну и отжимную колонку. Моечная ванна снабжена лотками, в которых расположены зерновые и

камнеоделительные шнеки. Внутри отжимной колонки вмонтирован вращающийся бичевой барабан, заключенный в сетчатую обечайку. Через приемник зерно подают на зерновые шнеки. В ванне происходит смачивание зерна. В процессе его перемещения шнеками в воде отделяются минеральные примеси, отличающиеся плотностью от зерна. Направления движения зерна и камней противоположны. Зерно, перемещаемое шнеками, оседает в воронке трубы и струей воды подается в отжимную колонку, где под действием центробежной силы и потоков воздуха влажное зерно прижимается к сетчатой обечайке и поднимается лопатками барабана (расположенными по винтовой линии) к выходу.

Работа машины во многом зависит от равномерности вращения шнеков, от динамической неуравновешенности бичевого барабана, от равномерности подачи воды. При техническом диагностировании моечной машины необходимо измерить вибрации корпуса машины, узлов ее крепления к перекрытию здания и сравнить их с эталонной сигнатурой.

После отволаживания зерно поступает на магнитные колонки БКМА.

Обочная машина ЗНМ. Имеет наждачный цилиндр, вращающийся бичевой барабан с продольными бичами, аспирационно-осадочное устройство, основание и привод. Бичи закреплены наклонно к продольной оси барабана. Зерно через приемный патрубок поступает в цилиндр, подхватывается вращающимися бичами и отбрасывается на рабочую поверхность (наждачные вкладыши). Зерно, захваченное бичами, перемещается по винтовой линии к выходному патрубку благодаря наклону бичей. В результате многократных ударов и интенсивного трения зерна о рабочую поверхность и бичи разбиваются комочки земли, отделяются грязь, борода, частично отбивается зародыш. Пыль, выделяющаяся в процессе обработки зерна, отсасывают через жалюзи. Затем она поступает в аспирационную камеру.

Качество обработки поверхности зерна на обочной машине во многом зависит от динамической неуравновешенности бичевого барабана, от состояния подшипниковых узлов, от равномерной подачи зерна и от аспирации.

Для технического диагностирования обочной машины ЗНМ необходимы измерение вибраций подшипнико-

вых узлов, вибраций аспирационной камеры, узлов крепления машины к перекрытию и сравнение результатов измерений с эталонной сигнатурой.

Камнеотделительная машина А1-БКМ. Имеет два кузова и аппарат для обработки откосов. Кузова закреплены на главной раме и подвешены к потолочной раме на четырех гибких тросах. Круговое поступательное движение кузова получают от веретенного балансирующего механизма. Каждый кузов состоит из распределительной коробки, 16 рабочих и трех контрольных рам, стяжек и лотка для подачи отходов в аппарат для обработки отходов. В деревянный каркас рабочей рамы вмонтировано днище, которое состоит из конусного диска с обечайкой, имеющей семь концентрично расположенных гофр и горизонтальную площадку для сбора камней. К обечайке приварено шесть ускорителей, служащих для ускорения движения минеральных примесей к горизонтальной площадке. Воронка с гонком, находящаяся в центральной части диска, служит для вывода зерна. В зоне горизонтальной площадки установлены ограничители для задержки минеральных примесей и направляющий гонок, способствующий быстрому удалению примесей с рабочего днища.

Работа камнеотделительной машины основана на принципе самосортирования смеси на фракции, отличающиеся плотностью и коэффициентом трения частиц. Зерно поступает в распределительную коробку кузова, откуда через 16 отверстий — на 16 рабочих рам. На днищах рабочих рам зерно совершает сложное движение, обусловленное круговым поступательным движением рам. Кроме того, под действием удара о стенки обечайки и ускорители, а также под влиянием наклона диска каждая частица получает собственное движение, обусловленное ее плотностью и размерами.

Тяжелые и мелкие частицы опускаются на дно около стенки обечайки, а зерно всплывает (происходит процесс самосортирования). Зерно, непрерывно поступающее на рабочие днища, движется по спирали от периферии к центру и через конические воронки с гонками, ускоряющими выход зерна, непрерывно аспирируется и выводится из машины. Гофры на диске способствуют осаждению минеральных примесей на горизонтальной площадке, откуда они выводятся на контрольные рамы и затем — в аппарат обработки отходов.

Для нормальной работы машины необходимо обеспечить равномерную и непрерывную подачу зерна и круговое поступательное движение кузовов в горизонтальной плоскости. Если кузова будут совершать движение по траектории, отличной от окружности (например, по эллипсу), или будут иметь заметные угловые колебания относительно продольной, поперечной и вертикальной осей, то примеси будут отделяться плохо. В задачи технического диагностирования входят определение параметров законов движения обоих кузовов в пространстве и сравнение их с эталонной сигнатурой.

Щеточная машина БЩП-10. Состоит из станины, щеточного барабана, щеточного диска и питающего механизма. Зерно поступает на питающее устройство, которое подает его равномерным слоем по всей длине щеточного барабана. Попадая в зазор между вращающимся щеточным барабаном и неподвижной щеточной декой, зерно подвергается интенсивному воздействию щеток, очищается и направляется в шнек, который подает его в корпус побудителя. Зерно выводится из машины по продуктопроводу. В машине предусмотрена аспирация.

Качество очистки поверхности зерна зависит от вибрации щеточного барабана, обусловленной его динамической неуравновешенностью и состоянием подшипниковых узлов. Очевидно, при техническом диагностировании машины необходимо измерять вибрации подшипниковых узлов, вибрации узлов крепления машины к перекрытию и сравнивать их с эталонной сигнатурой.

Увлажнительная машина Т1-БУВ-10. Машина центробежного типа. Имеет вертикальный полый вал с закрепленными на нем коническими дисками. Зерно самотеком попадает на верхний вращающийся диск и разбрасывается в радиальном направлении. Вода через полый вал попадает на нижний вращающийся диск, разбрызгивается и образует водяную завесу, через которую проходит поток зерна. Увлажненное зерно попадает на вращающуюся тарелку смесителя, где дополнительно перемешивается и удаляется из машины.

Качество увлажнения зерна в значительной степени определяется равномерностью подачи зерна, воды, динамической неуравновешенностью ротора (в сборе) и состоянием подшипниковых узлов машины. При техническом диагностировании увлажнительной машины необходимо измерять вибрации подшипниковых узлов, корпуса

и узлов крепления машины к перекрытию и сравнивать полученные данные с эталонной сигнатурой.

После увлажнения зерно поступает в размольное отделение на вальцовые станки.

Вальцовый станок типа ЗМ. Вальцовые станки измельчают зерно в клиновидном пространстве, образованном поверхностями двух цилиндрических параллельных вальцов, вращающихся с различными скоростями навстречу друг другу. Зерно разрушается в результате деформации сжатия и сдвига. Зазор между вальцами при измельчении различных продуктов на разных системах колеблется в сравнительно широких пределах. Вальцы на всех системах (I...VII драных, 1...6 шлифовочных, вымольной, 1...10 размольных, 1...2 сходовых) имеют разное количество рифлей на 1 см длины окружности вальцов, различный уклон рифлей, но устроены все они одинаково.

Вальцовый станок типа ЗМ — двухсекционный, состоит из станины, мелющих вальцов, питающих механизмов, межвальцовых зубчатых передач, механизма регулирования питания, механического автомата управления с передаточным механизмом, механизма выравнивания и настройки подвижного вальца с амортизатором, питающей трубы, щеток и дверок. Вальцы в станине устанавливаются на роликовых подшипниках так, чтобы между линией, соединяющей оси вальцов, и горизонталью был угол 45° . Один из каждой пары вальцов имеет только вращательное движение (быстровращающийся), второй (медленновращающийся), кроме вращательного, может иметь и движение в направлении, перпендикулярном оси. Этим обеспечиваются регулирование зазора между вальцами, его равномерность по длине вальцов, быстрое сближение (привал) и удаление (отвал), а также прохождение между вальцами твердых посторонних предметов без поломок деталей станка и повреждения вальцов. Вальцы связаны между собой шестеренчатой передачей.

Качество измельчения зерна в вальцовом станке любой системы зависит как от износа поверхности вальца, так и от стабильности зазора между вальцами. Величина зазора зависит от динамической неуравновешенности вальцов и от состояния самих подшипниковых узлов, которые являются опорами вальцов. Отсюда следует, что при техническом диагностировании вальцовых станков необходимо измерять вибрации подшипниковых узлов и станин и сравнивать их с эталонной сигнатурой.

Рассевы типа ЗРМ и ЗРШ. Рассевы типа ЗРМ повсеместно заменяются рассевами типа ЗРШ (рассевы ЗРШ-4М и ЗРШ-6М). Четырехприемный рассев ЗРШ-4М или шестиприемный ЗРШ-6М устроены аналогично. Цельнометаллический корпус рассева имеет четыре подвески, к которым крепятся четыре металлических троса; с помощью тросов корпус подвешивается к металлической раме потолочного перекрытия. Рассев имеет дебалансный колебатель, при помощи которого корпус приводится в круговое поступательное движение. Приемные патрубки снабжены инерционными питателями, через которые зерновой продукт подается внутрь кожуха на ситовые рамы, где происходит сортирование. К нижним патрубкам корпуса и к напольным патрубкам с магнитной защитой крепят выпускные рукава.

Качество сортирования измельченного зернового продукта во многом зависит от того, насколько правильно корпус рассева типа ЗРШ совершает круговое поступательное движение. Заметная эллипсовидность траектории корпуса, его угловые колебания относительно продольной, поперечной и вертикальной осей недопустимы. Отсюда следует, что задачами технического диагностирования рассева типа ЗРШ будут измерение параметров движения корпуса рассева в пространстве и сравнение их с эталонной сигнатурой.

Ситовечная машина ЗМС-2-4. Основными органами машины являются корпус с натянутыми ситами, корпус-сборник, эксцентриковый колебатель, аспирационная камера и камера схода. Ситовой корпус состоит из четырех отсеков. Ситовой корпус и корпус-сборник приводятся в возвратно-поступательное движение от эксцентрикового колебателя. Смесь крупок, подлежащая обогащению, поступает по самотечной трубе в машину — на первое сито верхнего яруса. Далее проход сита первых двух рам поступает на первое сито нижнего яруса и т. д. Воздух подают под сита, проходя через которые он поступает в аспирационную камеру.

Качество обогащения крупок зависит от правильного натяжения сит, толщины слоя продукта, условий движения воздуха, аспирации продукта, но прежде всего от того, насколько правильно ситовой корпус совершает возвратно-поступательное движение в пространстве, без заметных угловых колебаний относительно продольной, поперечной и вертикальной осей.

При техническом диагностировании ситовечной машины необходимо исследовать параметры движения (в пространстве) ситового корпуса и сравнить полученные данные с эталонной сигнатурой.

Сход драных систем обрабатывают в вымольной машине А1-БВУ или в бичевой машине типа МБО.

Бичевая вымольная машина А1-БВУ. Состоит из металлического корпуса, разделенного на две одинаковые секции, каждая из которых имеет неподвижный ситовой цилиндр, внутри которого расположен вертикальный бичевой барабан. Бичевой барабан представляет собой пустотелый цилиндр, закрепленный на вертикальном валу. На поверхности барабана равномерно расположены три регулируемых бича и три ряда гонков. Впереди каждого ряда гонков приварен нерегулируемый бич. В нижней части цилиндра на валу расположен шнек, служащий для равномерной подачи продукта в рабочую зону, образуемую наружной поверхностью бичевого барабана и внутренней поверхностью ситового цилиндра. Бичевой барабан вращается в нижнем и верхнем подшипниковых узлах; привод барабана осуществляется через клиноременную передачу от электродвигателя.

Принцип работы вымольной машины состоит в следующем. Исходный продукт самотеком поступает в цилиндр и шнеком подается в рабочую зону. В результате ударного действия вращающихся бичей и гонков происходят интенсивное перемешивание, истирание и перемещение исходного продукта по винтовой линии вверх от приема к выходу. При этом отделяются частицы эндосперма от оболочек.

На качество работы и надежность вымольной машины А1-БВУ в большой степени влияют динамическая неуравновешенность бичевого барабана (в сборе) и состояние подшипниковых узлов машины. Поэтому при техническом диагностировании вымольной машины целесообразно измерять вибрации подшипниковых узлов, кожуха машины, узлов ее крепления к перекрытию здания и сравнивать полученные данные с эталонной сигнатурой.

Бичевая машина типа МБО. Машина имеет корпус, внутри которого горизонтально расположен бичевой ротор, закрытый неподвижным ситовым цилиндром. Ротор состоит из вала, установленного в подшипниковых опорах, и бичей, расположенных по винтовой линии. Рабочая плоскость бича развернута относительно оси вала.

Ротор приводится во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу.

Исходный продукт через приемный патрубок поступает в ситовой цилиндр, подхватывается бичами ротора и равномерно распределяется под действием центробежных сил по поверхности цилиндра. Отделение эндосперма от оболочки происходит в результате соударения и интенсивного трения частиц между собой и о поверхность цилиндра.

Качество работы и надежность машины типа МБО в основном зависят от тех же причин, что и машины А1-БВУ. Поэтому и диагностические признаки у них одинаковы.

Полученная на выходе размольного отделения мука поступает в выбойное отделение на электромагнитный сепаратор ЭМ-101. После сепаратора мука подается на рассевы ЗРМ или ЗРШ для контрольного сепарирования. На этом технологический процесс выработки муки заканчивается.

Мука, полностью очищенная от посторонних примесей, поступает в склады бестарного хранения, или на фасовку в бумажные пакеты, или на дозирование и выбой в мешки.

Для упрощения схемы (см. рис. 1) оборудование для перемещения и очистки воздуха на схеме не показано. С точки зрения технического диагностирования качество работы воздуходувных машин и вентиляторов будет во многом зависеть от динамической неуравновешенности роторов этого оборудования и состояния подшипниковых узлов. Поэтому при техническом диагностировании воздуходувных машин и вентиляторов необходимо измерить вибрации их подшипниковых узлов, корпусов, узлов крепления и сравнить с эталонными сигнатурами.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕЛЬНИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

В основу предлагаемой классификации положены вибрационные диагностические признаки, которые в основном определяют качество работы оборудования; их необходимо измерить у мельничного оборудования и сравнить с эталонными сигнатурами. Очевидно, что пред-

даваемая классификация несколько условна и охватывает только основные вибрационные признаки.

Мельничное оборудование по вибрационным диагностическим признакам можно распределить на следующие три группы.

Первая группа. Оборудование со сложным законом движения рабочих органов (возвратно-поступательное — у ситовых кузовов сепараторов и у ситовеечной машины, круговое поступательное движение ситового корпуса — у рассевов и т. д.). Заметные угловые колебания у ситовых кузовов (корпусов) относительно их продольной, поперечной и вертикальной осей, эллипсовидность траекторий ситовых корпусов рассевов, нарушающие нормальный ход технологических процессов, недопустимы. В качестве диагностических признаков могут быть приняты параметры движения рабочего органа машины в пространстве. Поскольку закон движения рабочего органа будет зависеть от приведенной массы рабочего органа и жесткости его подвесок, также необходимо измерить частоту собственных колебаний рабочего органа на подвесках.

Вторая группа. Оборудование с рабочими органами, вращающимися с постоянной угловой скоростью вокруг неподвижной оси. Условия работы этой группы оборудования во многом зависят от динамической неуравновешенности ротора (в сборе) и состояния подшипниковых узлов машины. В качестве диагностических признаков могут быть приняты вибрации подшипниковых узлов, узлов крепления оборудования к перекрытию здания и отдельных точек корпуса машины. В эту группу оборудования входят триеры, увлажнительные, обоечные, щеточные и вымольные машины, вальцовые станки, а также воздуходувные машины и вентиляторы.

Третья группа. Оборудование, в котором вибрации в корпусе возбуждаются в основном движением воздуха. Диагностическими признаками могут служить вибрации корпуса и узлов его крепления к перекрытию здания. К этой группе относятся пневмосепараторы, аспираторы и т. п. В принципе некоторые виды оборудования могут иметь в своем составе одновременно несколько рабочих органов (например, моечная машина имеет горизонтальные шнеки подачи зерна в моечной ванне и вертикальный бичевой барабан в отжимной колонке). В этом случае, если потребуется более детальное вибрационное диагностирование машины, его можно проводить поэлементно,

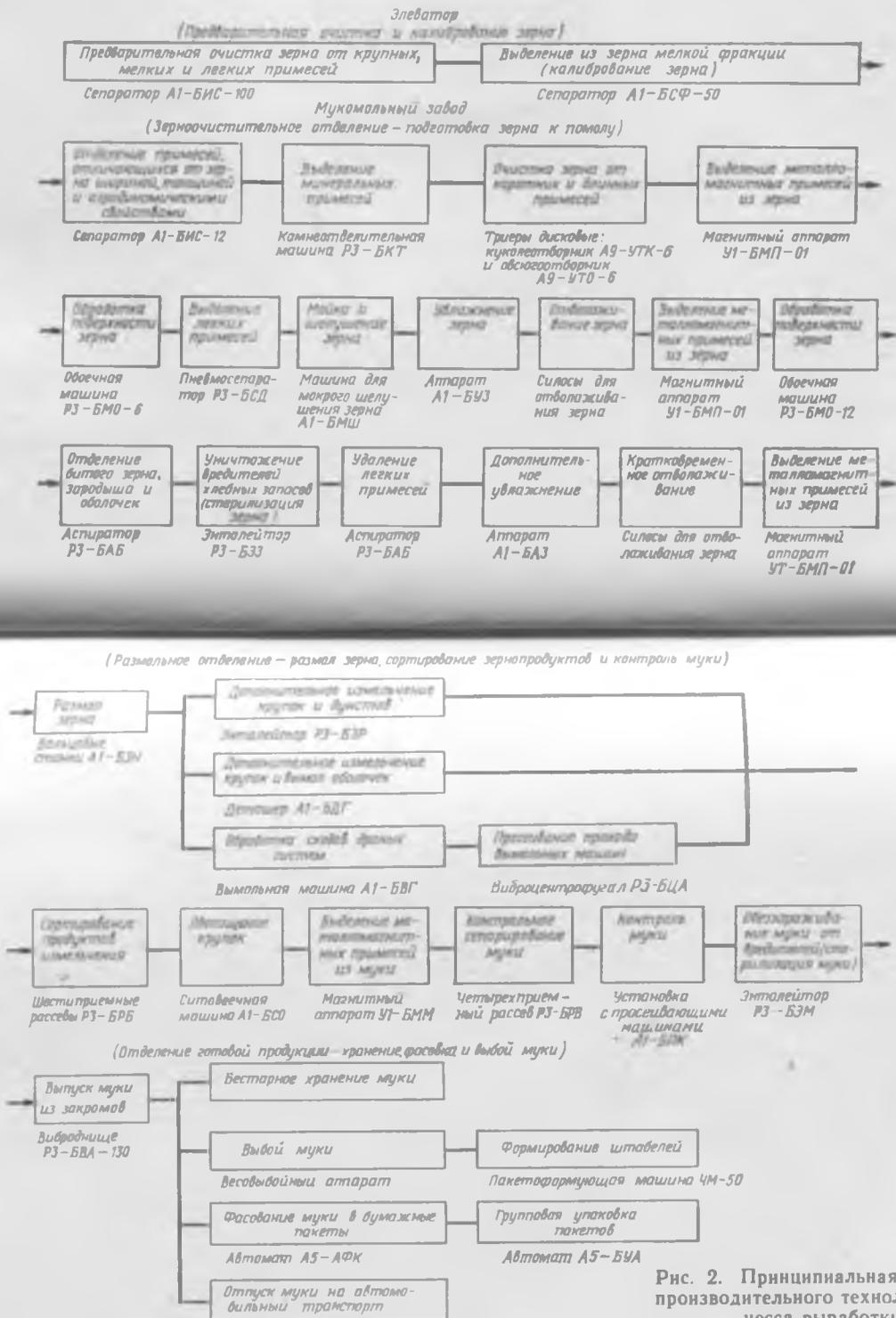


Рис. 2. Принципиальная схема высокопроизводительного технологического процесса выработки муки.

когда вначале исследуют работу какого-либо одного рабочего органа, затем другого; при этом работу каждого отдельного рабочего органа рассматривают с точки зрения принятой классификации.

Предложенная классификация мельничного оборудования по вибрационным диагностическим признакам применима к различному оборудованию, используемому при разнообразных технологических схемах выработки муки. Пронллюстрируем это на примере отечественного высокопроизводительного мельничного оборудования. Используя общий методический подход и ограничения, принятые при рассмотрении традиционного технологического процесса выработки муки (см. рис. 1), составим принципиальную схему технологического процесса выработки муки на высокопроизводительном мельничном оборудовании. На схеме (рис. 2) под названием каждой технологической операции приведена марка соответствующего оборудования. Рассмотрим, к каким из трех групп классификации может быть отнесена та или иная машина.

В первую группу войдут все типы сепараторов, рассевов, камнеотделительная и ситовечная машины, вибродрифты, центрифугал; во вторую — триеры, обочные машины, машина для мокрого шелушения зерна, энтолейторы, вальцовые станки, деташер, вымольные машины, установка с просеивающими машинами, а также воздухоподогреватели и вентиляторы; в третью — пневмосепараторы и аспираторы.

Приведенная классификация позволяет при техническом диагностировании высокопроизводительного мельничного оборудования целенаправленно выбирать измерительные точки с учетом изложенных выше общих методических подходов.

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МЕЛЬНИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Используемый в настоящей работе методический подход к определению технического состояния машин заключается в функциональном техническом диагностировании, т. е. проводится диагностирование, при котором на машину никакие воздействия со стороны средств диагностирования не подаются. Определяемые диагностические признаки или параметры, характеризующие техническое

состояние системы, обусловлены механическими процессами, возникающими в исследуемых машинах.

В качестве диагностических признаков использованы параметры вибраций и шума исследуемых машин. Их совокупность образует сигнатуру, по которой можно судить о техническом состоянии объекта.

В основу виброакустического диагностирования положено определение отклонения реальной сигнатуры от эталонной. За реальную сигнатуру принимают виброакустические параметры, измеренные у оборудования, подвергающегося техническому диагностированию. Реальная сигнатура включает виброакустическую и акустическую реальные сигнатуры.

За эталонную сигнатуру принимают виброакустические параметры оборудования, которые обеспечивают заданную производительность при качественном выполнении им требующейся технологической операции, отвечающей требованиям нормативно-технологической документации. Эталонная сигнатура включает виброакустическую и акустическую эталонные сигнатуры.

Конкретные величины, характеризующие эталонные сигнатуры для каждого вида оборудования, устанавливают следующим образом. Измеряют диагностические параметры (например, при виброакустическом диагностировании: эффективные и пиковые значения вибраций в принятых измерительных точках, шум на условном рабочем месте и вибрации рабочего места) у однотипных машин, работающих на нескольких мукомольных заводах в производственных условиях; при этом каждая машина должна вполне удовлетворительно выполнять технологические функции, возложенные на нее (определяются заданной производительностью машины и требованием к качеству продукта, полученного в результате переработки на том или ином виде оборудования). Результаты измерений обрабатывают методами математической статистики с заданной доверительной вероятностью, в результате чего получают доверительные интервалы для средних величин принятых диагностических параметров. Эти значения принимают за эталонные сигнатуры для каждого вида оборудования. Эталонные сигнатуры для мельничного оборудования устанавливают для случаев работы оборудования на холостом ходу и под нагрузкой и только при установившемся режиме работы машин; переходные режимы не рассматривают.

Для определения сигнатуры оборудования в соответствии с приведенной выше классификацией необходимо:
измерить вибрации машин в некоторых точках;
определить параметры движения рабочего органа в пространстве;
измерить собственную частоту колебаний упруго закрепленного рабочего органа;
измерить шум машины и вибрацию пола на условном рабочем месте.

Вибрации оборудования измеряют как на холостом ходу, так и под нагрузкой (при подаче обрабатываемого продукта в машину). Сравнение результатов измерения вибраций для одной и той же точки в двух указанных режимах позволяет выявить влияние массы обрабатываемого продукта на кинематические и динамические характеристики машины, а также получить данные, необходимые для сопоставления реальной и эталонной сигнатуры.

Приведем основные особенности методических приемов измерений.

Измерение вибраций машины. При измерении вибраций необходимо выполнять условия, регламентированные ГОСТ 13731—68. «Колебания механические. Общие требования к проведению измерений».

Точки, в которых измеряют вибрации машин, выбирают для каждого объекта исследований. В число этих точек входят опорные точки станины, подшипниковые узлы и другие характерные точки, в которых энергия колебаний передается фундаменту или другим узлам.

Для измерения вибраций используют (приложение 1) измерители вибрации 11003 (SM-231), октавные фильтры OF-101 и OF-201, датчики ускорений KB12, KD35а фирмы RFT (ГДР) или аналогичную аппаратуру фирмы «Роботрон» (ГДР). Измерения выполняют при работе усилителей приборов в режиме «У».

Датчики KD35а устанавливают на машину, как правило, используя кубик, на трех взаимно перпендикулярных гранях которого их закрепляют при помощи шпилек. Кубик к машине крепят мастикой фирмы RFT. Это позволяет определить три составляющие объемной вибрации, испытываемой зоной измерений, где устанавливается измерительный кубик.

В некоторых случаях, когда кубик разместить невозможно или неудобно, датчики устанавливают на мастику или при помощи магнитов без переходных кубиков.

Как правило, проводят измерение эффективных и пиковых значений виброперемещений и виброускорений, а также выполняют спектральный (октавный) анализ вибраций в избранных наиболее информативных точках.

Используют следующие обозначения параметров вибрации: ξ — эффективное значение виброперемещений; $\overset{\wedge}{\xi}$ — пиковые положительные и отрицательные значения виброперемещения соответственно; \tilde{a} — эффективное значение виброускорения; \hat{a} , $\underset{\vee}{a}$ — пиковые положительные и отрицательные значения виброускорения соответственно; \bar{u} — эффективное значение измеряемого параметра вибрации (общее обозначение); \hat{u} , $\underset{\vee}{u}$ — пиковые положительные и отрицательные значения измеряемого параметра вибрации (общее обозначение).

В таблицах, приведенных в книге, при значениях ξ и a в некоторых случаях стоит индекс i , который указывает нижний порог полосы регистрируемых частот процесса (при данной установке указателя частоты на приборе SM-231 проводили измерения). Например, если в таблице стоит ξ_2 , это значит, что измеряли виброперемещения от частоты 2 Гц и выше; если a_{10} — измеряли виброускорения от частоты 10 Гц и выше и т. д.

Нужно отметить следующее. Как известно, на результаты измерений влияет фон — паразитный сигнал, создаваемый вибрацией соседнего оборудования и передающийся на машину — объект измерений — через основание (перекрытие). В процессе измерений необходимо применять все возможные меры, чтобы влияние фона было минимальным. Поэтому измерения проводят, как правило, когда все соседнее оборудование не работает. К сожалению, это не всегда удается, тогда в некоторых случаях приходится нижний порог измеряемой частоты вибрации несколько увеличивать, например переходить с a_2 на a_{10} .

В ряде случаев (см. ниже) достаточно измерить вибрации при работе изделия только на холостом ходу (при этом соседнее оборудование не работает).

Использование в диагностировании двух видов параметров (ξ и a) обусловлено следующим.

Для определения сигнатуры оборудования в соответствии с приведенной выше классификацией необходимо:
измерить вибрации машин в некоторых точках;
определить параметры движения рабочего органа в пространстве;
измерить собственную частоту колебаний упруго закрепленного рабочего органа;
измерить шум машины и вибрацию пола на условном рабочем месте.

Вибрации оборудования измеряют как на холостом ходу, так и под нагрузкой (при подаче обрабатываемого продукта в машину). Сравнение результатов измерения вибраций для одной и той же точки в двух указанных режимах позволяет выявить влияние массы обрабатываемого продукта на кинематические и динамические характеристики машины, а также получить данные, необходимые для сопоставления реальной и эталонной сигнатуры.

Приведем основные особенности методических приемов измерений.

Измерение вибраций машины. При измерении вибраций необходимо выполнять условия, регламентированные ГОСТ 13731—68. «Колебания механические. Общие требования к проведению измерений».

Точки, в которых измеряют вибрации машин, выбирают для каждого объекта исследований. В число этих точек входят опорные точки станины, подшипниковые узлы и другие характерные точки, в которых энергия колебаний передается фундаменту или другим узлам.

Для измерения вибраций используют (приложение 1) измеритель вибрации 11003 (SM-231), октавные фильтры OF-101 и OF-201, датчики ускорений KB12, KD35а фирмы RFT (ГДР) или аналогичную аппаратуру фирмы «Роботрон» (ГДР). Измерения выполняют при работе усилителей приборов в режиме «У».

Датчики KD35а устанавливают на машину, как правило, используя кубик, на трех взаимно перпендикулярных гранях которого их закрепляют при помощи шпилек. Кубик к машине крепят мастикой фирмы RFT. Это позволяет определить три составляющие объемной вибрации, испытываемой зоной измерений, где устанавливают измерительный кубик.

В некоторых случаях, когда кубик разместить невозможно или неудобно, датчики устанавливают на мастики или при помощи магнитов без переходных кубиков.

Как правило, проводят измерение эффективных и пиковых значений виброперемещений и виброускорений, а также выполняют спектральный (октавный) анализ вибраций в избранных наиболее информативных точках.

Используют следующие обозначения параметров вибраций: ξ — эффективное значение виброперемещений;

$\overset{\wedge}{\xi}$, $\underset{\vee}{\xi}$ — пиковые положительное и отрицательное значения

виброперемещения соответственно: \tilde{a} — эффективное значение

виброускорения; \hat{a} , $\underset{\vee}{a}$ — пиковые положительное и

отрицательное значения виброускорения соответственно;

\tilde{u} — эффективное значение измеряемого параметра ви-

брации (общее обозначение); \hat{u} , $\underset{\vee}{u}$ — пиковые положи-

тельное и отрицательное значения измеряемого парамет-

ра вибрации (общее обозначение).

В таблицах, приведенных в книге, при значениях ξ и a в некоторых случаях стоит индекс i , который указывает нижний порог полосы регистрируемых частот процесса (при данной установке указателя частоты на приборе SM-231 проводили измерения). Например, если в таблице стоит ξ_2 , это значит, что измеряли виброперемещения от частоты 2 Гц и выше; если a_{10} — измеряли виброускорения от частоты 10 Гц и выше и т. д.

Нужно отметить следующее. Как известно, на результаты измерений влияет фон — паразитный сигнал, создаваемый вибрацией соседнего оборудования и передающийся на машину — объект измерений — через основание (перекрытие). В процессе измерений необходимо применять все возможные меры, чтобы влияние фона было минимальным. Поэтому измерения проводят, как правило, когда все соседнее оборудование не работает. К сожалению, это не всегда удается, тогда в некоторых случаях приходится нижний порог измеряемой частоты вибрации несколько увеличивать, например переходить с a_2 на a_{10} .

В ряде случаев (см. ниже) достаточно измерить вибрации при работе изделия только на холостом ходу (при этом соседнее оборудование не работает).

Использование в диагностировании двух видов параметров (ξ и a) обусловлено следующим.

не осциллографа прибора SM-231 начало процесса от первого датчика на начало координат на экране трубки осциллографа. Затем с помощью первого датчика запускают луч осциллографа от второго датчика, при этом на экране осциллографа прибора SM-231 появляется кривая процесса только от второго датчика. Если второй процесс сместится от начала координат осциллографа на величину l , а отрезок на экране, соответствующий периоду колебаний, составляет L , то тогда искомым углом сдвига фаз (радиан) равен:

$$\varphi = 2\pi \frac{l}{L} \cdot$$

Измерение собственных частот колебаний упруго закрепленных рабочих органов. Для измерения собственных частот колебаний рабочих органов на исследуемый объект устанавливают датчик ускорений, включенный измеритель вибраций SM-231. Колебания рабочего органа возбуждаются толчком. Эти затухающие колебания можно наблюдать за счет послесвечения на экране осциллографической части SM-40 прибора SM-231. Измеряя на экране отрезок, соответствующий периоду колебаний, и зная по прибору скорость развертки, можно определить искомую частоту собственных колебаний.

Тип датчика ускорений выбирают с учетом частотных характеристик объектов. Для низкочастотных собственных колебаний (порядка нескольких Гц) применяют датчик KB12, в других случаях используют датчик KD-35.

При измерении собственных частот колебаний рассевов измеряют крутильную собственную частоту и делительные (по взаимно перпендикулярным осям).

Необходимо следить, чтобы возбуждающая сила была направлена вдоль вектора колебаний. Поэтому при регистрации крутильных колебаний рассева, например, необходимо, взявшись за его противоположные углы, закрутить рассев на небольшой угол и отпустить.

Измерение шума машины и вибраций пола на условном рабочем месте. Поскольку из-за особенностей технологического процесса одна единственная зерноперерабатывающая машина не может работать под нагрузкой (с продуктом), шум машины и вибрации пола на условном рабочем месте при работе каждого отдельного вида оборудования под нагрузкой не измеряют, ограничиваясь измерениями только на холостом ходу.

При измерениях шума на холостом ходу все другое оборудование, находящееся в этом помещении, отключают, чтобы его вибрации не исказили результаты измерений.

Задачи исследований шума машины включают:

измерение уровня звука и звукового давления (в октавных полосах) на условном рабочем месте;

анализ звукового поля вокруг каждого вида оборудования;

расчет шумовых характеристик (октавных и скорректированных уровней звуковой мощности) машин;

сравнение измеренных параметров с допустимыми по предельному спектру ПС—80 (ГОСТ 12.1.003-76 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»);

выявление причин и источников, создающих повышенный шум, и разработка общих рекомендаций по его уменьшению.

Шум каждого вида оборудования исследуют в соответствии с ОСТ 27-72-306—77 «Машины и оборудование продовольственные. Методы определения шумовых характеристик».

При измерениях шума под условным рабочим местом понимают место со стороны зоны обслуживания машины, расположенное на расстоянии 1 м от ее поверхности при высоте установки микрофона на 1,5 м от уровня пола.

Для определения звуковой мощности машин измеряют звуковое давление вокруг каждого вида оборудования по контуру машины в восьми точках, расположенных на поверхности, окружающей машину, в соответствии с ОСТ 27-72-306—77. Шумовую характеристику машины (уровень звуковой мощности в октавных полосах частот и А-корректированный уровень звуковой мощности) рассчитывают по измеренным параметрам шума.

Анализ звукового поля проводят методом шумограмм, при котором микрофон последовательно устанавливают на расстоянии 100 мм от машины в различных точках пространства вблизи узлов, которые потенциально могут быть источниками шума.

Для измерения шума применяют прецизионный акустический комплект № 12А фирмы RFT (ГДР) или аналогичную аппаратуру фирмы «Роботрон» (ГДР).

При измерении вибраций пола (дополнительный диагностический признак) под условным рабочим местом по-

нимают место на полу у машины (со стороны зоны обслуживания), расположенное на расстоянии 1 м от поверхности. Измерения проводят в соответствии ГОСТ 12.1.034-81 «Вибрация. Общие требования к проведению измерений».

Для измерения вибраций пола на условных рабочих местах используют низкочастотный датчик KV-12 виброаппаратуру, названную выше. Результаты измерений сопоставляют с требованиями ГОСТ 12.1.012-77 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности».

Последовательность технического диагностирования мельничного оборудования. Обычно вначале на основе составления диагностической модели и классификации назначают измерительные точки, в которых будут установлены пьезодатчики для измерения ускорений (перемещений), и измеряют вибрации при работе машины на холостом ходу. Для наиболее информативных точек проводят спектральный анализ сигнала, который позволяет выявить природу возникающих вибраций.

Сравнение эффективных значений вибраций (перемещений и ускорений) реальной сигнатуры с эффективными значениями этих параметров эталонной сигнатуры позволяет судить об общем вибрационном состоянии машины. Сравнение пиковых значений (особенно по ускорениям) дает возможность выявить влияние сопряжений деталей. Одновременно при работе машины на холостом ходу исследуют шум. Акустические параметры машины сравнивают с эталонной сигнатурой. Если эти параметры превышают данные эталонной сигнатуры, устанавливают причины отклонений.

Октавный анализ звукового давления позволяет установить, какая частота дает наибольший вклад в уровень звука, излучаемого машиной. Анализ данных звукового поля позволяет, кроме того, выявить, какая часть оборудования является наиболее ответственной за шум машины, внося наибольший вклад в шум, что является основой для разработки общих рекомендаций по уменьшению шума оборудования. Нормирование параметров шума дает возможность установить, соответствуют ли измеряемые акустические параметры допустимым (предельному спектру ПС—80).

Совместный анализ виброакустических параметров и данных о кинематических параметрах машины (например, о частоте вращения ротора, о «зубцовой» частоте

о частоте колебаний рабочего органа) позволяет выявить причины неисправностей машины или прогнозировать возможность их появления.

Далее исследуют вибрации машины под нагрузкой. Результаты измерений сравнивают с эталонной виброакустической сигнатурой, заданной для этого случая, и устанавливают, насколько нагрузка влияет на вибрационное состояние оборудования и не является ли это состояние предельным, при котором оно приводит к нарушению нормального хода технологического процесса.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО МЕЛЬНИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Изложенную выше методику можно использовать при техническом диагностировании любых зерноперерабатывающих машин, в том числе и высокопроизводительного мельничного оборудования. Однако потребность в скорейшей разработке и внедрении этого оборудования привела к необходимости применения методов технического диагностирования уже к первым образцам нового оборудования. Эталонную сигнатуру определяли по виброакустическим параметрам оборудования, входящего в состав экспериментального комплекса. При этом исходили из того, что поскольку технологический процесс выработки муки на оборудовании экспериментального комплекса был признан наиболее эффективным, то высокопроизводительное оборудование должно полностью воспроизвести эталонный технологический процесс. Очевидно, это возможно, если параметры (в том числе и виброакустические) разрабатываемого высокопроизводительного оборудования будут близки параметрам оборудования, входящего в экспериментальный комплекс.

После установления эталонной сигнатуры по результатам измерения оборудования экспериментального комплекса (первая серия экспериментов) приступили к определению реальной сигнатуры для основных видов высокопроизводительного оборудования. Вторую серию экспериментов проводили следующим образом: на место отдельных единиц оборудования из экспериментального комплекса ставили соответствующее серийное высокопроизводительное оборудование. В этом случае макси-

нимают место на полу у машины (со стороны зоны обслуживания), расположенное на расстоянии 1 м от поверхности. Измерения проводят в соответствии ГОСТ 12.1.034-81 «Вибрация. Общие требования к проведению измерений».

Для измерения вибраций пола на условных рабочих местах используют низкочастотный датчик KV-12 и виброаппаратуру, названную выше. Результаты измерений сопоставляют с требованиями ГОСТ 12.1.012-77 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности».

Последовательность технического диагностирования мельничного оборудования. Обычно вначале на основе составления диагностической модели и классификации назначают измерительные точки, в которых будут установлены пьезодатчики для измерения ускорений (перемещений), и измеряют вибрации при работе машины на холостом ходу. Для наиболее информативных точек проводят спектральный анализ сигнала, который позволяет выявить природу возникающих вибраций.

Сравнение эффективных значений вибраций (перемещений и ускорений) реальной сигнатуры с эффективными значениями этих параметров эталонной сигнатуры позволяет судить об общем вибрационном состоянии машины. Сравнение пиковых значений (особенно по ускорениям) дает возможность выявить влияние сопряжений деталей. Одновременно при работе машины на холостом ходу исследуют шум. Акустические параметры машины сравнивают с эталонной сигнатурой. Если эти параметры превышают данные эталонной сигнатуры, устанавливают причины отклонений.

Октавный анализ звукового давления позволяет установить, какая частота дает наибольший вклад в уровень звука, излучаемого машиной. Анализ данных звукового поля позволяет, кроме того, выявить, какая часть оборудования является наиболее ответственной за шум машины, внося наибольший вклад в шум, что является основой для разработки общих рекомендаций по уменьшению шума оборудования. Нормирование параметров шума дает возможность установить, соответствуют ли измеряемые акустические параметры допустимым (предельному спектру ПС—80).

Совместный анализ виброакустических параметров и данных о кинематических параметрах машины (например, о частоте вращения ротора, о «зубцовой» частоте

о частоте колебаний рабочего органа) позволяет выявить причины неисправностей машины или прогнозировать возможность их появления.

Далее исследуют вибрации машины под нагрузкой. Результаты измерений сравнивают с эталонной виброакустической сигнатурой, заданной для этого случая, и устанавливают, насколько нагрузка влияет на вибрационное состояние оборудования и не является ли это состояние предельным, при котором оно приводит к нарушению нормального хода технологического процесса.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО МЕЛЬНИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Изложенную выше методику можно использовать при техническом диагностировании любых зерноперерабатывающих машин, в том числе и высокопроизводительного мельничного оборудования. Однако потребность в скорейшей разработке и внедрении этого оборудования привела к необходимости применения методов технического диагностирования уже к первым образцам нового оборудования. Эталонную сигнатуру определяли по виброакустическим параметрам оборудования, входящего в состав экспериментального комплекса. При этом исходили из того, что поскольку технологический процесс выработки муки на оборудовании экспериментального комплекса был признан наиболее эффективным, то высокопроизводительное оборудование должно полностью воспроизвести эталонный технологический процесс. Очевидно, это возможно, если параметры (в том числе и виброакустические) разрабатываемого высокопроизводительного оборудования будут близки параметрам оборудования, входящего в экспериментальный комплекс.

После установления эталонной сигнатуры по результатам измерения оборудования экспериментального комплекса (первая серия экспериментов) приступили к определению реальной сигнатуры для основных видов высокопроизводительного оборудования. Вторую серию экспериментов проводили следующим образом: на место отдельных единиц оборудования из экспериментального комплекса ставили соответствующее серийное высокопроизводительное оборудование. В этом случае макси-

мально возможным образом сохраняли условия размещения и монтаж нового оборудования. В отдельных случаях новый образец устанавливали в том же помещении, неподалеку от экспериментального образца, который исследовали ранее. Если в первом случае монтаж воспроизведенного оборудования не влиял на диагностические признаки, то во втором случае он мог несколько повлиять на уровень звука и звукового давления (изменилось положение машин относительно стен помещения) и на вибрацию пола на условном рабочем месте (изменилась зона перекрытия, где устанавливалось оборудование).

Выполненные исследования позволили оценить качество изготовления нового мельничного оборудования. После того как высокопроизводительное оборудование проработало около года, была проведена третья серия экспериментов — контрольные исследования большинства изделий. Цель этой работы — выявить стабильность численных диагностических признаков реальной сигнатуры. Очевидно, что, если вибрации измерительных точек у какого-либо оборудования уменьшились и шум его также уменьшился, можно полагать, что произошла приработка деталей. Увеличение этих параметров будет свидетельствовать об износе или разладке машины.

Опыт диагностических исследований высокопроизводительного мельничного оборудования подтвердил, что в некоторых случаях можно уменьшить число точек, для которых проводятся диагностические измерения, по сравнению с числом точек, принятых в эталонной сигнатуре, поскольку иногда увеличение числа измерительных точек не давало новой информации о процессе в машине.

В последующих главах в качестве примеров приводятся результаты технического диагностирования на более типичных представителях изделий высокопроизводительного мельничного оборудования (реальная сигнатура); они сравниваются с эталонной сигнатурой, полученной при измерениях оборудования, входящего в экспериментальный комплекс.

Материал изложен в основном в соответствии с последовательностью технологического процесса (см. рис. 2). Примеры технического диагностирования однотипных устройств видов оборудования, независимо от их мест в технологическом процессе, излагаются рядом — в соседних разделах книги.

Сепаратор А1-БИС-100 предназначен для предварительной очистки зерна на элеваторах мукомольных заводов. Сепаратор А1-БИС-12 используют для очистки зерна от примесей в зерноочистительных отделениях мукомольных заводов. Сепараторы имеют одинаковое устройство и отличаются в основном размерами и характеристиками сит. Поэтому ниже кратко изложено устройство лишь одного сепаратора А1-БИС-100 (рис. 3). Сепаратор состоит из кузова 4, подвешенного к станине 6 на гибких подвесках 5 из морского камыша. Сита металлические. На ситовом кузове со стороны приема установлен электродвигатель 1, который через клиноременную передачу 2 вращает шкив 3 с набором закрепленных на нем грузов, создающих дебаланс. Благодаря этому ситовой кузов приводится в круговое поступательное движение. Сепаратор работает в комплексе с вертикальным пневмоканалом (на рисунке не показан). Продукт движется в сторону схода.

Отличительные особенности сепаратора: использование кругового поступательного движения и шариковой очистки сит; наличие вибрлоткового питателя, повышающего эффективность воздушной очистки в результате равномерной подачи и расслаивания зерновой смеси при высокочастотных колебаниях.

Точки машины, в которых измеряют вибрации, отмечены на рисунке 3 кружками и обозначены арабскими цифрами со штрихами. Точки, находящиеся сзади и не-

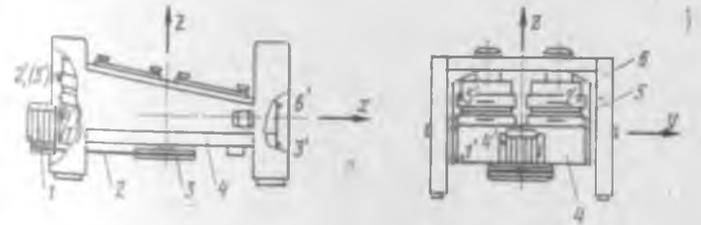


Рис. 3. Общий вид сепаратора:

1 — электродвигатель; 2 — клиноременная передача; 3 — шкив; 4 — кузов;
5 — подвеска; 6 — станина.

видимые на плоскости рисунка, обозначены цифрами и штрихами в скобках. На этом же рисунке изображена система координатных осей *xuz*. Точки 1' и 3' расположены на ситовом корпусе у его нижнего торца, точки 2, 5', 6' — в верхней части ситового корпуса, а точка 4' — у электродвигателя.

СЕПАРАТОР А1-БИС-100

Эталонная сигнатура. Поскольку параметры движения ситового кузова непосредственно определяют процесс сепарирования, было естественным принять эти параметры в качестве диагностических признаков, что также определило и принцип выбора точек, в которых измеряются параметры колебаний. Указанные точки находятся по углам ситового кузова, что позволяет выявить особенности движения рабочих органов сепаратора. Эталонная диагностическая сигнатура для сепаратора А1-БИС-100, включающая в себя диагностические признаки, содержит параметры колебаний точек ситового кузова на холостом ходу и при работе под нагрузкой (табл. 1), а также спектры виброперемещений ξ и виброускорений a точки 1' ситового кузова (табл. 2).

Эксперименты свидетельствуют о том, что амплитуды вибрации в направлении оси *z* находятся на уровне поперечной чувствительности датчика КД35а. Поэтому эти вибрации не следует включать в число диагностических параметров. Выявлено, что сдвиг фаз виброперемещений по одноименным осям во всех точках измерения равен нулю. Проекции на горизонтальную плоскость траекторий всех точек измерения вибраций близки круговым.

Результаты диагностирования сепаратора А1-БИС-100
Результаты измерений диагностических параметров приведены в таблицах 3 и 4 и на рисунках 4...7. Из сопоставления полученных данных с эталонными значениями можно заключить, что эффективные и пиковые значения виброперемещений и виброускорений точек ситового кузова диагностируемого сепаратора близки приведенным в эталонной диагностической сигнатуре (см. табл. 1 и 3), хотя у диагностируемой машины они несколько выше.

1. Эталонная диагностическая сигнатура для сепаратора А1-БИС-100

Номер точки	Ось											
	x						y					
	виброперемеще- ние, мм			виброускорение, м/с ²			виброперемеще- ние, мм			виброускорение, м/с ²		
	ξ_1	$\hat{\xi}_1$	ξ_2 V	a_1	\hat{a}_1	a_2 V	ξ_1	$\hat{\xi}_1$	ξ_2 V	a_1	\hat{a}_1	a_2 V

Холостой ход

1'	7,6	11,5	11,0	13,0	27	28	7,2	11,0	11,0	12,5	18	19,5
2'	7,3	11,0	11,0	14,0	31	29	7,8	11,5	11,5	13,0	19	19,0
4'	7,1	11,0	11,0	13,0	20	23	7,4	11,5	11,5	13,0	22	22,0
5'	7,6	11,5	11,5	13,5	24	24	7,8	11,5	11,5	13,0	20	20,0

Под нагрузкой

1'	6,6	9,3	9,3	12,0	22	25	7,0	9,6	9,8	11,5	15	17,5
3'	7,0	9,8	9,8	13,0	30	30	6,3	8,8	9,2	11,5	17	16,5
6'	6,8	9,6	9,6	11,5	16	16	6,0	8,7	8,6	10,0	14	14,0

2. Эталонные спектры виброперемещений ξ и виброускорений a для точки 1' ситового кузова сепаратора А1-БИС-100 при работе на холостом ходу

Среднегеометри- ческая частота октавной полосы, Гц	Ось			
	x		y	
	ξ , мм	a , м/с ²	ξ , мм	a , м/с ²
4	3,70	6,4	3,80	6,40
8	6,40	11,0	6,40	11,00
16	0,35	0,5	0,36	0,54
31,5	0,02	0,1	0,02	0,19
63	0	0,7	0	0,38
125	0	3,2	0	0,52
250	0	2,7	0	1,30
500	0	1,8	0	1,20
1000	0	1,3	0	0,44
2000	0	0,8	0	0,40
4000	0	0,5	0	0,32
8000	0	0,9	0	0,44
16000	0	0,3	0	0,20

3. Реальная диагностическая сигнатура для сепаратора А1-БИС-100

Номер точки	Ось											
	x						y					
	виброперемеще- ние, мм			виброускорение, м/с ²			виброперемеще- ние, мм			виброускорение, м/с ²		
	\sim ξ_1	\wedge ξ_2	\vee ξ_3	\sim a_1	\wedge a_2	\vee a_3	\sim ξ_1	\wedge ξ_2	\vee ξ_3	\sim a_1	\wedge a_2	\vee a_3

Холостой ход

1'	7,8	—	—	13	27,5	28	8,0	12	12,5	13	28	28
2'	8,3	13	13	15	24,0	25	8,6	13	14,5	15	22	22
4'	7,8	12	12	18	40,0	44	8,2	12,5	12,5	14	24	25
5'	8,5	13,5	13	15	24,0	24	8,6	13	12,5	15	25	23

Под нагрузкой

1'	7,6	11	10,5	12	29	27	7,2	11	10,5	12,0	25	26
3'	7,2	22	18,0	11	23	32	7,0	11	10,0	11,5	21	20
6'	7,8	11	11,0	13	23	22	6,8	11	10,0	11,5	23	18

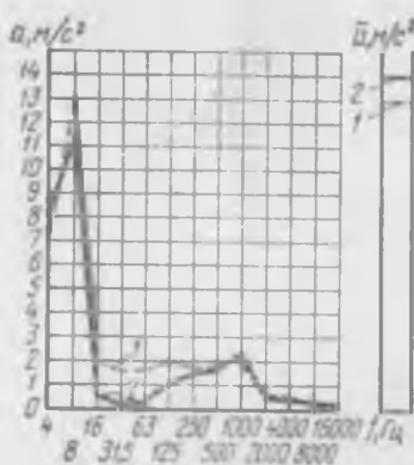


Рис. 4. Спектрограммы виброускорений точки 1' сепаратора А1-БИС-100 в направлении оси x при работе сепаратора на холостом ходу:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 14 мес.

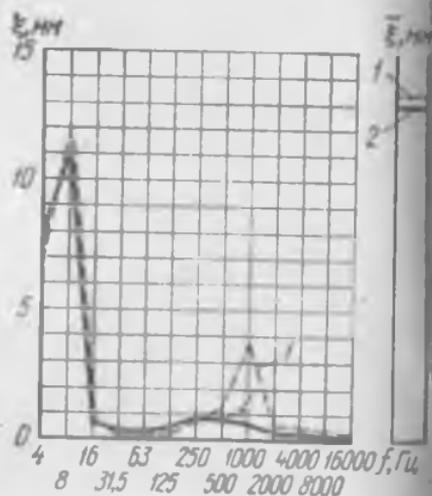


Рис. 5. Спектрограммы виброускорений точки 1' сепаратора А1-БИС-100 в направлении оси y при работе сепаратора на холостом ходу:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 14 мес.

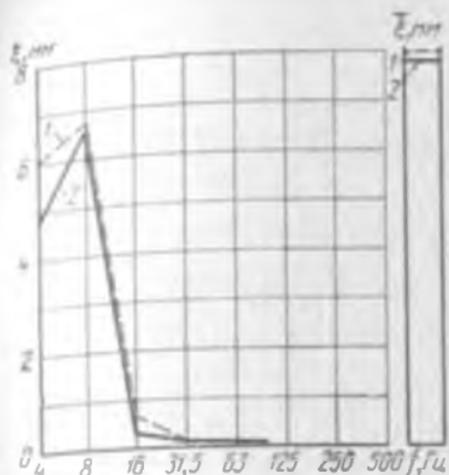


Рис. 6. Спектрограммы виброперемещений точки 1' сепаратора А1-БИС-100 в направлении оси x на холостом ходу:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 14 мес.

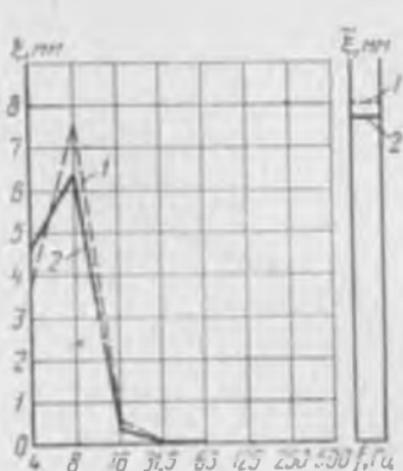


Рис. 7. Спектрограммы виброперемещений точки 1' сепаратора А1-БИС-100 в направлении оси y на холостом ходу:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 14 мес.

Причину этого легко установить, сравнив данные таблицы 2 и рисунков 4...7. Спектральные характеристики виброперемещений ξ отличаются практически лишь в октавной полосе со среднегеометрической частотой 8 Гц, т.е. именно в той полосе, в которой лежит частота вынужденных колебаний ситового кузова, равная частоте вращения шкива 3 (см. рис. 3) с закрепленными грузами, создающими дисбаланс. Отсюда следует, что указанное отличие обусловлено подбором грузов. Поскольку при таком подборе грузов машина А1-БИС-100 работала устойчиво, выявленное при диагностировании отклонение от диагностической сигнатуры допустимо.

Очень важно то, что эффективные и пиковые значения виброускорений в исследованных точках кузова близки, что свидетельствует об одинаковой нагруженности эталонной и диагностируемой машин. Отсутствие существенных подъемов составляющих виброускорений, полученное при спектральном анализе (см. табл. 2 и рис. 4...7), указывает на работу сепаратора без соударений в кинематических парах.

В целом диагностирование позволило сделать вывод о соответствии исследуемого сепаратора эталонной диагностической сигнатуре.

Представляет также интерес повторное применение методов технической диагностики для оценки того же самого сепаратора после длительной эксплуатации. В качестве примера в таблице 4 приведены параметры вибраций точек 1' и 2' ситового кузова в начале и после 14 месяцев эксплуатации, а на рисунках 4...7 — спектрограммы виброускорений и виброперемещений точки 1'. На правой части этих рисунков (так же как и на всех последующих спектрограммах) приведены в виде столбиков диаграммы эффективных значений вибрационных параметров.

4. Параметры вибраций сепаратора А1-БИС-100 при работе на холостом ходу

Измеряемый параметр	В начале эксплуатации		После 14 мес эксплуатации	
	номер точки			
	1'	2'	1'	2'
x Виброперемещение, мм:				
$\tilde{\xi}_2$	7,8	8,3	7,8	8,2
$\wedge \xi_2$	—	13,0	12,0	12,5
$\vee \xi_2$	—	13,0	12,0	12,3
Виброускорение, м/с ² :				
\tilde{a}_2	13,0	15	14,0	14,2
$\wedge a_2$	27,5	24	28,0	28,0
$\vee a_2$	28,0	25	26,0	28,0
y Виброперемещение, мм:				
$\tilde{\xi}_2$	8,0	8,6	7,8	8,2
$\wedge \xi_2$	12,0	13,0	12,0	12,5
$\vee \xi_2$	12,5	14,5	11,8	12,3
Виброускорение, м/с ² :				
\tilde{a}_2	13	15	13,3	13,8
$\wedge a_2$	28	22	19,5	23,0
$\vee a_2$	28	22	20,0	25,0

Легко заметить, что у сепаратора А1-БИС-100 за указанное время эксплуатации проекции на горизонтальные оси x и y величин пиковых и эффективных значений виброперемещений и виброускорений практически не изменились, за исключением пиковых значений виброускорения по оси y точки I' , которые уменьшились примерно в 1,2...1,6 раза. Это свидетельствует о более плавной работе машины после ее приработки.

• СЕПАРАТОР А1-БИС-12

Эталонная сигнатура. Поскольку сепараторы А1-БИС-12 и А1-БИС-100 имеют аналогичную конструкцию, методический подход к выбору точек измерения вибраций и к определению эталонной диагностической сигнатуры для них одинаков. Эталонная сигнатура для сепаратора А1-БИС-12 приведена в таблицах 5 и 6. Амплитуды вибраций в направлении оси z находятся на уровне поперечной чувствительности датчика КД-35а и поэтому не включены в диагностические параметры.

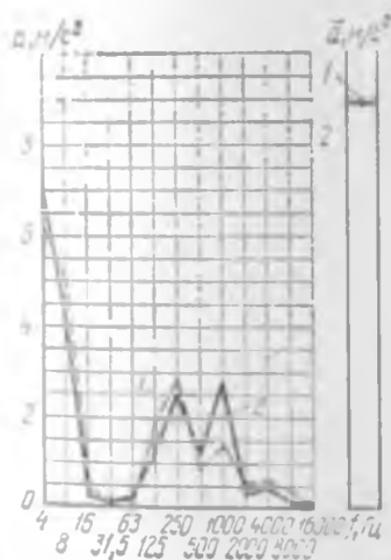


Рис. 8. Спектрограммы виброускорений точки I' сепаратора А1-БИС-12 в направлении оси x при работе сепаратора на холостом ходу:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 13 мес.

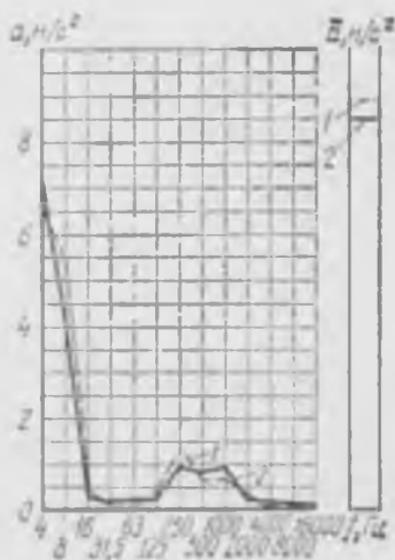


Рис. 9. Спектрограммы виброускорений точки I' сепаратора А1-БИС-12 в направлении оси y при работе сепаратора на холостом ходу:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 13 мес.

5. Эталонная диагностическая сигнатура для сепаратора А1-БИС-10

8	Измеряемый параметр	Номер точки			
		1*	2*	3*	4*
Холостой ход					
x	Виброперемещение, мм:				
	\sim ξ_3	6,4	—	—	—
	\wedge ξ_3	9,1	—	—	—
	ξ_3 \vee	9,1	—	—	—
	Виброускорение, м/с ² :				
	\sim a_3	8,4	—	—	—
	\wedge a_3	24,0	—	—	—
	a_3 \vee	21,0	—	—	—
y	Виброперемещение, мм:				
	\sim ξ_3	7,3	—	—	—
	\wedge ξ_3	11,0	—	—	—
	ξ_3 \vee	11,0	—	—	—
	Виброускорение, м/с ² :				
	\sim a_3	8,3	—	—	—
	\wedge a_3	19,5	—	—	—
	a_3 \vee	17,0	—	—	—
Под нагрузкой					
x	Виброперемещение, мм:				
	\sim ξ_3	6,4	6,7	6,8	6,8
	\wedge ξ_3	9,1	9,4	9,4	9,6
	ξ_3 \vee	9,1	9,4	9,5	9,6
	Виброускорение, м/с ² :				
	\sim a_3	8,3	9,2	8,5	10,5
	\wedge a_3	24,0	32,0	45,0	30,0
	a_3 \vee	21,5	26,0	36,0	30,0

Измеряемый параметр	Номер точки			
	1'	2'	4'	5'

у Виброперемещение, мм:

\sim ξ_2	7,3	7,1	7,3	7,6
\wedge ξ_2	11,0	9,9	11,0	11,5
\vee ξ_2	11,0	10,0	11,0	11,5

Виброускорение, м/с²:

\sim a_2	8,3	8,9	8,0	8,5
\wedge a_2	18,5	26,0	18,5	17,0
\vee a_2	17,0	27,0	15,0	18,0

6. Эталонные спектры виброперемещений ξ и виброускорений a для точки 1' ситового кузова сепаратора А1-БИС-12 при работе на холостом ходу

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Ось			
	x		y	
	ξ , мм	a , м/с ²	ξ , мм	a , м/с ²
0...5,6	5,4	6,30	5,9	6,80
8	3,0	3,70	3,4	4,00
16	0,1	0,20	0,1	0,20
31,5	0	0,05	0	0,04
63	0	0,18	0	0,15
125	0	0,90	0	0,34
250	0	1,30	0	1,60
500	0	2,20	0	1,20
1000	0	2,30	0	0,80
2000	0	0,56	0	0,46
4000	0	0,93	0	0,45
8000	0	1,60	0	0,90
16 000	0	0,38	0	0,75

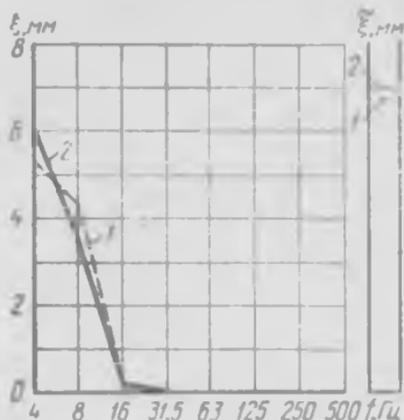


Рис. 10. Спектрограммы виброперемещений точки 1' сепаратора А1-БИС-12 в направлении оси x при работе сепаратора на холостом ходу:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 13 мес.

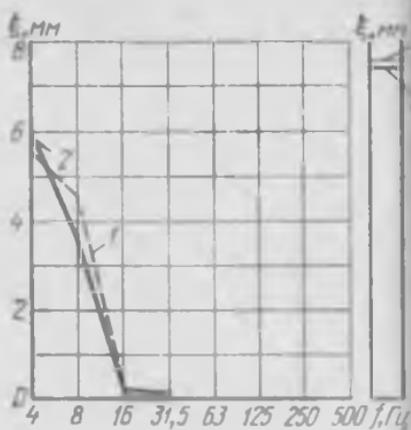


Рис. 11. Спектрограммы виброперемещений точки 1' сепаратора А1-БИС-12 в направлении оси y при работе сепаратора на холостом ходу:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 13 мес.

Сдвиг фаз виброперемещений во всех точках измерений равен нулю.

Результаты диагностирования сепаратора А1-БИС-12. Диагностирование было проведено для новой машины после ее установки в зерноочистительном отделении мукомольного завода и ее обкатки в течение 6 нед. Результаты измерений диагностических параметров приведены в таблице 7 и на рисунках 8...11.

Из данных таблиц 5...7 видно, что вибродиагностические параметры сепаратора А1-БИС-12 практически равны параметрам, содержащимся в эталонной сигнатуре, что свидетельствует об удовлетворительном качестве изготовления и эксплуатации этого сепаратора.

В таблице 8 приведены результаты измерений параметров вибраций точки 1' ситового кузова на холостом ходу сепаратора А1-БИС-12. Период эксплуатации сепаратора между измерениями составил примерно 13 мес.

На рисунках 8...11 представлены спектрограммы виброускорений и виброперемещений точки 1' в направлении осей x и y .

Из сопоставления параметров вибраций (табл. 8), а также из анализа спектрограмм (рис. 8...11) видно, что

7. Реальная диагностическая сигнатура для сепаратора А1-БИС-12

№	Измеряемый параметр	Номер точки			
		1'	2'	4'	5'
Холостой ход					
x	Виброперемещение, мм:				
	$\tilde{\xi}_2$	6,8	—	—	—
	$\hat{\xi}_2$	9,7	—	—	—
	ξ_2	9,8	—	—	—
	Виброускорение, м/с ² :				
	\tilde{a}_2	9,0	—	—	—
	\hat{a}_2	22,5	—	—	—
	a_2	23,0	—	—	—
y	Виброперемещение, мм:				
	$\tilde{\xi}_2$	7,6	—	—	—
	$\hat{\xi}_2$	11,0	—	—	—
	ξ_2	11,5	—	—	—
	Виброускорение, м/с ² :				
	\tilde{a}_2	8,9	—	—	—
	\hat{a}_2	14,0	—	—	—
	a_2	14,5	—	—	—
Под нагрузкой					
x	Виброперемещение, мм:				
	$\tilde{\xi}_2$	6,8	7,2	6,7	7,0
	$\hat{\xi}_2$	11,0	12,5	10,0	11,0
	ξ_2	10,5	11,0	13,0	11,0
	Виброускорение, м/с ² :				
	\tilde{a}_2	9	9,8	10	9,8
	\hat{a}_2	21	24,0	24	27,0
	a_2	21	28,0	25	27,0

№	Измеряемый параметр	Номер точки			
		1'	2'	4'	5'
y	Виброперемещение, мм:				
	$\tilde{\xi}_2$	7,5	8,4	7,8	7,9
	$\hat{\xi}_2$	11,5	12,0	13,5	13,0
	$\check{\xi}_2$	11,0	12,0	13,0	13,0
	Виброускорение, м/с ² :				
	\bar{a}_2	8,9	10,5	9,2	9,7
	\hat{a}_2	20,0	15,0	22,0	17,0
	\check{a}_2	14,0	23,0	21,0	19,0

8. Параметры вибраций точки 1' сепаратора А1-БИС-12 при работе на холостом ходу

№	Измеряемый параметр	В начале	После 13 мес
		эксплуатации	эксплуатации
x	Виброперемещение, мм:		
	$\tilde{\xi}_2$	6,8	7,0
	$\hat{\xi}_2$	9,7	9,7
	$\check{\xi}_2$	9,8	9,8
	Виброускорение, м/с ² :		
	\bar{a}_2	9,0	9
	\hat{a}_2	22,5	20
	\check{a}_2	23,0	20
	y	Виброперемещение, мм:	
$\tilde{\xi}_2$		7,6	7,4
$\hat{\xi}_2$		11,0	11,0
$\check{\xi}_2$		11,5	11,0

Ось	Измеряемый параметр	В начале эксплуатации	После 13 мес эксплуатации
y	Виброускорение, м/с ² :		
	\bar{a}_z	8,9	8,6
	$\wedge a_z$	14,0	14,5
	$\vee a_z$	14,5	14,5

параметры вибраций точки 1' ситового кузова за 13 мес практически не изменились, что свидетельствует о стабильности технических характеристик машины.

Глава 3

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ КАМНЕОТДЕЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ РЗ-БКТ

Объект диагностирования. Камнеотделительная машина РЗ-БКТ предназначена для очистки зерна от трудноотделимых минеральных примесей в зерноочистительном отделении мукомольного завода. В основу рабочего процесса положено сочетание восходящего воздушного потока с колебаниями сортирующей поверхности — вибропневматический принцип разделения сыпучих смесей.

Камнеотделительная машина (рис. 12) состоит из приемного устройства 1, вибростола 10 с декой, вибратора 2, вытяжного диффузора 8, заканчивающегося патрубком 9. Вибростол установлен на основании 3 с помощью цилиндрических винтовых пружин 4 и стойки 7. Последняя шарнирно связана с подпружиненным уголком 6, который закреплен на колонке 5. Внутри колонки смонтировано устройство, позволяющее менять угол наклона « вибростола к горизонту.

Вибратор представляет собой электродвигатель, на концах вала ротора которого закреплены неуравновешенные грузы. Вибратор установлен в середине горизонтальной стальной трубы, концы которой опираются на пружины 4. Сверху вибростол закрыт прозрачной крышкой, позволяющей наблюдать за технологическим процессом и

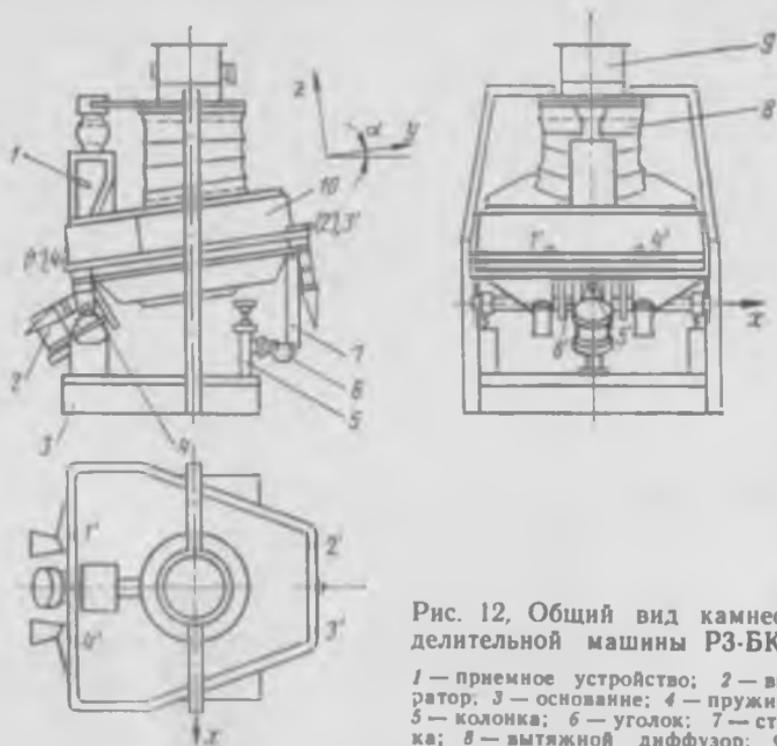


Рис. 12. Общий вид камнеотделительной машины РЗ-БКТ:

- 1 — приемное устройство; 2 — вибратор; 3 — основание; 4 — пружина; 5 — колонка; 6 — уголок; 7 — стойка; 8 — вытяжной диффузор; 9 — патрубок; 10 — вибростол.

обеспечивающей герметичность. Под крышкой вибростола установлена дека — основной рабочий орган камнеотделительной машины. Сверху к деке приклеена металлотканая сетка, снизу крепится днище с отверстиями, через которые проходит снизу вверх засасываемый вентилятором воздух.

Разделение зерна и минеральных примесей происходит следующим образом. Под действием колебаний и аэрации воздухом зерновая смесь переходит в состояние псевдооживления. В таких условиях происходит интенсивное самосортирование: тяжелые минеральные частицы опускаются вниз на сортирующую поверхность деки, а зерно остается в верхних слоях. Кинематические параметры, угол наклона и коэффициент трения сортирующей поверхности, нагрузка подобраны так, что нижний слой, имеющий наибольшее сцепление с сортирующей поверхностью, движется вверх против наклона деки. Верхний слой, не подверженный транспортирующему воздействию деки, течет как жидкость под уклон и разгружает-

ся в нижней широкой части деки. Минеральные примеси с зерном выводятся через два суженных конца деки.

Легкие примеси уносятся воздухом и отделяются в фильтре.

Эталонная сигнатура. При диагностировании принята следующая система координат (см. рис. 12): ось x горизонтальна и перпендикулярна плоскости симметрии машины; ось y направлена вдоль плоскости деки и лежит в плоскости симметрии машины; ось z перпендикулярна плоскости деки.

9. Эталонная диагностическая сигнатура для камнеотделительной машины РЗ-БКТ

№	Измеряемый параметр	Номер точки					
		1'	2'	3'	4'	5'	6'
x	Виброперемещение, мм:						
	$\tilde{\xi}_0$	0,12	0,11	0,13	0,12	2,0	0,06
	$\wedge \xi_0$	0,20	0,19	0,19	0,17	2,8	0,11
	$\nabla \xi_0$	0,20	0,15	0,24	0,18	2,8	0,11
	Виброускорение, м/с ² :						
	\tilde{a}_2	2,7	1,4	1,3	2,6	—	—
	$\wedge a_2$	10,0	7,0	6,4	10,0	—	—
	∇a_2	10,0	7,0	5,4	10,0	—	—
	y	Виброперемещение, мм:					
$\tilde{\xi}_0$		1,15	1,3	1,35	1,10	1,40	—
$\wedge \xi_0$		1,65	1,8	1,90	1,55	1,95	—
$\nabla \xi_0$		1,65	1,75	1,90	1,55	1,95	—
Виброускорение, м/с ² :							
\tilde{a}_2		12,5	14,5	14,5	12,5	—	—
$\wedge a_2$		27,0	21,0	21,0	27,0	—	—
∇a_2		27,5	21,5	21,0	27,0	—	—

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки					
		1'	2'	3'	4'	5'	6'

z Виброперемещение, мм:

\sim $\varepsilon_{\text{св}}$	1,2	0,94	0,98	1,25	0,28	—
\wedge $\varepsilon_{\text{св}}$	1,7	1,35	1,45	1,70	0,40	—
\vee $\varepsilon_{\text{св}}$	1,7	1,35	1,45	1,70	0,40	—

Виброускорение, м/с²:

\sim a_2	14	10	11	14,5	—	—
\wedge a_2	26	16	15	28,0	—	—
\vee a_2	29	14	15	29,0	—	—

10. Эталонная диагностическая сигнатура для точки 1' камнеотделительной машины РЗ-БКТ при работе на холостом ходу

Измеряемый параметр	Ось		
	x	y	z

Виброперемещение, мм:

\sim $\varepsilon_{\text{св}}$	0,14	1,10	1,3
\wedge $\varepsilon_{\text{св}}$	0,21	1,55	1,0...2,0
\vee $\varepsilon_{\text{св}}$	0,21	1,55	1,8

Виброускорение, м/с²:

\sim a_2	1,8	12,2	14,5
\wedge a_2	4,0	19,0	23,0
\vee a_2	4,0	17,0	23,0

Места установки датчиков на вибростоле показаны на рисунке 12 кружками и цифрами 1'...4'; точка 5' находится на кронштейне мотора-вибратора на расстоянии 80 мм от оси шарнира кронштейна; точка 6' расположена на косынке, предназначенной для крепления трубы, связывающей мотор-вибратор с вибростолом. Точки, находящиеся за плоскостью рисунка, обозначены цифрами со штрихами в скобках.

При выборе точек установки датчиков принято во внимание следующее. Правильность движения продукта по деке вибростола зависит от закона его движения. Достаточный объем информации об этом законе может быть получен с датчиков в точках 1'...4'. Напряженное состояние станины и нагруженность привода могут быть объяснены параметрами вибраций в точках 5' и 6'.

Эталонная сигнатура включает в себя эффективные и пиковые значения виброперемещений и виброускорений указанных точек по осям x , y , z при работе машины под нагрузкой (табл. 9), виброперемещений и виброускорений точки 1' по осям x , y , z при работе на холостом ходу (табл. 10) и спектры виброперемещений и виброускорений точки 1' по осям y и z (табл. 11).

Из данных таблиц 9 и 10 следует, что амплитуда колебаний вибростола в поперечном направлении (по оси x) на порядок ниже амплитуд колебаний по осям y и z и точность измерений вдоль оси x во многом определяется поперечной чувствительностью датчика KD35а. Это приводит к необходимости строго следить за выполнением всех предписаний инструкций по эксплуатации виброизмерительных приборов в части предупреждения влияния поперечной чувствительности датчиков.

Результаты диагностирования камнеотделительной машины РЗ-БКТ. Ниже приведены результаты диагностирования камнеотделительной машины РЗ-БКТ в начале эксплуатации после монтажа на мукомольном заводе (табл. 12,13). Из данных таблиц 12 и 13 видно, что эффективные значения виброперемещений и виброускорений по осям y и z точек вибростола близки соответствующим значениям эталонной сигнатуры. Также близки соответствующие значения виброперемещений и виброускорений точки 1' в направлении осей y и z для октавных полос, в которых проводился частотный анализ. Параметры колебаний в точках 1' и 4', а также в точках 2' и 3' попарно близки.

11. Эталонные спектры виброперемещений ξ и виброускорений a для точки 1' вибростола камнеотделительной машины РЗ-БКТ при работе под нагрузкой

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Ось			
	y		z	
	ξ , мм	a , м/с ²	ξ , мм	a , м/с ²
8	0,11	1,20	0,15	1,40
16	1,05	12,20	1,10	13,00
31,5	0,14	1,70	0,14	2,50
63	0,01	0,50	0,01	0,85
125	0	0,40	0	0,60
250	0	0,10	0	0,15
500	0	0,70	0	0,70
1000	0	0,99	0	1,10
2000	0	1,20	0	0,56
4000	0	1,00	0	0,56
8000	0	3,40	0	2,20
16 000	0	1,10	0	1,70

12. Реальная диагностическая сигнатура для камнеотделительной машины РЗ-БКТ при работе под нагрузкой

ξ	Измеряемый параметр	Номер точки					
		1'	2'	3'	4'	5'	6'
Виброперемещение, мм:							
x	ξ_0	0,071	0,03	0,08	0,042	1,8	0,03...0,05
	$\Delta \xi_0$	0,14	0,06	0,16	0,09	2,5	0,06...0,10
	$\nabla \xi_0$	0,14	0,065	0,17	0,07	2,5	0,06...0,10
Виброускорение, м/с ² :							
x	a_2	2,1	1,4	1,8	1,2	—	—
	Δa_2	9,6	10,0	8,5	4,5	—	—
	∇a_2	9,6	12,0	4,5	4,5	—	—
Виброперемещение, мм:							
y	ξ_0	1,40	1,35	1,35	1,15	1,35	—
	$\Delta \xi_0$	1,98	1,95	1,90	1,60	1,90	—
	$\nabla \xi_0$	1,96	1,95	1,90	1,60	1,90	—

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки					
		1'	2'	3'	4'	5'	6'
y	Виброускорение, м/с ² :						
	\bar{a}_2	16	15	15	13,0	—	—
	$\wedge a_2$	32	30	25...27	19,5	—	—
	a_2	26	25	24	20,0	—	—
	\bar{a}_3						
	$\wedge a_3$						
z	Виброперемещение, мм:						
	$\bar{\xi}_0$	1,0	1,00	0,95	1,05	0,26	—
	$\wedge \xi_0$	1,4	1,45	1,35	1,50	0,50	—
	ξ_0	1,4	1,55	1,40	1,45	0,50	—
	\bar{a}_2						
	$\wedge a_2$						
	Виброускорение, м/с ² :						
	\bar{a}_2	11,5	11	10,5	11	—	—
	$\wedge a_2$	25,0	22	20,0	17	—	—
	a_2	19,0	17	15,0	20	—	—
	\bar{a}_3						
	$\wedge a_3$						

13. Спектры виброперемещений ξ и виброускорений a для точки 1' вибростола камнеотделительной машины РЗ-БКТ при работе под нагрузкой

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Ось			
	y		z	
	ξ , мм	a , м/с ²	ξ , мм	a , м/с ²
8	0,10	1,1	0,11	1,0
16	1,20	13,0	1,17	12,0
31,5	0,14	1,6	0,16	2,6
63	0,01	0,5	0,01	0,7
125	0	0,8	0	0,3
250	0	0,7	0	0,4
500	0	0,8	0	0,4
1000	0	0,7	0	0,5
2000	0	0,4	0	0,6
4000	0	0,6	0	0,9
8000	0	0,7	0	0,6
16 000	0	0,8	0	0,6

11. Эталонные спектры виброперемещений ξ и виброускорений a для точки 1' вибростола камнеотделительной машины РЗ-БКТ при работе под нагрузкой

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Ось			
	y		z	
	ξ , мм	a , м/с ²	ξ , мм	a , м/с ²
8	0,11	1,20	0,15	1,40
16	1,05	12,20	1,10	13,00
31,5	0,14	1,70	0,14	2,50
63	0,01	0,50	0,01	0,85
125	0	0,40	0	0,60
250	0	0,10	0	0,15
500	0	0,70	0	0,70
1000	0	0,99	0	1,10
2000	0	1,20	0	0,56
4000	0	1,00	0	0,56
8000	0	3,40	0	2,20
16 000	0	1,10	0	1,70

12. Реальная диагностическая сигнатура для камнеотделительной машины РЗ-БКТ при работе под нагрузкой

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки					
		1'	2'	3'	4'	5'	6'
x	Виброперемещение, мм:						
	ξ_{10}	0,071	0,03	0,08	0,042	1,8	0,03 ... 0,05
	ξ_{50}	0,14	0,06	0,16	0,09	2,5	0,06 ... 0,10
	ξ_{50}	0,14	0,065	0,17	0,07	2,5	0,06 ... 0,10
	Виброускорение, м/с ² :						
	a_1	2,1	1,4	1,8	1,2	—	—
a_2	9,6	10,0	8,5	4,5	—	—	
a_3	9,6	12,0	4,5	4,5	—	—	
y	Виброперемещение, мм:						
	ξ_{10}	1,40	1,35	1,35	1,15	1,35	—
	ξ_{50}	1,98	1,95	1,90	1,60	1,90	—
	ξ_{50}	1,96	1,95	1,90	1,60	1,90	—

Измеряемый параметр	Номер точки					
	1'	2'	3'	4'	5'	6'
y Виброускорение, м/с ² :						
\bar{a}_y	16	15	15	13,0	—	—
$\wedge a_y$	32	30	25...27	19,5	—	—
∇a_y	26	25	24	20,0	—	—
z Виброперемещение, мм:						
$\bar{\xi}_z$	1,0	1,00	0,95	1,05	0,26	—
$\wedge \xi_z$	1,4	1,45	1,35	1,50	0,50	—
$\nabla \xi_z$	1,4	1,55	1,40	1,45	0,50	—
Виброускорение, м/с ² :						
\bar{a}_z	11,5	11	10,5	11	—	—
$\wedge a_z$	25,0	22	20,0	17	—	—
∇a_z	19,0	17	15,0	20	—	—

13. Спектры виброперемещений ξ и виброускорений a для точки 1' вибростола камнеотделительной машины РЗ-БКТ при работе под нагрузкой

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Ось			
	y		z	
	ξ , мм	a, м/с ²	ξ , мм	a, м/с ²
8	0,10	1,1	0,11	1,0
16	1,20	13,0	1,17	12,0
31,5	0,14	1,6	0,16	2,6
63	0,01	0,5	0,01	0,7
125	0	0,8	0	0,3
250	0	0,7	0	0,4
500	0	0,8	0	0,4
1000	0	0,7	0	0,5
2000	0	0,4	0	0,6
4000	0	0,6	0	0,9
8000	0	0,7	0	0,6
16000	0	0,8	0	0,6

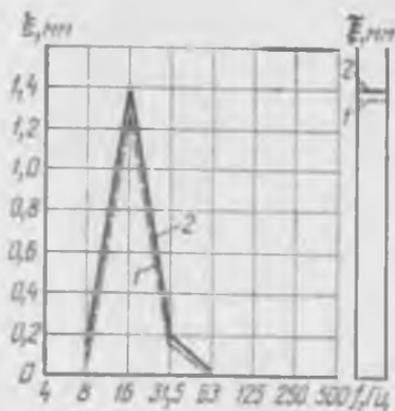


Рис. 13. Спектрограммы виброперемещений точки 2' камнеотделительной машины РЗ-БКТ в направлении оси y при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 9 мес.

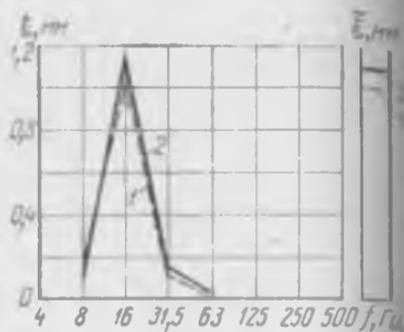


Рис. 14. Спектрограммы виброперемещений точки 2' камнеотделительной машины РЗ-БКТ в направлении оси z при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 9 мес.

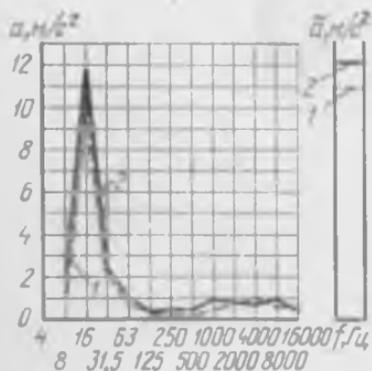


Рис. 15. Спектрограммы виброускорений точки 4' камнеотделительной машины РЗ-БКТ в направлении оси z при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 9 мес.

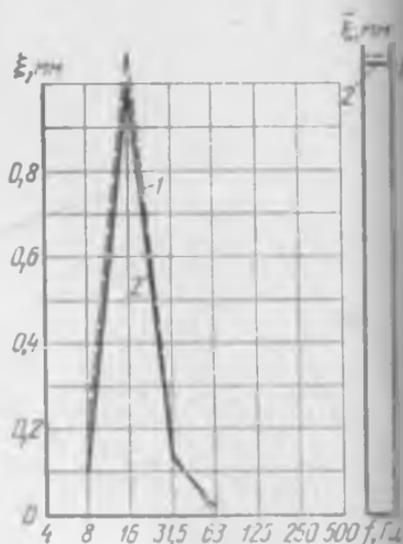


Рис. 16. Спектрограммы виброперемещений точки 4' камнеотделительной машины РЗ-БКТ в направлении оси z при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 9 мес.

Сопоставление результатов измерений параметров вибраций камнеотделительной машины РЗ-БКТ с эталонной диагностической сигнатурой свидетельствует о том, что по принятой совокупности диагностических признаков исследованная машина удовлетворительно соответствует эталонной.

Через 9 мес было повторно проведено диагностирование машины, подтвердившее стабильность характеристик во времени. В качестве примера на рисунках 13...16 показаны спектрограммы виброперемещений и виброускорений точек 2' и 4' вибростола в начале эксплуатации и через 9 мес после первого диагностирования. Практически эти спектрограммы совпадают.

Из анализа рисунков 13...16 следует, что наибольший вклад в виброперемещения и виброускорения вибростола дают составляющие в октавной полосе со среднегеометрической частотой 16 Гц, т. е. параметры виброколебаний вибростола в основном определяются частотой вращения ротора вибратора.

Глава 4

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОБОЕЧНЫХ МАШИН

Обоечные машины предназначены для сухой очистки поверхности зерна пшеницы от пыли, частичного отделения плодовых оболочек, бородки и зародыша в зерноочистительных отделениях современных мукомольных заводов.

В состав комплекта высокопроизводительного мельничного оборудования входят обоечные машины РЗ-БМО-6 и РЗ-БМО-12, имеющие в основном одинаковую конструкцию (рис. 17). Машины устроены и работают следующим образом. В корпусе 1 машины расположен ситовой цилиндр, внутри которого вращается бичевой ротор. Привод ротора осуществляется от электродвигателя 3 через клиноременную передачу 2. Зерно, поступившее самотеком в питающее устройство машины, равномерно распределяется по всей окружности цилиндра. Оно подхватывается отогнутыми концами бичей и движется по спирали вниз между ситовым цилиндром и кромками бичей.

Центробежная сила, создаваемая ротором, много-

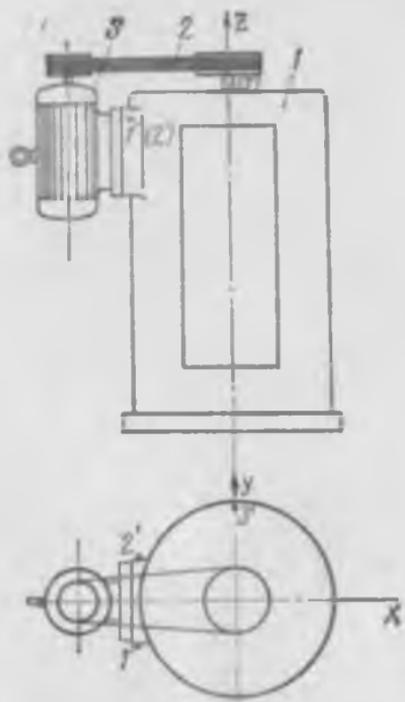


Рис. 17. Общий вид вертикальной обоечной машины:

1 — корпус; 2 — клиноременная передача; 3 — электродвигатель.

кратно отбрасывает зерно к внутренней поверхности ситового цилиндра. Интенсивное трение зерновок между собой и о поверхность ситового цилиндра очищает их поверхность от пыли, надорванных оболочек и частично от зародыша и бородки. В машине РЗ-БМО-6 частицы зерна и оболочек, прошедшие через отверстия ситового цилиндра, падают вниз и вместе с очищенным зерном через разгрузочную воронку выводятся из машины. Смесь зерна с оболочками поступает далее на дополнительную обработку в пневмосепараторы.

В обоечной машине РЗ-БМО-12 очищенное зерно и проходовая фракция выводятся отдельно соответственно через большой и малый конусы разгрузочной воронки.

Из принципа работы обоечных машин следует, что вибрационное состояние их определяется качеством изготовления и балансирования вращающихся деталей: шкивов клиноременной передачи, подшипников и бичевого ротора. Поэтому в качестве диагностических признаков было выбрано вибрационное состояние точек корпуса, расположенных в непосредственной близости от этих деталей. Точки машины, в которых были измерены вибрации, обозначены кружками и цифрами 1' и 2' (рис. 17). Вибрации точек 1'...2' несут информацию как о нагрузках, обусловленных воздействием зерна на бичевой ротор и неуравновешенностью этого ротора и ротора двигателя, так и о техническом состоянии клиноременной передачи и подшипников.

Эталонная сигнатура. Эталонная сигнатура обоечной машины РЗ-БМО-6 содержит параметры вибраций точек $1'$ и $2'$ при работе машины на холостом ходу и под нагрузкой (табл. 14).

Результаты диагностирования обоечной машины РЗ-БМО-6. В таблице 15 представлены параметры вибраций точек $1'$ и $2'$ при работе диагностируемой машины на холостом ходу и под нагрузкой. В таблице 16 приведен спектр виброперемещений точки $3'$ по оси z машины РЗ-БМО-6 при работе на холостом ходу.

Из сопоставления данных таблицы 15 с эталонной сигнатурой (табл. 14) можно заключить следующее. При работе на холостом ходу виброперемещения точек $1'$ и $2'$ по оси x машины РЗ-БМО-6 не превышают виброперемещений соответствующих точек по оси x эталонной машины; виброперемещения точек $1'$ и $2'$ по оси y машины РЗ-БМО-6 превышают в 1,3...2,3 раза виброперемещения соответствующих точек по оси y эталонной машины; виброперемещения точек $1'$ и $2'$ по оси z машины РЗ-БМО-6 превышают до 4,7 раза виброперемещения соответствующих точек по оси z эталонной машины; виброускорения точек $1'$ и $2'$ до 2,3 раза выше виброускорений этих же точек эталонной машины.

Спектральный анализ (см. табл. 16) свидетельствует о том, что наибольший вклад в виброперемещения дают составляющие колебаний в октавной полосе со среднегеометрической частотой 16 Гц, т. е. виброперемещения корпуса машины определяются неуравновешенностью ротора электродвигателя.

При работе под нагрузкой виброперемещения по осям x и z у диагностируемой машины практически одинаковы с их эталонными значениями, содержащимися в таблице 14.

Лишь по оси y виброперемещения точек $1'$ и $2'$ при работе под нагрузкой больше, чем у эталонной машины, до 1,8 раза.

Виброускорения по осям x , y и z этих точек меньше, чем содержащиеся в эталонной сигнатуре.

В таблице 17 представлен спектральный состав виброперемещений точки $1'$ по оси x машины РЗ-БМО-6 при

14. Эталонная диагностическая сигнатура для обочной машины РЗ-БМО-6

Номер точки	Ось								
	x						y		
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²			виброперемещение, мкм		
	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge_{\xi_{20}}$	$\xi_{20} \nabla$	\tilde{a}_2	\wedge_{a_2}	$a_2 \nabla$	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge_{\xi_{20}}$	$\xi_{20} \nabla$
Холостой ход									
1'	15	27	28	1,0	2,2	2,2	10	18	15
2'	15	27	25	1,4	3,0	3,5	15	25	25
Под нагрузкой									
1'	25	30	40	20	50	55	20	40	35
2'	25	35	35	17	45	60	20	30	30

Продолжение

Номер точки	Ось								
	y			z					
	виброускорение, м/с ²			виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	\tilde{a}_2	\wedge_{a_2}	$a_2 \nabla$	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge_{\xi_{20}}$	$\xi_{20} \nabla$	\tilde{a}_2	\wedge_{a_2}	$a_2 \nabla$
Холостой ход									
1'	—	—	—	5,5	9	8	0,6	1,5	1,5
2'	1,2	3	3	3,0	6	5	0,55	1,5	2,0
Под нагрузкой									
1'	50	150	150	9,0	15	15	15	40	40
2'	65	170	150	7,0	9	10	15	60	45

15. Реальная диагностическая сигнатура для обочной машины РЗ-БМО-6

Номер точки	Ось								
	x						y		
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²			виброперемещение, мкм		
	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge_{\xi_{20}}$	$\xi_{20} \nabla$	\tilde{a}_2	\wedge_{a_2}	$a_2 \nabla$	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge_{\xi_{20}}$	$\xi_{20} \nabla$
Холостой ход									
1'	13	25	25	1,3	4,5	4,5	20	35	35
2'	12	23...27	22...27	1,4	4,3	4,4	20	35	35
Под нагрузкой									
1'	24	30	30	5,5	24	26	34	70	65
2'	20	25	25	7,0	25	25	30	45	55

Продолжение

Номер точки	Ось								
	y			z					
	виброускорение, м/с ²			виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	\tilde{a}_2	\wedge_{a_2}	$a_2 \nabla$	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge_{\xi_{20}}$	$\xi_{20} \nabla$	\tilde{a}_2	\wedge_{a_2}	$a_2 \nabla$
Холостой ход									
1'	2	7...8	7...8	5	12	13	0,9	3,3	2,9...3,4
2'	1,1	3,5...4	3,5...4	10...12	20...27	20...27	1,1	3,2...3,8	3,5
Под нагрузкой									
1'	5	18	20	5	8	9	14,0	42	46
2'	14	40	40	8	12	15	5,5	20	20

работе под нагрузкой. Данные этой таблицы подтверждают вывод, сделанный на основании анализа данных таблицы 16.

16. Спектр виброперемещений точки Z' по оси z вертикальной обоечной машины РЗ-БМО-6 при работе на холостом ходу

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Виброперемещение ξ , мкм
4	1...3
8	0,7
16	7,0
31,5	0,5
63 и более	0

17. Спектр виброперемещений точки I' по оси x вертикальной обоечной машины РЗ-БМО-6 при работе под нагрузкой

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Виброперемещение ξ , мкм	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Виброперемещение ξ , мкм
4	1,5	125	0,4
8	5,0	250	0,2
16	20,0	500	0,1
31,5	3,0	1000 и более	0
63	0,5		

Таким образом, недостаточная балансировка вала электродвигателя в сборе со шкивом является источником несколько повышенной вибрации корпуса машины

18. Реальная диагностическая сигнатура для обоечной машины РЗ-БМО-6 через 10 мес ее эксплуатации (виброускорения в m/s^2 точек I' и $2'$) при работе под нагрузкой

Номер точки	Ось								
	x			y			z		
	\bar{a}_1	$\wedge a_2$	$a_2 \vee$	\bar{a}_1	$\wedge a_2$	$a_2 \vee$	\bar{a}_1	$\wedge a_2$	$a_2 \vee$
I'	7	23	23	9	32	32	5,5	16	16
$2'$	10	32	32	28	85	85	10,0	32	32

РЗ-БМО-6. Поэтому при серийном изготовлении машин следует точнее проводить балансировку электродвигателя в сборе со шкивом клиноременной передачи.

В целом, судя по результатам диагностирования, машина РЗ-БМО-6 изготовлена удовлетворительно.

В таблице 18 представлены диагностические параметры вибраций точек 1' и 2' машины РЗ-БМО-6 через 10 мес ее эксплуатации, измеренные при работе под нагрузкой.

Сравнение данных таблиц 15 и 18 показывает, что в основном виброускорения точек 1' и 2', измеренные через 10 мес эксплуатации машины, возросли до 2,1 раза.

На рисунке 18 показаны спектрограммы виброускорений точки 1' в направлении оси x при работе машины под нагрузкой в начале эксплуатации и через 10 мес. Можно отметить, что на низких частотах (до 125 Гц) спектры виброускорений практически одинаковы. На высоких частотах (за исключением октавной полосы 1000 Гц) увеличиваются виброускорения в последних измерениях, что может свидетельствовать о процессах износа, а также о некотором ослаблении крепления.

Отметим, что у вертикальной обочной машины РЗ-БМО-6 через 10 мес ее эксплуатации увеличивается звуковое давление в области высоких частот (см. гл. 14), что подтверждает изложенный выше вывод, полученный на основании анализа спектрограммы ускорений.

Из данных таблиц 14 и 18 видно, что машина РЗ-БМО-6 через 10 мес эксплуатации не уступает по виброускорениям эталонной.

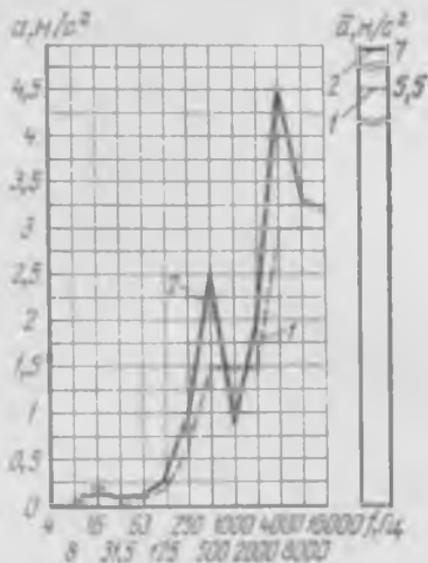


Рис. 18. Спектрограммы виброускорений точки 1' в направлении оси x вертикальной обочной машины РЗ-БМО-6 при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 10 мес.

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ОБОЕЧНАЯ МАШИНА РЗ-БМО-12

Принцип выбора точек измерения вибраций при диагностировании такой же, как у машины РЗ-БМО-6.

Эталонная сигнатура. Эталонная сигнатура обоечной машины РЗ-БМО-12 содержит параметры вибраций точек 1' и 2' при работе на холостом ходу и под нагрузкой (табл. 19), а также спектр виброперемещений точки 2' (по оси y) машины при работе под нагрузкой (табл. 20).

19. Эталонная диагностическая сигнатура для обоечной машины РЗ-БМО-12 (виброускорения в m/s^2)

Номер точки	Ось								
	x			y			z		
	$\sim a_1$	$\wedge a_2$	∇a_3	$\sim a_1$	$\wedge a_2$	∇a_3	$\sim a_1$	$\wedge a_2$	∇a_3
Холостой ход									
1'	0,8	2,5	2,5	1,5	5	4,5	0,5	1,5	1,7
2'	0,8	2,8	2,8	1,4	4	4,0	0,5	1,5	1,5
Под нагрузкой									
1'	17	50	50	45	120	120	13	40	40
2'	15	45	50	50	150	140	14	40	40

20. Эталонный спектр виброперемещений для точки 2' по оси y обоечной машины РЗ-БМО-12 при работе под нагрузкой

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Виброперемещение ξ , мкм
4	30
8	50
16	10
31,5	2
63 и более	0

Анализ данных таблицы 20 показывает, что наибольший вклад в виброперемещения дают составляющие колебаний в октавной полосе со среднегеометрической частотой 8 Гц, т. е. виброперемещения корпуса машины в значительной степени определяются вращением бичевого ротора машины в сборе со шкивом.

Результаты диагностирования обоечной машины РЗ-БМО-12. В таблице 21 приведены данные реальной

диагностической сигнатуры обочной машины РЗ-БМО-12. Сопоставление данных таблиц 19 и 21 показывает, что при работе на холостом ходу виброускорения машины РЗ-БМО-12 превышают эталонные в 2...5,3 раза, что свидетельствует о наличии в машине дополнительных ударов.

21. Реальная диагностическая сигнатура для обочной машины РЗ-БМО-12 (виброускорения в m/c^2)

Номер точки	Ось								
	x			y			z		
	$\sim a_1$	$\wedge a_2$	$a_3 \sqrt{\vee}$	$\sim a_1$	$\wedge a_2$	$a_3 \sqrt{\vee}$	$\sim a_1$	$\wedge a_2$	$a_3 \sqrt{\vee}$
Холостой ход									
1'	2,0	6	8	1,8	5	5	2	8	8,0
2'	2,8	9	8	3,0	9	10	2	7	6,5
Под нагрузкой									
1'	10	30	30	10	30	30	28	90	100
2'	9	30	30	26	85	85	9	25	25

При работе под нагрузкой виброускорения машины РЗ-БМО-12 меньше эталонных значений, за исключением виброускорений точки 1' по оси z, где виброускорения превышают эталонные в 2,2...2,5 раза. Таким образом, в машине РЗ-БМО-12 нагрузка в меньшей степени сказывается на вибрационном состоянии машины.

В таблице 22 представлены диагностические параметры машины РЗ-БМО-12.

Сопоставление данных таблиц 21 и 22 свидетельствует о том, что через 11 мес эксплуатации вибрационное

22. Реальная диагностическая сигнатура для обочной машины РЗ-БМО-12 через 11 мес эксплуатации (виброускорения в m/c^2 точек 1' и 2') при работе под нагрузкой

Номер точки	Ось								
	x			y			z		
	$\sim a_1$	$\wedge a_2$	$a_3 \sqrt{\vee}$	$\sim a_1$	$\wedge a_2$	$a_3 \sqrt{\vee}$	$\sim a_1$	$\wedge a_2$	$a_3 \sqrt{\vee}$
1'	2,4	7,0	7,5	1,2	3,2	3,2	2,7	8,5	8,5
2'	9,0	30	30,0	25,0	75,0	75,0	7,5	22,0	23,0

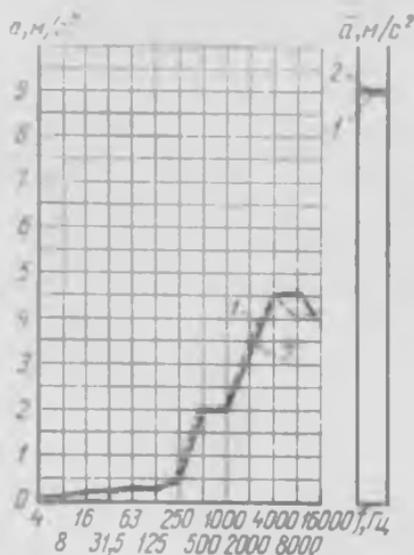


Рис. 19. Спектрограммы виброускорений точки 2' в направлении оси x вертикальной обочной машины РЗ-БМО-12 при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 11 мес.

состояние машины несколько улучшилось. За время эксплуатации машины и при ее техническом обслуживании возникли процессы, сопровождавшиеся приработкой элементов и снижением уровня вибраций.

Спектрограммы, представленные на рисунке 19, свидетельствуют о том, что за время эксплуатации машины РЗ-БМО-12 распределение вибраций по различным частотам в контрольной точке существенно не изменилось.

Глава 5

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МАШИНЫ А1-БМШ

Машина А1-БМШ предназначена для предварительного увлажнения зерна, отделения примесей и частичного снятия наружной оболочки в процессе подготовки зерна к помолу.

Машина работает следующим образом. Вода и зерно одновременно подаются в приемный патрубок 1 (рис. 20). Зерно подхватывается гонками, установленными на непрерывно вращающемся бичевом роторе. Гонки установлены под углом 40° к горизонту. Зерно при перемещении вверх к выводному патрубку многократно отбрасывается от гонков и ударяется о внутреннюю поверхность ситового цилиндра. В результате ударного воздействия и интенсивного взаимного трения поверхность зерна очищается от минеральных загрязнений, надорванных оболочек, частично от зародыша и бородки. С поверхности зерна удаляется избыточная влага. Таким образом, зерно в процессе обработки последовательно про-

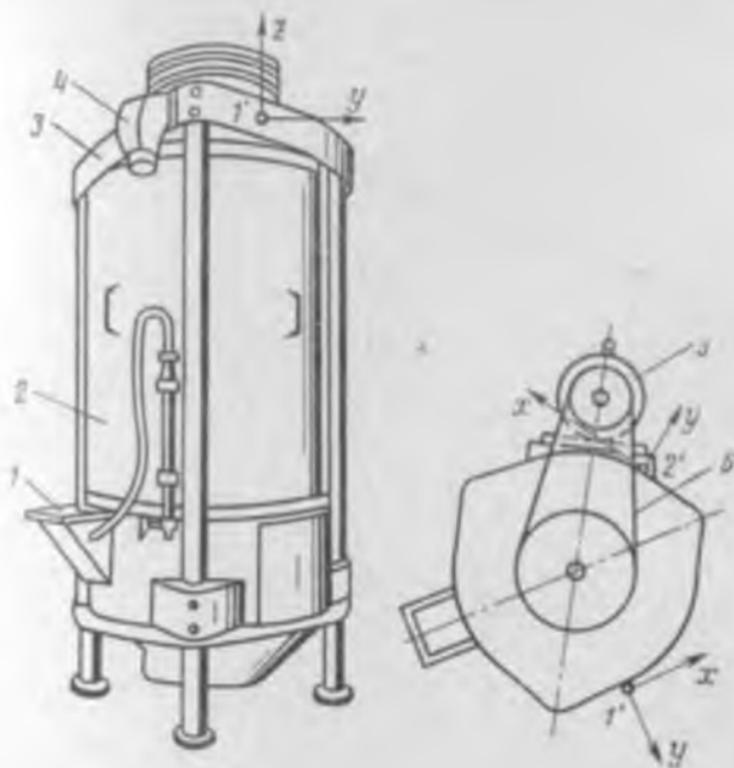


Рис. 20. Общий вид машины А1-БМШ для мокрого шелушения зерна:

1 — приемный патрубкок; 2 — основание корпуса; 3 — крышка;
4 — выпускной патрубкок; 5 — электродвигатель; 6 — клиноременная передача.

ходит мойку, отжим и шелушение. После обработки оно выбрасывается в выпускной патрубкок 4. Оболочечные частицы в зоне шелушения проходят через чешуйчатые отверстия ситового цилиндра и падают вниз, а частицы, осевшие на поверхность кожуха и сита, периодически смываются водой и выводятся вместе с основной массой отходов через кольцевой конусный канал.

Ротор вращается в верхней и нижней подшипниковых опорах, которые крепятся соответственно к крышке 3 и основанию корпуса 2. Привод ротора осуществляется от электродвигателя 5 через клиноременную передачу 6.

Эталонная сигнатура. Из принципа работы машины следует, что ее вибрационное состояние определяется качеством изготовления и балансирования вращающихся деталей: шкивов клиноременной передачи, подшипников и бичевого ротора. Поэтому в качестве диагностических

признаков выбраны параметры вибрации точек корпуса, расположенных в непосредственной близости от этих деталей. Точки машины, в которых при диагностировании измеряют вибрации, обозначены кружками и арабскими цифрами со штрихами. Точки измерения 1' и 2' расположены на крышке, здесь же изображена система координатных осей x, y, z .

Эталонная сигнатура машины А1-БМШ содержит параметры колебаний точек 1' и 2' при работе на холостом ходу и под нагрузкой (табл. 23).

23. Эталонная диагностическая сигнатура для машины А1-БМШ (виброускорения в m/s^2)

Номер точки	Ось								
	x			y			z		
	\tilde{a}_{10}	Δa_{10}	a_{10} V	\tilde{a}_{10}	Δa_{10}	a_{10} V	\tilde{a}_{10}	Δa_{10}	a_{10} V
Холостой ход									
1'	0,35	0,9	0,9	0,4	1,2	1,2	0,35	1,0	0,8
2'	0,32	1,0	0,8	1,0	2,5	2,5	0,7	1,7	1,7
Под нагрузкой									
1'	6,5	27	27	16	50	50	8	25	25
2'	7,5	28	28	19	63	63	9	25	22

Результаты диагностирования машины А1-БМШ. Были измерены параметры вибраций тех точек машины А1-БМШ, которые содержатся в эталонной сигнатуре. Результаты измерений приведены в таблице 24.

24. Реальная диагностическая сигнатура для машины А1-БМШ (виброускорения в m/s^2)

Номер точки	Ось								
	x			y			z		
	\tilde{a}_{10}	Δa_{10}	a_{10} V	\tilde{a}_{10}	Δa_{10}	a_{10} V	\tilde{a}_{10}	Δa_{10}	a_{10} V
Холостой ход									
1'	1,2	3,5	3,5	3,4	8,0	8,0	1,7	5,5	5,5
2'	1,3	3,5...4	4,0	1,7	5,5	5,5	2,2	6,0	7,0
Под нагрузкой									
1'	4,5	15	12	7,0	23	23	5,0	14	13
2'	7,0	28	28	12,0	50	45	5,5	22	22

Из сопоставления данных таблиц 23 и 24 следует, что при работе машины А1-БМШ на холостом ходу виброускорения точек 1' и 2' значительно превышают аналогичные данные эталонной машины. При работе под нагрузкой виброускорения точек 1' и 2' ниже эталонных значений.

В таблице 25 представлены диагностические параметры в точке 1' той же самой машины через 13 мес ее эксплуатации. Сопоставление данных таблиц 24 и 25 показывает, что за это время виброускорения увеличились в 1,3...3,3 раза.

25. Реальная диагностическая сигнатура машины А1-БМШ через 13 мес эксплуатации (параметры вибраций для точки 1') при работе под нагрузкой

Измеряемый параметр	Ось		
	x	y	z
Виброускорение, м/с ² :			
\tilde{a}_{10}	7,3	15	6,5
$\wedge a_{10}$	29,0	75	25,0
$\vee a_{10}$	29,0	75	25,0

В целом техническое состояние машины А1-БМШ можно признать удовлетворительным. Однако возрастание виброускорений свидетельствует о возникновении в машинах динамических явлений, обусловленных износом кинематических пар, сопровождающимся пересопрежением деталей опор в зазорах.

Глава 6

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭНТОЛЕЙТОРОВ

В состав комплекта высокопроизводительного мельничного оборудования входят энтолейторы трех типов: РЗ-БЭЗ, РЗ-БЭР и РЗ-БЭМ. Энтолейтор РЗ-БЭЗ предназначен для уничтожения вредителей хлебных запасов в зерне. Машину используют в зерноочистительном отделении мукомольного завода. Для дополнительного измельчения крупок и дунстов при выработке сортовой муки применяют энтолейтор РЗ-БЭР, его устанавливают

в размольном отделении мукомольного завода. Энтолейтор РЗ-БЭМ используют для обеззараживания муки от вредителей хлебных запасов; его также применяют в размольном отделении мукомольного завода.

ЭНТОЛЕЙТОР РЗ-БЭЗ

Энтолейтор РЗ-БЭЗ состоит из двух основных узлов: ротора и корпуса. Привод ротора осуществляется от электродвигателя 1 (рис. 21) через клиноременную передачу 2. Ротор состоит из двух стальных дисков, между которыми расположены два ряда втулок по 40 шт. Диски соединены между собой винтами через отверстия во втулках. Во избежание отвинчивания каждый винт закернен. Ротор при помощи муфты и крышки посажен на вал энтолейтора. Вал вращается в подшипниках качения. Корпус состоит из внутренней и наружной концентрических обечаек, которые в нижней части имеют коническую форму. Полости в корпусе энтолейтора между внутренней и внешней обечайками служат для прохода зерна.

Вибрационное состояние энтолейтора РЗ-БЭЗ обусловлено динамической неуравновешенностью ротора (в сборе), а также качеством изготовления и посадки подшипников.

Это позволяет в качестве точек измерения вибраций выбрать точки на корпусе машины.

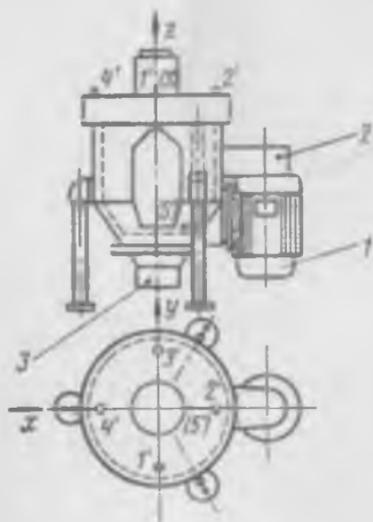


Рис. 21. Общий вид энтолейтора РЗ-БЭЗ:

1 — электродвигатель; 2 — клиноременная передача; 3 — нижний спуск.

Эталонная сигнатура. При диагностировании измерение параметров вибрации проводят в точках, обозначенных кружками и арабскими цифрами со штрихами. Точки, находящиеся за плоскостью рисунка, обозначены цифрами в скобках. Эталонная сигнатура энтолейтора РЗ-БЭЗ содержит параметры вибраций точек 1'...4' при работе на холостом ходу и под нагрузкой (табл. 26).

26. Эталонная диагностическая сигнатура для энтолейтора РЗ-БЭЗ

Ось	Виброускорение, м/с ²	Номер точки			
		1'	2'	3'	4'
Холостой ход					
x	\sim a_2	0,56	0,6	0,6	0,5
	\wedge a_2	1,4	1,4	1,3	1,0
	\vee a_2	1,5	1,4	1,3	1,2
y	\sim a_2	0,6	0,4	0,5	0,7
	\wedge a_2	1,5	1,0	1,0	1,4
	\vee a_2	1,7	0,8	0,9	1,2
z	\sim a_2	0,7	0,5	0,6	0,5
	\wedge a_2	2,2	1,5	1,3	1,0
	\vee a_2	2,3	1,5	1,3	0,8
Под нагрузкой					
x	\sim a_2	25	32	25	25
	\wedge a_2	35	110	80	80
	\vee a_2	35	110	90	90
y	\sim a_2	35	30	30	23
	\wedge a_2	90	100	100	85
	\vee a_2	90	100	100	85
z	\sim a_2	75	65	70	67
	\wedge a_2	270	250	250	250
	\vee a_2	280	220	250	250

Результаты диагностирования энтолейтора РЗ-БЭЗ. Было выполнено диагностирование одного из энтолейторов после его монтажа на мукомольном заводе. В таблице 27 представлены параметры вибраций точек 1'...4'. Из сопоставления эталонной и реальной сигнатур следует, что при работе на холостом ходу виброускорения машины РЗ-БЭЗ в точках 1'...4' по осям x, y и z превышают

27. Реальная диагностическая сигнатура энтолейтора РЗ-БЭЗ

Ось	Виброускорение, m/c^2	Номер точки			
		1'	2'	3'	4'
Холостой ход					
x	\sim a_1	1,6	1,7	1,1	1,2
	\wedge a_2	6,5	6...6,5	4,7	5,5
	a_2	6,5...7	6,5	5,0	5...5,5
	\vee				
y	\sim a_1	2	2,7	2,6	1,7
	\wedge a_2	8	9,0	12	6,8...7,2
	a_2	8	9,5	11	6,8...7,4
	\vee				
z	\sim a_2	1,9	2,1	2,2	2,0
	\wedge a_2	8,0	8...9	8,5...9,5	9,0
	a_2	6,5...8	8...9	9,5	8,5...9,0
	\vee				
Под нагрузкой					
x	\sim a_2	20	22	20	28
	\wedge a_2	70	75	70	90
	a_2	65	75	70	95
	\vee				
y	\sim a_2	18	22	26	24
	\wedge a_2	65	75	90	85
	a_2	70	75	80	85
	\vee				
z	\sim a_2	65	75	80	90
	\wedge a_2	250	300	300	280
	a_2	270	300	280	280
	\vee				

виброускорения эталонной машины (в некоторых случаях в 12 раз). Однако при работе под нагрузкой эффективные и пиковые значения виброускорений диагностируемого энтолейтора РЗ-БЭЗ в основном меньше эталонных (исключая вибрации точки 1', в которой эффективное виброускорение a_2 по оси y и пиковое значение a_2 по

28. Реальная диагностическая сигнатура энтолейтора РЗ-БЭЗ при работе под нагрузкой через 11 мес эксплуатации

Ось	Виброускорение, m/s^2	Номер точки			
		1'	2'	3'	4'
x	\sim a_1	24	26	25	20
	\wedge a_2	90	100	88	64
	\vee a_3	80	94	85	62
y	\sim a_2	20	20	23	12
	\wedge a_2	68	74	74	36
	\vee a_3	64	65	80	38
z	\sim a_1	56	28	66	51
	\wedge a_2	210	100	290	200
	\vee a_2	220	96	250	180

оси x превышают эталонное значение примерно в 2 раза). Таким образом, реальная сигнатура энтолейтора РЗ-БЭЗ, работающего под нагрузкой, несколько отличается от эталонной.

В таблице 28 представлены параметры вибраций точек 1'...4' машины РЗ-БЭЗ. Из сопоставления данных таблиц 27 и 28 следует, что за 11 мес эксплуатации энтолейтора его вибрационное состояние при работе под нагрузкой не ухудшилось.

На рисунке 22 представлены спектро-

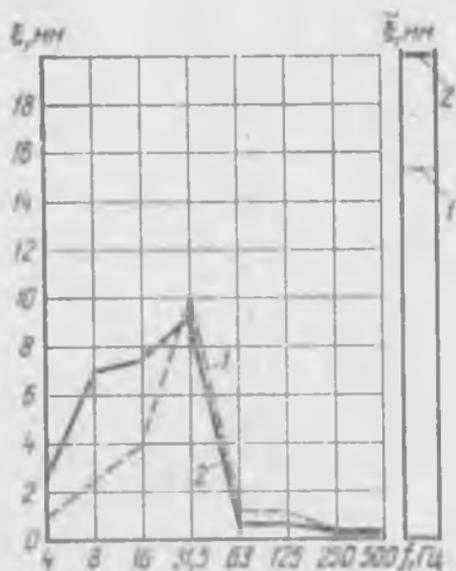


Рис. 22. Спектрограммы виброперемещений точки 5' в направлении оси x энтолейтора РЗ-БЭЗ при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 11 мес.

граммы виброперемещений точки 5' в направлении оси x энтолейтора РЗ-БЭЗ. Из анализа спектрограмм следует, что максимальные значения виброперемещений, измеренные в начале эксплуатации машины и через 11 мес, лежат в октавной полосе со среднегеометрической частотой 31,5 Гц, максимальные виброперемещения определяются биением вала энтолейтора.

ЭНТОЛЕЙТОР РЗ-БЭР

Ротор, измельчающий продукт, размещен в корпусе 3 энтолейтора РЗ-БЭР (рис. 23). Ротор насажен на вал электродвигателя 4. Продукт подается в центральную часть корпуса. Через патрубок 2 под действием центробежной силы измельченный продукт удаляется из машины и пневмотранспортом подается на дальнейшую переработку.

Эталонная сигнатура. Вибрационное состояние энтолейтора РЗ-БЭР зависит от динамической неуравновешенности ротора (в сборе) и качества подшипников и их посадки. Это создает возможность использовать для диагностирования результаты измерения вибраций в точках на корпусе машины.

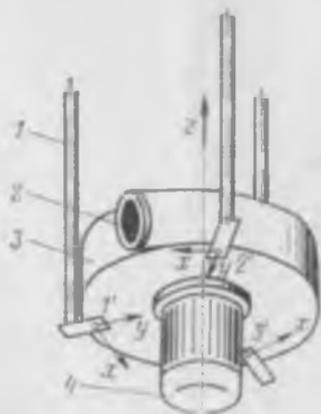


Рис. 23. Энтолейтор РЗ-БЭР:

1 — стяжка; 2 — патрубок;
3 — корпус; 4 — электродвигатель.

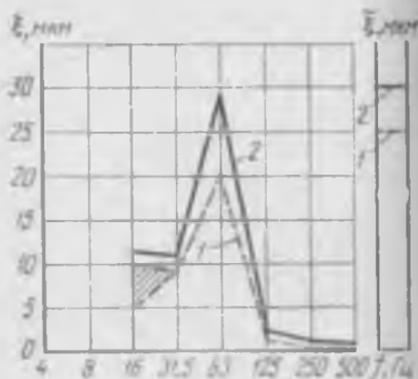


Рис. 24. Спектрограммы виброперемещений точки 1' в направлении оси y энтолейтора РЗ-БЭР при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 13 мес.

29. Эталонная диагностическая сигнатура для энтолейтора РЗ-БЭР

Номер точки	Ось					
	x					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge \xi_{20}$	$\xi_{20} \vee$	\tilde{a}_1	$\wedge a_1$	$a_1 \vee$

Холостой ход

1'	27	40	40	0,9	8	8
2'	10	20	20	1,5	5	5
3'	12	20	20	1,4	4	4,5

Под нагрузкой

1'	30...32	60	60	3...3,3	6,8...7,2	7
2'	14...17	35	30...38	1,7	5,8...6,2	4,6
3'	15	30...35	25...30	1,5...1,7	4	4

Продолжение

Номер точки	Ось					
	y					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge \xi_{20}$	$\xi_{20} \vee$	\tilde{a}_1	$\wedge a_1$	$a_1 \vee$

Холостой ход

1'	8	10	10	1,5	4,5	5,0
2'	10	20	20	1,3	6,0	6,5
3'	10	15...20	20	1,5	4,5	4...4,5

Под нагрузкой

1'	13...18	30	25...30	1,8	5,5	4,5...5
2'	13...17	20...30	25...35	1,6	5,0	5,5
3'	15...20	35...42	45...50	1,7	5,0	4,5

Продолжение

Номер точки	Ось					
	z					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge \xi_{20}$	$\xi_{20} \vee$	\tilde{a}_2	$\wedge a_2$	$a_2 \vee$

Холостой ход

1'	30...32	45	45	1,0	10,0	11
2'	10	21	20	2,3	9,5	8,0
3'	23	40	35	2,8	8,0	7,5...8

Номер точки	Ось z					
	z					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	\sim ξ_{20}	\wedge ξ_{20}	∇ ξ_{20}	\sim a_z	\wedge a_z	∇ a_z

Под нагрузкой

1'	30	50...70	55...65	3...3,2	7...8	6,5...7,5
2'	18...21	35...42	30...40	2,3	8,5...10	10,0
3'	25	50...60	55...65	2,8	7...8	7...7,5

30. Реальная диагностическая сигнатура для энтолейтора РЗ-БЭР

Номер точки	Ось x					
	x					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	\sim ξ_{20}	\wedge ξ_{20}	∇ ξ_{20}	\sim a_x	\wedge a_x	∇ a_x

Холостой ход

1'	15	35	35	3,5...4,5	13...17	13...17
2'	27	40	45	6,0	18	17...20
3'	20	35	35	3,5	12	13

Под нагрузкой

1'	27	60	60	4,0	16,0	17,0
2'	25	55	60	2,9	8,5	8,5
3'	15	40	30...45	2,5	9,5	11,0

Продолжение

Номер точки	Ось y					
	y					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	\sim ξ_{20}	\wedge ξ_{20}	∇ ξ_{20}	\sim a_y	\wedge a_y	∇ a_y

Холостой ход

1'	25	35	35	3,5...5	13...17	13...17
2'	15	30...40	30	4...4,5	15...18	13...15
3'	20...25	35	35...40	3...3,5	12	13

Под нагрузкой

1'	25	55	60	3,2	14	10,0
2'	25	50	50	2,9	8,5	9,0
3'	25	50	50	3,3	10	9,5

Продолжение

Номер точки	Ось					
	z					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	$\tilde{\xi}_{z0}$	$\wedge \xi_{z0}$	ξ_{z0} V	a_z	$\wedge a_z$	a_z V

Холостой ход

1'	15	20...30	20...30	7	25...30	25...30
2'	25	35...40	35...40	8	28...30	32
3'	10...15	25	15...25	8...9	30...32	30...32

Под нагрузкой

1'	10...25	45	50	6,7	35	35
2'	10...30	35	35	4,3	16	17
3'	20	30...45	30...50	4,5	11	15...17

31. Реальная диагностическая сигнатура энтолейтора РЗ-БЭР через 13 мес эксплуатации

Номер точки	Ось								
	x						y		
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²			виброперемещение, мкм		
	$\tilde{\xi}_{x0}$	$\wedge \xi_{x0}$	ξ_{x0} V	a_x	$\wedge a_x$	a_x V	$\tilde{\xi}_{y0}$	$\wedge \xi_{y0}$	ξ_{y0} V
1'	60	85	85	7,0	12	14	30	45	45
2'	25	32	34	5,0	11	12	30	36	38
3'	28	36	36	3,8	10	10	34	43	43

Продолжение

Номер точки	Ось								
	y			z					
	виброускорение, м/с ²			виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	a_y	$\wedge a_y$	a_y V	$\tilde{\xi}_{z0}$	$\wedge \xi_{z0}$	ξ_{z0} V	a_z	$\wedge a_z$	a_z V
1'	5,0	10	10	18	28	28	4,3	11	11
2'	4,3	10	10	13	32	32	5,5	32	38
3'	4,8	10	12	13	23	23	4,5	11	12

Номер точки	Ось					
	z					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge \xi_{20}$	ξ_{20} V	\tilde{a}_z	$\wedge a_z$	a_z V

Под нагрузкой

1'	30	50...70	55...65	3...3,2	7...8	6,5...7,5
2'	18...21	35...42	30...40	2,3	8,5...10	10,0
3'	25	50...60	55...65	2,8	7...8	7...7,5

30. Реальная диагностическая сигнатура для энтолейтора РЗ-БЭР

Номер точки	Ось					
	x					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge \xi_{20}$	ξ_{20} V	\tilde{a}_x	$\wedge a_x$	a_x V

Холостой ход

1'	15	35	35	3,5...4,5	13...17	13...17
2'	27	40	45	6,0	18	17...20
3'	20	35	35	3,5	12	13

Под нагрузкой

1'	27	60	60	4,0	16,0	17,0
2'	25	55	60	2,9	8,5	8,5
3'	15	40	30...45	2,5	9,5	11,0

Продолжение

Номер точки	Ось					
	y					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	$\tilde{\xi}_{20}$	$\wedge \xi_{20}$	ξ_{20}	\tilde{a}_y	$\wedge a_y$	a_y V

Холостой ход

1'	25	35	35	3,5...5	13...17	13...17
2'	15	30...40	30	4...4,5	15...18	13...15
3'	20...25	35	35...40	3...3,5	12	13

Под нагрузкой

1'	25	55	60	3,2	14	10,0
2'	25	50	50	2,9	8,5	9,0
3'	25	50	50	3,3	10	9,5

Номер точки	Ось					
	z					
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	$\tilde{\xi}_{z0}$	$\wedge \xi_{z0}$	$\xi_{z0} \vee$	\tilde{a}_z	$\wedge a_z$	$a_z \vee$

Холостой ход

1'	15	20...30	20...30	7	25...30	25...30
2'	25	35...40	35...40	8	28...30	32
3'	10...15	25	15...25	8...9	30...32	30...32

Под нагрузкой

1'	10...25	45	50	6,7	35	35
2'	10...30	35	35	4,3	16	17
3'	20	30...45	30...50	4,5	11	15...17

31. Реальная диагностическая сигнатура энтолейтора РЗ-БЭР через 13 мес эксплуатации

Номер точки	Ось								
	x						y		
	виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²			виброперемещение, мкм		
	$\tilde{\xi}_{x0}$	ξ_{x0}	$\xi_{x0} \vee$	\tilde{a}_x	$\wedge a_x$	$a_x \vee$	$\tilde{\xi}_{y0}$	$\wedge \xi_{y0}$	$\xi_{y0} \vee$
1'	60	85	85	7,0	12	14	30	45	45
2'	25	32	34	5,0	11	12	30	36	38
3'	28	36	36	3,8	10	10	34	43	43

Номер точки	Ось								
	y			z					
	виброускорение, м/с ²			виброперемещение, мкм			виброускорение, м/с ²		
	\tilde{a}_y	$\wedge a_y$	$a_y \vee$	$\tilde{\xi}_{z0}$	$\wedge \xi_{z0}$	$\xi_{z0} \vee$	\tilde{a}_z	$\wedge a_z$	$a_z \vee$
1'	5,0	10	10	18	28	28	4,3	11	11
2'	4,3	10	10	13	32	32	5,5	32	38
3'	4,8	10	12	13	23	23	4,5	11	12

Измерение вибрации проводят в трех точках — $1'..3'$. Эталонная сигнатура энтолейтора РЗ-БЭР содержит параметры вибраций точек корпуса $1'..3'$ на холостом ходу и при работе под нагрузкой (табл. 29).

Результаты диагностирования энтолейтора РЗ-БЭР. В таблице 30 представлены полученные при диагностировании параметры вибраций точек $1'..3'$. Из сопоставления эталонной и реальной сигнатур следует, что при работе на холостом ходу виброперемещения точек $1'..3'$ по осям x , y и z превышают виброперемещения эталонной машины до 3,5 раза. При работе под нагрузкой виброперемещения машины РЗ-БЭР весьма близки эталонным значениям, максимальное превышение виброперемещений реальной сигнатуры составляет 2,2 раза; некоторые значения меньше эталонных (до 40 %).

Виброускорения машины РЗ-БЭР при работе на холостом ходу превышают эталонные значения в 1,9...7 раз, а при работе под нагрузкой — в 1,3...2,8 раза.

В целом энтолейтор РЗ-БЭР по вибрационным параметрам несколько уступает эталонной машине.

В таблице 31 представлены параметры вибраций точек $1'..3'$ машины РЗ-БЭР. Из сопоставления данных таблиц 30 и 31 следует, что за 13 мес эксплуатации энтолейтора его вибрационное состояние изменилось мало.

На рисунке 24 показаны спектрограммы виброперемещений точки $1'$ в направлении оси y энтолейтора РЗ-БЭР, работающего под нагрузкой, измеренные в начале эксплуатации и через 13 мес. Заштрихованная область на спектрограмме соответствует диапазону изменений показаний прибора во время измерений в начале эксплуатации машины. Из рисунка 24 видно, что наибольшие значения виброперемещений наблюдаются в основном в одних и тех же частотных диапазонах. Наибольшие виброперемещения лежат в диапазоне частот 45...90 Гц, т. е. они определяются биением вала электродвигателя. Таким образом, для достижения вибрационного состояния, соответствующего эталонной сигнатуре, требуется улучшение балансировки ротора и качества его установки в опорах качения.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ВАЛЬЦОВЫХ СТАНКОВ А1-БЗН

Вальцовые станки предназначены для размола зерна. Станок (рис. 25) включает две одинаковые по конструкции части, образованные продольным его делением. В каждой из этих частей имеется по одной паре питающих валков и по одной паре измельчающих вальцов. Конструкция питающих валков обеспечивает равномерную подачу продукта по всей длине вальцов.

Каждая пара измельчающих вальцов состоит из верхнего и нижнего вращающихся вальцов. Привал и отвал нижнего вальца может производиться как автоматически, так и вручную, в зависимости от положения переключателя 1. Вручную отвал и привал может осуществляться с помощью рукоятки 3, а автоматически — с помощью пневмоцилиндра, управляемого емкостным датчиком через электронный блок. Емкостной датчик установлен в трубе, через которую продукт подается на питающие валки. В случае отвала вальца одновременно отключается привод, служащий для вращения питающих валков.

Межвальцовый зазор устанавливают маховичками 2 и 4. Во внутрь верхнего, быстровращающегося вальца подают холодную воду.

Техническое состояние вальцового станка характеризуется параметрами вибрации корпусов подшипниковых узлов вальцов, что учтено при выборе точек измерения вибраций при диагностировании.

Вибрации измеряют по трем взаимно перпендикулярным осям x , y и z в точках 1' и 2'. Точка 1' расположена на корпусе подшипника со стороны редуктора (см. рис. 25), точка 2' — на корпусе подшипника со стороны привода. Так как станок состоит из одинако-

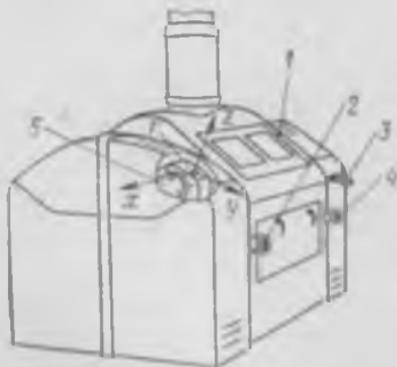


Рис. 25. Общий вид вальцового станка А1-БЗН:

1 — переключатель; 2, 4 — маховички; 3 — рукоятка.

вых по конструкции половин, то каждая половина станка имеет точки 1' и 2'. Ось x направлена вдоль оси валцов, ось y — вдоль верхней наклонной плоскости корпуса подшипника, ось z — перпендикулярно верхней наклонной плоскости корпуса подшипника.

ВАЛЬЦОВЫЙ СТАНОК А1-БЗН (№ 1) ДРАНОЙ СИСТЕМЫ

Эталонная сигнатура. Эталонная диагностическая сигнатура включает параметры вибраций эталонного станка в точках 1' и 2' (табл. 32) и эталонный спектральный состав вибраций точки 1' в направлении оси z при работе станка под нагрузкой (табл. 33).

32. Эталонная диагностическая сигнатура для вальцового станка А1-БЗН (№ 1) драной системы при работе под нагрузкой

Измеряемый параметр	Номер точки					
	1'			2'		
	ось					
	x	y	z	x	y	z

Виброперемещение, мкм:

$\bar{\epsilon}_{220}$	7	5,5	5,5	4	6	2
$\wedge \epsilon_{220}$	15	14,0	12,0	11	11	4
$\vee \epsilon_{220}$	16	15,0	12,0	12	20	5

Виброускорение, m/c^2 :

\bar{a}_2	3,3	3	3,2	2,5...3	4...4,3	5,5
$\wedge a_2$	10	11	13,0	9	14	9...10
$\vee a_2$	10...12	9...10	12,0	14	15	9

Результаты диагностирования вальцового станка А1-БЗН (№ 1) драной системы. В таблице 34 приведены параметры виброускорений точек 1' и 2' вальцового станка А1-БЗН (№ 1) и эталонного станка драной систе-

33. Эталонный спектр вибрации для точки 1' вальцового станка А1-БЗН (№ 1) драной системы в направлении оси z при работе под нагрузкой

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Виброперемещение ξ , мкм	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Виброперемещение ξ , мкм
4	<1,0	63	1,4
8	0,8	125	0,9
16	2,0...2,5	250	0,6
31,5	1,3	500 и более	0

34. Сравнение реальной и эталонной сигнатур (виброускорения точек 1' и 2' для вальцового станка А1-БЗН № 1 драной системы при работе под нагрузкой)

Ось	Виброускорение, m/s^2	Станок А1-БЗН (№ 1)		Эталонный станок	
		номер точки			
		1'	2'	1'	2'
x	$\sim a_2$	5,6	6,6	3,3	2,5...3
	$\wedge a_2$	21	32	10	9
	$\vee a_2$	22	54	10...12	14
y	$\sim a_2$	5	6,8	3	4...4,3
	$\wedge a_2$	27	35	11	14
	$\vee a_2$	28	34	9...10	15
z	$\sim a_2$	7,5	28	3,2	5,5
	$\wedge a_2$	75	250	13	9...10
	$\vee a_2$	80	320	12	9

мы при работе под нагрузкой. Анализ данных таблицы 34 показывает, что эффективные значения виброускорений этих точек реальной сигнатуры примерно в 1,8 раза больше ускорений эталонной сигнатуры. Пиковые значения виброускорений точек 1' и 2' реальной сигнатуры значительно превышают значения эталонной сигнатуры, особенно по оси z для точки 2'. Основная причина этого — невысокое качество изготовления шестерен, при соударении зубьев которых в станке возникает повышенная вибрация.

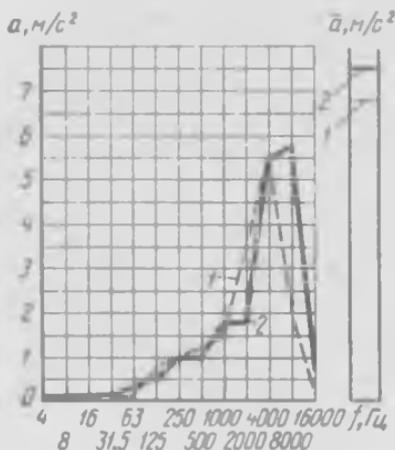


Рис. 26. Спектрограммы виброускорений точки 1' вальцового станка драной системы в направлении оси z при работе под нагрузкой:

1 — эталонный станок; 2 — станок А1-БЗН (№ 1).

Спектрограммы виброускорений точки 1' по оси z эталонного и серийного станков (рис. 26) свидетельствуют о том, что основной вклад в эффективное виброускорение дают ускорения

на частотах 1...8 кГц, которые значительно превышают частоты, определяющие ход технологического процесса (частота вращения вальцов 3...8 Гц, «зубцовая» частота 180 Гц). Однако большие ускорения, хотя и не влияют на технологический процесс, могут снизить долговечность подшипниковых узлов и шестерен.

ВАЛЬЦОВЫЙ СТАНОК А1-БЗН (№ 2) РАЗМОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Эталонная сигнатура. Эталонная диагностическая сигнатура для вальцового станка размольной системы представлена в таблицах 35 и 36.

Результаты диагностирования вальцового станка А1-БЗН (№ 2) размольной системы. В таблице 37 представлены реальная и эталонная сигнатуры для вальцового станка А1-БЗН (№ 2) размольной системы. Из сопоставления видно, что эффективные значения виброускорений точек 1' и 2' вальцового станка А1-БЗН (№ 2) размольной системы в 3...5 раз больше, чем точек 1' и 2' эталонного станка. Пиковые величины виброускорений этих точек значительно превышают величины, измеренные у эталонного станка. Основная причина этого — невысокое качество изготовления шестерен вальцового станка.

На рисунке 27 приведены спектрограммы виброускорений точки 1' по оси z вальцового станка А1-БЗН (№ 2) размольной системы и эталонного станка. Их анализ по-

35. Эталонная диагностическая сигнатура для вальцового станка А1-БЗН (№ 2) размольной системы при работе под нагрузкой

Измеряемый параметр	Номер точки					
	1'			2'		
	Ось					
	x	y	z	x	y	z

Вибропере-
мещение,
мкм:

$\bar{\xi}_{20}$	2,5...4	5,5	3...6	3,5	4,5	3,5
$\wedge \xi_{20}$	8	10	10	6...8	8...10	7...13
ξ_{20}	10	11	12	10	11	9...11
\vee						

Виброускорение, м/с²:

\bar{a}_2	2,8	1,8	2,1	2,7	2	3,2
$\wedge a_2$	8...9	5,5	9,0	8...10	6...8	19...28
a_2	9	5...6	9,0	8...10	6...9	20...30
\vee						

36. Эталонный спектр вибраций для точки 1' вальцового станка А1-БЗН (№ 2) размольной системы в направлении оси z при работе под нагрузкой

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Вибропере-мещение ξ , мкм	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Вибропере-мещение ξ , мкм
4	1,0	125	0,5
8	1,2	250	0,7
16	1,5	500	0,5
31,5	0,9	1000 и более	0
63	0,9		

казывает, что в станках размольных систем основной вклад в эффективное виброускорение дают ускорения на частотах 0,5...8 кГц, которые значительно превышают частоты, определяющие ход технологического процесса. Эти ускорения не могут влиять на технологический процесс,

37. Сравнение реальной и эталонной сигнатур для вальцового станка А1-БЗН (№ 2) размольной системы при работе под нагрузкой

Ось	Виброускорение, m/c^2	Станок А1-БЗН (№ 2)		Эталонный станок	
		номер точки			
		1'	2'	1''	2''
x	\bar{a}_2	13	8	2,8	2,7
	$\wedge a_2$	38	32	8...9	8...10
	a_2	45	30	9	8...10
	\vee				
y	\bar{a}_2	11,5	8,2	1,8	2
	$\wedge a_2$	34	32	5,5	6...8
	a_2	34	30	5...6	6...9
	\vee				
z	\bar{a}_2	15	17	2,1	3,2
	$\wedge a_2$	98	110	9,0	19...28
	a_2	98	115	9,0	20...30
	\vee				

но могут снизить долговечность подшипниковых узлов и шестерен.

Результаты акустической диагностики (см. гл. 14) подтвердили, что одной из причин того, что вальцовые станки А1-БЗН имеют повышенные пиковые ускорения, является недостаточно качественное изготовление зубчатой передачи в редукторе вальцового станка.

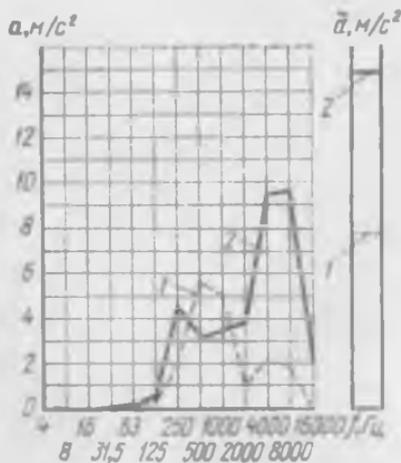


Рис. 27. Спектрограммы виброускорений точки 1' вальцового станка размольной системы в направлении оси z при работе под нагрузкой:

1 — эталонный станок; 2 — станок А1-БЗН (№ 2).

Качество изготовления этой передачи должно быть значительно улучшено.

Другой причиной является неточность выставки валцов в подшипниках; целесообразно разработать и внедрить технологию монтажа подшипников валцов, обеспечивающую одинаковую и правильную их установку.

Глава 8

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДЕТАШЕРА А1-БДГ

Деташер предназначен для дополнительного измельчения крупок и вымола оболочек после валцовых станков. Состоит из металлического цилиндрического корпуса 1 с двумя дверками 2 и патрубками 3 для приема и вывода продукта. С торцов цилиндрической обечайки установлены крышки 4, на которых болтами закреплены корпус подшипников 5 (рис. 28). Внутри корпуса в подшипниках установлен ротор, состоящий из вала с двумя ступицами, на которых жестко закреплены четыре бича, имеющие по десять зубьев. На стенках корпуса по всей его длине приварены шесть пластинок. Привод деташера осуществляется от электродвигателя 6 через упругую муфту.

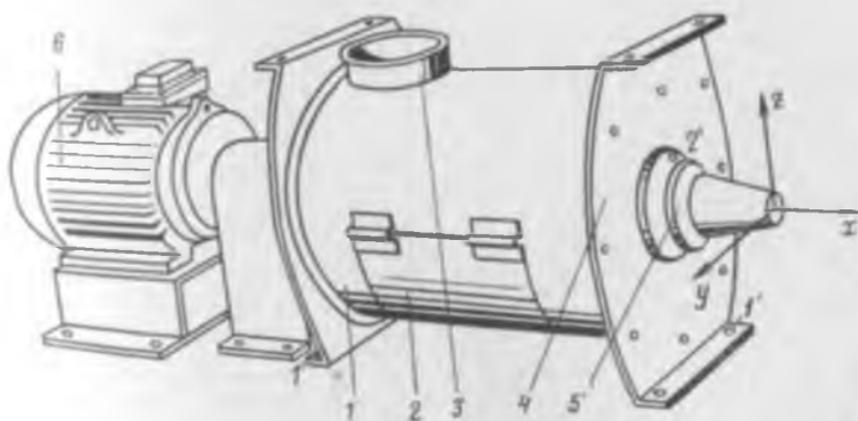


Рис. 28. Общий вид деташера А1-БДГ:

1 — корпус; 2 — дверка; 3 — патрубок; 4 — крышка; 5 — корпус подшипника;
6 — электродвигатель.

Деташеры монтируют на потолочном перекрытии, выполненном в виде сварной металлоконструкции или непосредственно на полу перекрытия.

Принцип работы деташера заключается в многократных ударах и трении движущегося слоя продукта о бичи и стенки корпуса, что приводит к дополнительному измельчению продукта.

Расположение точек измерения вибраций при диагностировании и направления координатных осей x , y , z показаны на рисунке 28. Измерения параметров вибраций выполняют в точке $1'$, расположенной на крышке деташера в месте крепления к потолочному перекрытию, и в точке $2'$ на фланце подшипника ротора. Вибрации указанных точек несут диагностическую информацию о неуравновешенности ротора и техническом состоянии привода и опор ротора.

Эталонная сигнатура. Включает в себя результаты измерений виброперемещений и виброускорений точек $1'$ и $2'$ при работе деташера на холостом ходу и под нагрузкой (табл. 38, 39), а также эталонные спектры виброускорений точки $2'$ при работе на холостом ходу и под нагрузкой по осям y и z (рис. 29 и 30).

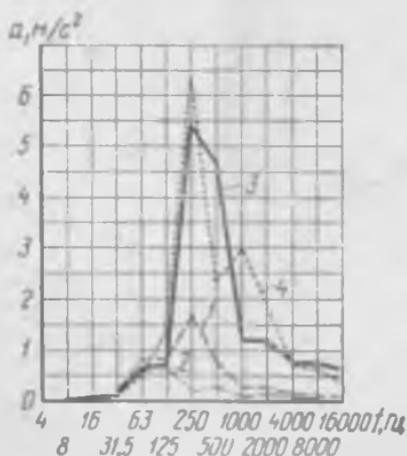


Рис. 29. Эталонные и реальные спектры виброускорений точки $2'$ деташера А1-БДГ по оси y :

1 — эталонный спектр при работе деташера под нагрузкой; 2 — то же на холостом ходу; 3 — реальный спектр при работе деташера под нагрузкой; 4 — то же на холостом ходу.

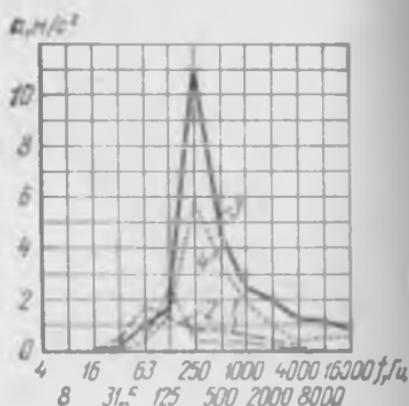


Рис. 30. Эталонные и реальные спектры виброускорений точки $2'$ деташера А1-БДГ по оси z :

1 — эталонный спектр при работе деташера под нагрузкой; 2 — то же на холостом ходу; 3 — реальный спектр при работе деташера под нагрузкой; 4 — то же на холостом ходу.

38. Эталонная диагностическая сигнатура для деташера А1-БДГ при работе на холостом ходу

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки		
		1'	2'	
x	Виброперемещение, мкм:			
	$\tilde{\epsilon}_{20}$	4,2	11	
	$\wedge \epsilon_{20}$	8,8	22	
	$\vee \epsilon_{20}$	9,8	20	
	Виброускорение, м/с ² :			
	\tilde{a}_2	1,1	2,6	
	$\wedge a_2$	3,8	6,2	
	$\vee a_2$	2,4	5,4	
	y	Виброперемещение, мкм:		
		$\tilde{\epsilon}_{20}$	1,2	3,1
$\wedge \epsilon_{20}$		3,2	6,4	
$\vee \epsilon_{20}$		4,0	10,0	
Виброускорение, м/с ² :				
\tilde{a}_2		0,8	1,0	
$\wedge a_2$		4,4	3,2	
$\vee a_2$		3,0	4,2	
z		Виброперемещение, мкм:		
		$\tilde{\epsilon}_{20}$	10	12
	$\wedge \epsilon_{20}$	17	23	
	$\vee \epsilon_{20}$	27	28	
	Виброускорение, м/с ² :			
	\tilde{a}_2	1,1	2,2	
	$\wedge a_2$	3,5	4,8	
	$\vee a_2$	4,0	4,0	

39. Эталонная диагностическая сигнатура для деташера А1-БДГ при работе под нагрузкой

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки		
		1*	2*	
x	Виброперемещение, мкм:			
	$\bar{\xi}_{20}$	4,0	10	
	$\wedge \xi_{20}$	9,5	25	
	$\nabla \xi_{20}$	12,0	23	
	Виброускорение, м/с ² :			
	\bar{a}_2	6,0	3	
	$\wedge a_2$	18,0	8	
	∇a_2	19,5	9	
	y	Виброперемещение, мкм:		
		$\bar{\xi}_{20}$	3,0	7
$\wedge \xi_{20}$		8,2	18	
$\nabla \xi_{20}$		8,5	19	
Виброускорение, м/с ² :				
\bar{a}_2		2,1	2,2	
$\wedge a_2$		7,8	7,0	
∇a_2		7,4	7,2	
z		Виброперемещение, мкм:		
		$\bar{\xi}_{20}$	12,0	10
	$\wedge \xi_{20}$	23,0	22	
	$\nabla \xi_{20}$	23,0	22	
	Виброускорение, м/с ² :			
	\bar{a}_2	4,5	2,3	
	$\wedge a_2$	13,0	7,0	
	∇a_2	12,0	7,0	

Результаты диагностирования деташера А1-БДГ. В качестве примера приведены результаты диагностирования одного из деташеров А1-БДГ, установленных на мукомольном заводе.

При измерении вибраций определена реальная диагностическая сигнатура при работе машины на холостом ходу и под нагрузкой (табл. 40 и 41).

Из сопоставления данных таблиц 39 и 41 видно, что параметры вибраций точки 1' при работе под нагрузкой, содержащиеся в эталонной и реальной сигнатурах, примерно одинаковы; однако на холостом ходу (табл. 38 и 40) вибрации в этой точке у диагностируемой машины выше. Следует отметить, что абсолютная величина пиковых значений виброперемещений во всех режимах в точке 1' невелика — не превышает 0,032 мм.

Параметры вибраций точки 2' диагностируемой машины на холостом ходу выше, чем приведенные в эталонной сигнатуре (кроме эффективного значения виброперемещений по оси x , а также эффективных и пиковых значений виброперемещений по оси z).

При переходе к режиму работы под нагрузкой все параметры вибраций точки 2' диагностируемой машины выше, чем эталонные. Превышение эффективных значений виброперемещений в точке 2' не превосходит 20 %. Различие в пиковых значениях виброперемещений может достигать до 45 %. Наряду с этим у диагностируемой машины виброускорения превышают эталонные в 5 раз.

Из рисунков 29 и 30, на которых нанесены эталонный и реальный спектры виброускорений, следует, что у диагностируемой машины значительное превышение виброускорений над эталонными значениями объясняется вкладом вибраций в октавной полосе со средней геометрической частотой 250 Гц. Характерно, что повышенные вибрации в этой полосе возникают при работе машины не только под нагрузкой, но и на холостом ходу. Поэтому такие вибрации нельзя объяснить воздействием обрабатываемого продукта на рабочие органы деташера. Так как частота вращения ротора машины составляет лишь около 11 Гц, радиальные силы от неуравновешенности ротора не могут вызвать вибраций в рассматриваемой полосе частот.

Поскольку других источников возбуждения колебаний нет, имеются все основания считать повышенные коле-

42. Реальная диагностическая сигнатура для деташера А1-БДГ при работе под нагрузкой через 11 мес эксплуатации

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки		
		1'	2'	
x	Виброперемещение, мкм:			
	$\bar{\xi}_{20}$	6...7,5	14	
	$\wedge \xi_{20}$	18,0	38	
	$\nabla \xi_{20}$	19,0	32	
	Виброускорение, м/с ² :			
	\bar{a}_2	4,4	8	
	$\wedge a_2$	13,5	32	
	∇a_2	13,0	32	
	y	Виброперемещение, мкм:		
		$\bar{\xi}_{20}$	4...5,5	8...9
$\wedge \xi_{20}$		13,0	24,0	
$\nabla \xi_{20}$		11,5	24,0	
Виброускорение, м/с ² :				
\bar{a}_2		1,6	5,3	
$\wedge a_2$		4,5	17,0	
∇a_2		5,8	18,5	
z		Виброперемещение, мкм:		
		$\bar{\xi}_{20}$	18	10...12
	$\wedge \xi_{20}$	50	28,0	
	$\nabla \xi_{20}$	44	29,0	
	Виброускорение, м/с ² :			
	\bar{a}_2	3,5	5,0	
	$\wedge a_2$	10,0	17,5	
	∇a_2	10,5	17,0	

бания в октавной полосе 250 Гц так называемыми подшипниковыми вибрациями. Судя по отношению частот колебаний и вращения, ответственными за повышенную вибрацию могут быть волнистость наружного и внутреннего колец подшипников, гранность тел качения.

Учитывая, что увеличение амплитуд виброперемещений точки 2' по сравнению с эталонными невелико, можно заключить, что в момент диагностирования техническое состояние деташера удовлетворительное, однако следует ожидать более раннего выхода подшипников из строя, чем у эталонной машины.

В таблице 42 приведены результаты измерений параметров вибраций точек 1' и 2' при работе деташера под нагрузкой, выполненных через 11 мес эксплуатации машины после ее первого диагностирования. Сравнив реальные диагностические сигнатуры, полученные при двух последовательных диагностированиях (табл. 41 и 42), можно заключить, что за 11 мес вибрационное состояние деташера изменилось мало: виброускорения уменьшились, однако при этом возросли виброперемещения точки 1' (до 70 %) и точки 2' (до 40 %). По сравнению с эталонной сигнатурой (см. табл. 39) диагностируемый деташер после 11 мес эксплуатации имеет меньшие виброускорения (за исключением виброускорений точки 2' по оси z), что свидетельствует о приработке машины. Виброперемещения у диагностируемой машины больше эталонных: превышение составляет в некоторых случаях до 90 %, однако абсолютная величина виброперемещений мала — она не превышает 0,03 мм. Из изложенного можно заключить, что после 11 мес эксплуатации деташер находится в удовлетворительном состоянии.

Глава 9

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ВИБРОЦЕНТРОФУГАЛА РЗ-БЦА

Виброцентрофугал предназначен для просеивания проходových продуктов вымольных машин. Устанавливают его в размольном отделении мукомольного завода.

Корпус 1 виброцентрофугала (рис. 31) установлен на основании 3 с помощью четырех виброизоляторов 2. Устройство машины показано на рисунке 32. Она работает следующим образом. На валу электродвигателя 1 за-

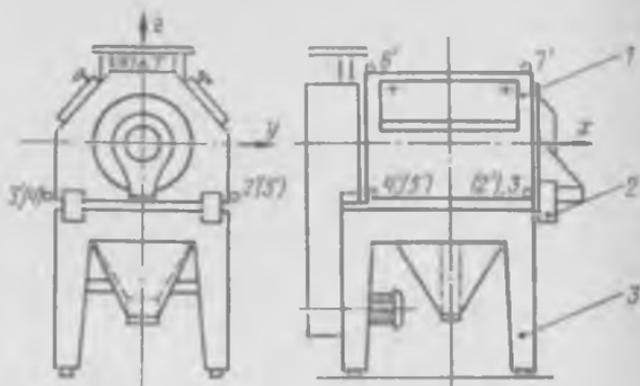


Рис. 31. Общий вид виброцентрофугала РЗ-БЦА:

1 — корпус; 2 — виброизоляторы; 3 — основание.

креплены шкивы 2 и 3. Шкив 2 через клиноременную передачу вращает обод, на котором жестко укреплены бичи. Бичи вращаются внутри колеблющегося сита 8, имеющего форму цилиндра. Для привода сита в колебательное движение шкив 3 через клиноременную передачу 4 вращает эксцентриковый вал 6, на котором размещен рычаг 7, жестко соединенный с ситом 8. Колебания сита воспринимаются резиновым амортизатором, укрепленным на корпусе. Корпус соединен с основанием через виброизоляторы 5.

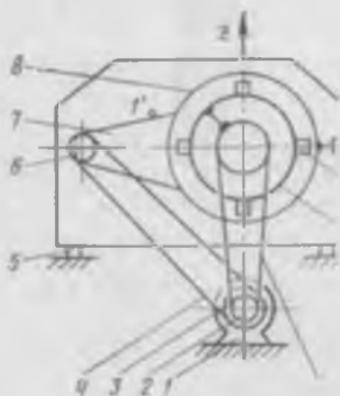


Рис. 32. Схема виброцентрофугала РЗ-БЦА:

1 — электродвигатель; 2, 3 — шкивы; 4 — клиноременная передача; 5 — виброизолятор; 6 — эксцентриковый вал; 7 — рычаг; 8 — сито.

Техническое состояние машины достаточно полно можно характеризовать параметрами вибраций рычага 7, а также корпуса. Это учтено при выборе точек измерения вибраций для диагностирования. В точке 1' (рис. 32) измеряют параметры колебаний рычага 7, а в точках 2'...7' (рис. 31) — параметры колебаний корпуса (рис. 32).

Техническое состояние машины достаточно полно можно характеризовать параметрами вибраций рычага 7, а также корпуса. Это учтено при выборе точек измерения вибраций для диагностирования. В точке 1' (рис. 32) измеряют параметры колебаний рычага 7, а в точках 2'...7' (рис. 31) — параметры колебаний корпуса (рис. 32).

43. Эталонная диагностическая сигнатура для виброцентрофугала РЗ-БЦА при работе на холостом ходу

Измеряемый параметр	Номер точки					
	2'			3'		
	Ось					
	x	y	z	x	y	z

Виброперемещение, мкм:

$\bar{\xi}_{230}$	70	230	120	46	230	50
$\wedge \xi_{230}$	120	340	200	90	370	100
$\nabla \xi_{230}$	110	340	200	90	360	100

Виброускорение, м/с²:

\bar{a}_2	6	17,5	12,0	4	16	4,1
$\wedge a_2$	16	38,0	30,0	10	30	10,0
∇a_2	16...19	38,0	32,0	10	34	11,0

Продолжение

Измеряемый параметр	Номер точки					
	4'			5'		
	Ось					
	x	y	z	x	y	z

Виброперемещение, мкм:

$\bar{\xi}_{230}$	44	175	90	70	180	200
$\wedge \xi_{230}$	100	280	140	120	270	300
$\nabla \xi_{230}$	90	270	140	110	270	300

Виброускорение, м/с²:

\bar{a}_2	4,5	14	7,4	5,4	17	15
$\wedge a_2$	11,0	32	16,0	13,0	40	30
∇a_2	10,0	31	16,0	13,0	44	30

44. Эталонная диагностическая сигнатура для виброцентрофугала РЗ-БЦА (параметры вибрации точек б' и 7' по оси z) при работе на холостом ходу

Измеряемый параметр	Номер точки	
	б'	7'
Виброперемещение, мм:		
ξ_{20}	0,015	0,15
ξ_{20}	0,07...0,1	0,2...0,21
ξ_{20}	0,07...0,1	0,2
Виброускорение, м/с ² :		
a_2	9,5	15
$\wedge a_2$	75...80	43
a_2 V	75...80	40...43

45. Эталонные спектры виброперемещений ξ и виброускорений a для точки 1' виброцентрофугала РЗ-БЦА при работе на холостом ходу

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Ось			
	y		z	
	ξ , мм	a, м/с ²	ξ , мм	a, м/с ²
4	—	0	—	0
8	0,07	0	0,01	0
16	0,06	0	0,04	2,7
31,5	1,42	105	1,20	83,0
63	0,90	60	0,72	52,0
125	0,02	5,5	0,02	2,5
250	0	2	0	3,2
500	0	5	0	2,8
1 000	0	7	0	3,5
2 000	0	13	0	2,4
4 000	0	3	0	2,2
8 000	0	1,8	0	2,4
16 000	0	0	0	2,0

46. Реальная диагностическая сигнатура виброцентрофугала РЗ-БЦА (параметры вибраций точек 2'...5') при работе на холостом ходу

Измеряемый параметр	Номер точки					
	1'			2'		
	Ось					
	x	y	z	x	y	z

Виброперемещение, мкм:

$\bar{\xi}_{20}$	40	250	140	45	250	70
$\wedge \xi_{20}$	70	400	220	90	380	140
$\bar{\xi}_{20}$ V	80	400	250	90	380	150

Виброускорение, м/с²:

\bar{a}_2	12	25	14	10	21	9,5
$\wedge a_2$	45	70	30	22	50	23,0
a_2 V	30	70	35	25	50	22,0

Продолжение

Измеряемый параметр	Номер точки					
	3'			4'		
	Ось					
	x	y	z	x	y	z

Виброперемещение, мкм:

$\bar{\xi}_{20}$	35	220	40	35	220	150
$\wedge \xi_{20}$	80	320	80	70	300	250
$\bar{\xi}_{20}$ V	80	320	90	60	300	250

Виброускорение, м/с²:

\bar{a}_2	7,5	20	6,5	12	25	15
$\wedge a_2$	25,0	60	20,0	40	70	30
a_2 V	25,0	60	20,0	30	90	40

Для измерения параметров вибрации точки $1'$ по оси z датчик устанавливают с помощью магнита. Для измерения параметров вибрации по оси z точек $6'$ и $7'$ датчики крепят непосредственно к корпусу машины на мастике.

Эталонная сигнатура. В эталонную сигнатуру машины РЗ-БЦА входят следующие параметры, измеренные на холостом ходу:

вибрации точек корпуса машины у виброизоляторов (точки $2'...5'$) по осям x , y и z (табл. 43);

параметры вибрации точек $6'$ и $7'$ по оси z (табл. 44), а также спектры виброперемещений и виброускорений точки $1'$ по осям y и z (табл. 45).

Из данных таблицы 45 видно, что наибольшие значения эффективных виброперемещений и виброускорений точки $1'$ находятся в октавной полосе 31,5 Гц. В ней лежит частота вращения эксцентрикового вала. Таким образом, наибольший вклад вносят колебания на частоте вращения эксцентрикового вала.

Результаты диагностирования виброцентрофугала РЗ-БЦА. В таблице 46 приведены параметры вибраций точек $2'...5'$ машины РЗ-БЦА при работе на холостом ходу.

Сравнение данных таблиц 46 и 43 показывает, что виброперемещения в точках $2'...5'$ по оси x не превышают виброперемещений эталонной машины; виброперемещения в точках $2'...5'$ по оси y превышают виброперемещения эталонной машины в 1,1...1,25 раза; виброперемещения в точках $4'$ и $5'$ по оси z не превышают виброперемещений эталонной машины; виброперемещения в точках $2'$ и $3'$ по оси z превышают виброперемещения эталонной машины в 1,1...1,4 раза.

Виброускорения точек машины РЗ-БЦА превышают, как правило, виброускорения эталонной машины почти в 3 раза.

То, что виброускорения точек несколько превосходят виброускорения эталонной машины, свидетельствует о том, что в машине РЗ-БЦА несколько хуже выполнены сопряжения в кинематических парах.

В целом диагностирование виброцентрофугала РЗ-БЦА показало, что по вибрационным признакам его реальная сигнатура близка эталонной.

Шестиприемный рассев РЗ-БРБ предназначен для сортирования продуктов измельчения, а четырехприемный РЗ-БРВ — для контрольного сепарирования муки в разномольных отделениях мукомольных заводов. Оба типа рассевов имеют одинаковое устройство, отличаются лишь числом секций. Поэтому ниже кратко изложено устройство одного шестиприемного рассева (рис. 33). Корпус 1 рассева подвешен на гибких подвесках из морского камыша 2. Для привода рассева используются электродвигатель 4, клиноременная передача 3, колесо 6, веретено 7 и балансиры, расположенный в центральной секции 5 корпуса; рассев совершает круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости. В шести секциях рассева размещены сита с последовательным и параллельным соединением, на которых сортируются измельченные зерновые продукты.

Вибрационное состояние рассева определяется параметрами кругового поступательного движения его корпуса в горизонтальной плоскости, что учтено при выборе точек измерения вибраций для диагностирования.

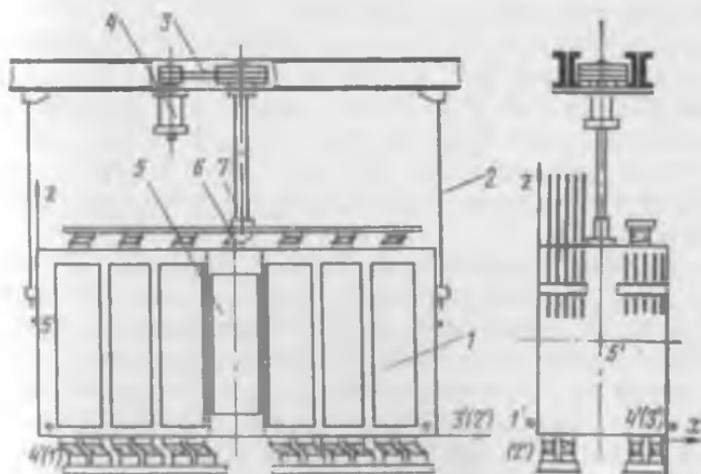


Рис. 33. Общий вид шестиприемного рассева РЗ-БРБ:

1 — корпус; 2 — подвески; 3 — клиноременная передача; 4 — электродвигатель; 5 — центральная секция; 6 — колесо; 7 — веретено.

Эталонная сигнатура. Параметры кругового поступательного движения рассева определяют качество сортирования продуктов измельчения. Эталонная сигнатура содержит параметры этого движения, полученные при работе на холостом ходу и под нагрузкой (табл. 47), а также спектры виброперемещений и виброускорений точки 5' корпуса рассева (табл. 48).

Эталонная сигнатура не содержит параметров вибраций по оси z , так как они малы (находятся в пределах поперечной чувствительности датчиков KD35a).

Из данных таблицы 47 видно, что наличие в эталонном расसेве продукта на величины виброперемещений и виброускорений практически влияния не оказывает. Поэтому при определении реальной сигнатуры рассева достаточно проводить измерения либо на холостом ходу, либо под нагрузкой.

Сдвиг фаз между колебаниями корпуса эталонного рассева по осям x и y в одной и той же точке должен быть 90° . Сдвиг фаз между колебаниями разных точек по одной и той же оси должен быть 0° . Таким образом, анализ эталонной сигнатуры показывает, что корпус эталонного рассева совершает круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости.

Собственная частота угловых колебаний корпуса рассева должна быть 0,7 Гц, что ниже частоты вынужденных колебаний (3,6 Гц). Таким образом, в соответствии с эталонной сигнатурой шестиприемный рассев должен работать в зарезонансном режиме, что требует особого внимания к отработке режимов пуска и остановки серийных машин.

Результаты диагностирования рассева РЗ-БРБ. Техническое диагностирование шестиприемного рассева РЗ-БРБ проводили сразу после установки его на мукомольном заводе. Результаты измерений диагностических параметров при работе рассева на холостом ходу представлены в таблице 49. Сопоставление реальной и эталонной сигнатур (табл. 49 и 47) показывает, что они несколько отличаются друг от друга: например, эффективное виброускорение точек рассева РЗ-БРБ в 1,1...1,17 раза больше эффективного виброускорения эталонной сигнатуры, пиковое виброускорение точек рассева РЗ-БРБ в 1,24...1,55 раза больше пикового виброускорения эта-

47. Эталонная диагностическая сигнатура для шестиприемного рассева РЗ-БРБ

Измеряемый параметр	Номер точки			
	1'		2'	
	Ось			
	x	y	x	y

Холостой ход

Виброперемещение, мм:

$\tilde{\epsilon}_2$	30	30	30	30
$\wedge \epsilon_2$	39...40	39...40	40	40
ϵ_2	39...40	39...40	40	40
\vee				

Виброускорение, м/с²:

\bar{a}_2	15	15	15	15
$\wedge a_2$	27	21	22	23
a_2	27	21	22	23
\vee				

Продолжение

Измеряемый параметр	Номер точки			
	3'		4'	
	Ось			
	x	y	x	y

Холостой ход

Виброперемещение, мм:

$\tilde{\epsilon}_2$	30	30	30	30
$\wedge \epsilon_2$	39...40	39...40	39...41	39...41
ϵ_2	39...40	39...40	39...41	39...42
\vee				

Виброускорение, м/с²:

\bar{a}_2	15	15	15	15
$\wedge a_2$	21	22	26	20
a_2	21	22	26	20
\vee				

Продолжение

Измеряемый параметр	Номер точки			
	1'		2'	
	Ось			
	x	y	x	y

Под нагрузкой

Виброперемещение, мм:

$\tilde{\xi}_2$	30	30	30	30
$\wedge \xi_2$	39...40	39...40	39...40	39...40
ξ_2	39...40	39...40	39...40	39...40

Виброускорение, м/с²:

\tilde{a}_2	14	14	14	14
$\wedge a_2$	27	22	25	23
a_2	27	22	25	23

Продолжение

Измеряемый параметр	Номер точки			
	3'		4'	
	Ось			
	x	y	x	y

Под нагрузкой

Виброперемещение, мм:

$\tilde{\xi}_2$	30	30	30	30
$\wedge \xi_2$	40	40	39...41/	39...41
ξ_2	40	40	39...42	39...42

Виброускорение, м/с²:

\tilde{a}_2	14	14	15	14
$\wedge a_2$	22	22	28	22
a_2	22	22	28	22

48. Эталонные спектры виброперемещений ξ и виброускорений a для точки 5' в направлении оси y корпуса шестиприемного рассева РЗ-БРБ при работе под нагрузкой

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	ξ , мм	a , м/с ²	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	ξ , мм	a , м/с ²
4	29	13,5	125	0	0,5
8	2	1,00	250	0	1,3
16	0,2	0,10	500	0	1,6
31,5	0	0,07	1000	0	1,0
63	0	0,12			

лонной сигнатуры, эффективное виброперемещение точек рассева РЗ-БРБ близко эффективному виброперемещению эталонной сигнатуры, пиковое виброперемещение точек рассева РЗ-БРБ в 1,15 раза больше пикового виброускорения эталонной сигнатуры.

Следует также отметить, что параметры колебаний рассева РЗ-БРБ имеют несколько больший разброс, чем эталонная сигнатура. Это свидетельствует о том, что при холостом ходе рассева РЗ-БРБ по сравнению с эталонным основная форма колебаний его корпуса несколько осложнена. Причиной различия реальной и эталонной сигнатур может быть некоторое отличие в сопряжениях кинематических пар рассева РЗ-БРБ и эталонного рассева.

Сдвиг фаз между колебаниями по осям x и y в одной и той же точке 90° , сдвиг фаз между колебаниями разных точек по одной и той же оси 0° . Таким образом, рассев совершает круговое поступательное движение. Собственная частота угловых колебаний рассева РЗ-БРБ $0,7$ Гц.

В целом диагностирование рассева РЗ-БРБ показало, что его параметры вибраций близки эталонной сигнатуре.

Через 14 мес работы у рассева РЗ-БРБ были повторно определены параметры вибрации. В таблице 50 приведены величины виброперемещений и виброускорений рассева РЗ-БРБ на рабочем ходу, полученные при измерениях в начале эксплуатации и через 14 мес.

Анализ данных таблицы 50 показывает, что виброперемещения точки 1' по осям x и y за 14 мес эксплуата-

49. Реальная диагностическая сигнатура шестиприемного распева РЗ-БРБ при работе на холостом ходу

Измеряемый параметр	Номер точки			
	1'		2'	
	Ось			
	x	y	x	y

Виброперемещение, мм:

$\tilde{\xi}_2$	30	29	28...30	28...30
$\Delta \xi_2$	42...45	38...42	41...43	40...41
ξ_2	43...45	40...44	43	40...43
V				

Виброускорение, м/с²:

\tilde{a}_2	17,5	17	17	16,5
Δa_2	27,5	27...28	26	29...31
a_2	27,5	28	29...32	30...32
V				

Продолжение

Измеряемый параметр	Номер точки			
	3'		4'	
	Ось			
	x	y	x	y

Виброперемещение, мм:

$\tilde{\xi}_2$	29	28...30	29	29
$\Delta \xi_2$	42	42	42...44	40...42
ξ_2	43	40...44	42...44	40...42
V				

Виброускорение, м/с²:

\tilde{a}_2	27	17	17,5	17
Δa_2	27...30	30	27,0	29...30
a_2	27	31	27,0	30...31
V				

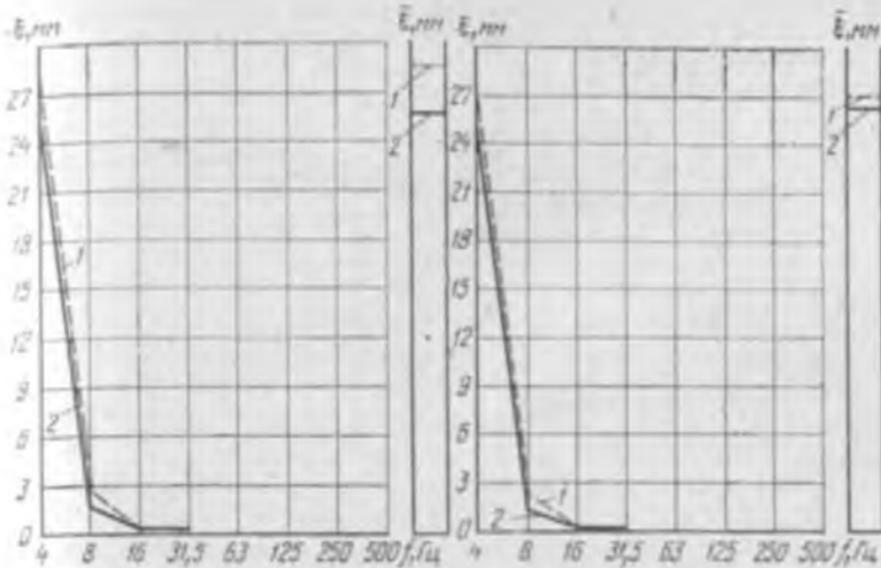


Рис. 34. Спектрограммы виброперемещений точки I' по оси x шестиприемного рассева РЗ-БРБ при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 14 мес.

Рис. 35. Спектрограммы виброперемещений точки I' по оси y шестиприемного рассева РЗ-БРБ при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 14 мес.

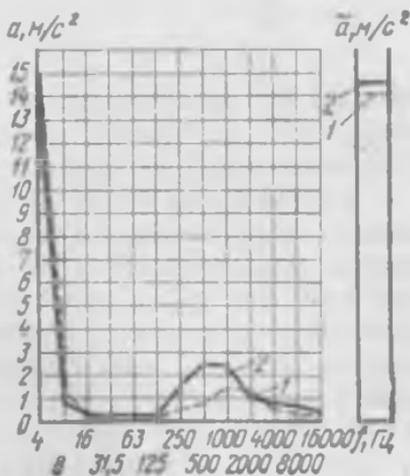
ции и эффективные значения виброускорений практически не изменились, а пиковые значения виброускорений уменьшились в 1,2...1,3 раза.

Таким образом, вибрационное состояние рассева РЗ-БРБ за контрольный период эксплуатации практически не изменилось.

На рисунках 34 и 35 представлены спектро-

Рис. 36. Спектрограммы виброускорений точки I' по оси y шестиприемного рассева РЗ-БРБ при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 14 мес.



50. Реальная диагностическая сигнатура для шестиприемного рассева РЗ-БРБ при работе под нагрузкой (параметры вибраций точки I')

Ось	Измеряемый параметр	В начале эксплуатации	После 14 мес эксплуатации
Виброперемещение, мм:			
x	$\tilde{\xi}_2$	26...27	28
	$\wedge \xi_2$	38	38
	$\vee \xi_2$	38	38
Виброускорение, м/с ² :			
	\tilde{a}_2	15	15
	$\wedge a_2$	31	25
	$\vee a_2$	32	25
Виброперемещение, мм:			
y	$\tilde{\xi}_2$	26	27
	$\wedge \xi_2$	36	37
	$\vee \xi_2$	36...38	37
Виброускорение, м/с ² :			
	\tilde{a}_2	14	14
	$\wedge a_2$	27	22
	$\vee a_2$	27	22

граммы виброперемещений точки I' рассева РЗ-БРБ под нагрузкой по осям x и y, а на рисунке 36 — спектрограммы виброускорений точки I' по оси y.

Спектрограммы построены по данным, полученным в начале эксплуатации и через 14 мес. Анализ спектрограмм свидетельствует об их практически полном совпадении, что также подтверждает вывод о том, что вибрационное состояние рассева РЗ-БРБ за контрольный период эксплуатации изменилось мало. Кроме того, из спектрограмм видно, что наибольшие виброперемещения и виброускорения лежат в диапазоне частот 0...5,6 Гц, т. е. они определяются частотой вращения балансира, равной 3,6 Гц.

Эталонная сигнатура. Исследования эталонного шестиприемного рассева показали, что параметры его колебаний одинаковы при работе на холостом ходу и под нагрузкой. Из анализа эталонной сигнатуры шестиприемного рассева (табл. 47) видно, что измерительные точки 1'...4' (см. рис. 33) имеют одинаковые параметры вибрации.

Поскольку конструкция четырехприемного рассева аналогична шестиприемному, это позволяет сократить для первого объем эталонной сигнатуры. В эталонную сигнатуру войдут параметры вибраций измерительных точек 1' и 3' (см. рис. 33), а также спектры виброперемещений по осн x и виброускорений по оси y точки 1', измеренные при работе рассева под нагрузкой. Эталонная сигнатура четырехприемного рассева РЗ-БРВ приведена в таблицах 51 и 52.

Сдвиг фаз между колебаниями по осям x и y в одной и той же точке должен быть 90° , сдвиг фаз между колебаниями разных точек по одной и той же оси 0° , т. е. рассев должен совершать круговые поступательные колебания в горизонтальной плоскости с частотой вынужденных колебаний 3,6 Гц.

51. Эталонная диагностическая сигнатура для четырехприемного рассева РЗ-БРВ при работе под нагрузкой

Измеряемый параметр	Номер точки			
	1'		3'	
	Ось			
	x	y	x	y
Виброперемещение, мм:				
\tilde{b}_2	28	29	30	30
$\wedge b_2$	40	40	40	40
Σb_2	40	40	40	40
\vee				
Виброускорение, м/с ² :				
\tilde{a}_2	15	15	15	15
$\wedge a_2$	28	23	30	25
Σa_2	28	23	30	25
\vee				

52. Эталонные спектры виброперемещений ξ по оси x и виброускорений a по оси y для точки I' четырехприемного рассева РЗ-БРВ при работе под нагрузкой

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Виброперемещение ξ по оси x , мм	Виброускорение a по оси y , м/с ²	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Виброперемещение ξ по оси x , мм	Виброускорение a по оси y , м/с ²
4	28	9,00	250	0	1,0
8	2,3	0,75	500	0	2,0
16	0,2	0,09	1 000	0	1,7
31,5	0	0,07	2 000	0	0,7
63	0	0,07	4 000 и более	0	0
125	0	0,2			

Результаты диагностирования рассева РЗ-БРВ. Измерения показали, что параметры вынужденных колебаний рассева РЗ-БРВ на холостом ходу и при работе под нагрузкой практически совпадают, колебания совершаются на частоте 3,6 Гц. В таблице 53 приведена реальная диагностическая сигнатура рассева РЗ-БРВ. Сравнение реальной и эталонной сигнатур показывает, что они отличаются незначительно.

Пиковые ускорения у рассева РЗ-БРВ несколько

53. Реальная диагностическая сигнатура четырехприемного рассева РЗ-БРВ при работе на холостом ходу

Измеряемый параметр	Номер точки			
	I'		$3'$	
	Ось			
	x	y	x	y

Виброперемещение, мм:

ξ_2	30	30	30	30
\wedge	42	42	42	42
\wedge	42	42	42	42

Виброускорение, м/с²:

a_2	19	18...18,5	19	19
\wedge	32	34	32	33
\wedge	34	34...36	32	34

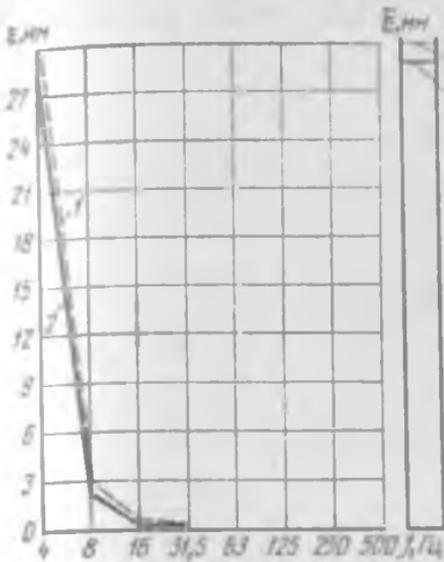


Рис. 37. Спектрограммы виброперемещений точки 1' по оси y четырехприемного рассева РЗ-БРВ при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 12 мес.

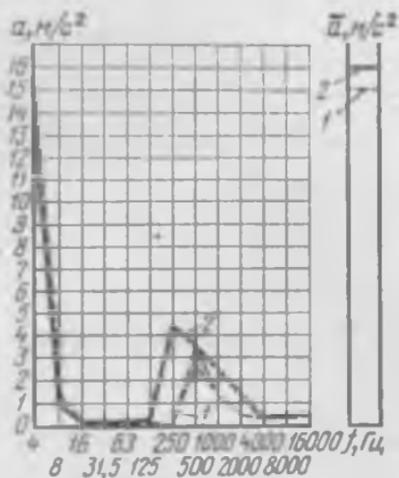


Рис. 38. Спектрограммы виброускорений точки 1' по оси x четырехприемного рассева РЗ-БРВ при работе под нагрузкой:

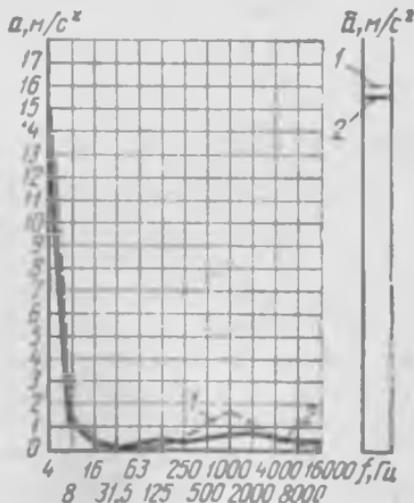
1 — в начале эксплуатации; 2 — через 12 мес.

больше (в 1,2 раза) ускорений эталонного рассева, что может явиться результатом пересопряжения деталей.

Сдвиг фаз между колебаниями по осям x и y в одной и той же точке 90° , сдвиг фаз между колебаниями разных точек по одной и той же оси 0° . Таким образом, рассев совершает круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости.

Рис. 39. Спектрограммы виброускорений точки 1' по оси y четырехприемного рассева РЗ-БРВ при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 12 мес.



54. Параметры вибраций точки I' четырехприемного рассева РЗ-БРВ при работе под нагрузкой

Ось	Измеряемый параметр	В начале эксплуатации	После 12 мес эксплуатации
x	Виброперемещение, мм:		
	$\tilde{\xi}_2$	28,5	29
	$\hat{\xi}_2$	39...40	40
	ξ_2	40...41	40
	Виброускорение, м/с ² :		
	\tilde{a}_2	16	17
	\hat{a}_2	28...30	32
	a_2	28...30	30...32
	y	Виброперемещение, мм:	
$\tilde{\xi}_2$		27,5	27
$\hat{\xi}_2$		38...40	40
ξ_2		38...40	40
Виброускорение, м/с ² :			
\tilde{a}_2		15,5	16
\hat{a}_2		25,5...26,5	24
a_2		26,5...27,5	24

В целом диагностирование рассева РЗ-БРВ показало, что его параметры близки эталонной сигнатуре.

Через 12 мес работы у рассева РЗ-БРВ была повторно определена реальная сигнатура. В таблице 54 приведены параметры вибраций точки I' рассева РЗ-БРВ при работе его под нагрузкой. Данные таблицы 54 говорят о том, что параметры вибрации за контрольный период практически не изменились.

На рисунке 37 представлены спектрограммы виброперемещений точки I' по оси y, а на рисунках 38 и 39 —

спектрограммы виброускорений точки 1' по осям x и y соответственно, построенные по данным измерений в начале эксплуатации и через 12 мес. Анализ спектрограмм свидетельствует об их практически полном совпадении, т. е. вибрационное состояние рассева РЗ-БРВ за год эксплуатации практически не изменилось.

Из рассмотрения приведенных спектрограмм также следует, что наибольшие виброперемещения и виброускорения лежат в диапазоне частот 0...5,6 Гц, т. е. они определяются частотой вращения балансира, равной 3,6 Гц.

Глава 11

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИТОВЕЕЧНОЙ МАШИНЫ А1-БСО

Ситовеечная машина А1-БСО (рис. 40), предназначенная для обогащения крупок, состоит из ситового корпуса 1, корпуса-сборника 2, эксцентрикового колебателя 9 с шатуном 8, электродвигателя 11 с плоскоременной передачей на шкив 10 колебателя, аспирационной камеры 7, станины 6. Двигатель неподвижно установлен на поперечине станины. Ситовой корпус подвешен к станине на трех подвесках 5 с резиновыми торсионными шарнирами (две подвески со стороны двигателя и одна — с противоположной стороны). В ситовом корпусе в три яруса установлены ситовые рамы 4, снабженные инерционными щетками. Корпус-сборник 2 опирается по углам на четыре направляющие 3, прикрепленные к станине 6.

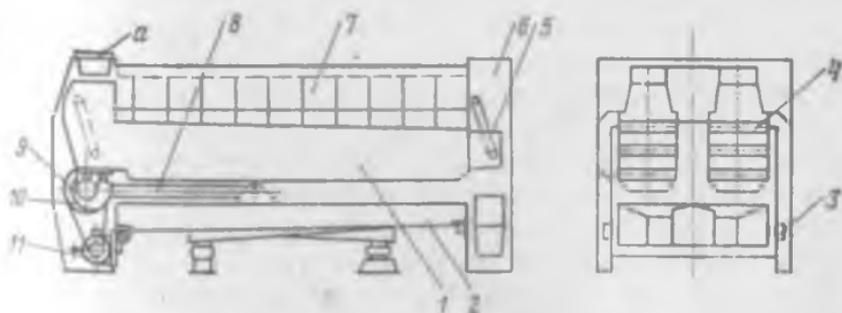


Рис. 40. Общий вид ситовеечной машины А1-БСО:

1 — ситовый корпус; 2 — корпус-сборник; 3 — направляющая; 4 — ситовая рама; 5 — подвеска; 6 — станина; 7 — аспирационная камера; 8 — шатун; 9 — эксцентриковый колебатель; 10 — шкив; 11 — электродвигатель.

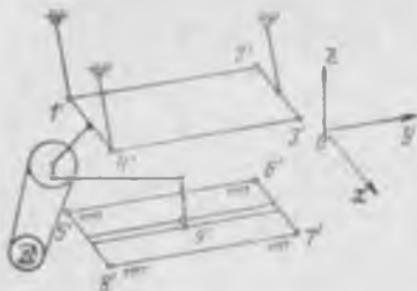


Рис. 41. Схема расположения датчиков на ситовесечной машине А1-БСО (1'...9' — точки измерений).

Разделение частиц компонентов смеси в ситовесечной машине происходит при совместном действии сил тяжести, аэродинамических сил и вибраций. Легкие частицы уносит восходящий поток воздуха, крупные частицы с большой плотностью сходят с сита под воздействием вибраций, а мелкие просеиваются через сито.

Кинематическая схема ситовесечной машины, принятая при диагностировании система координат x , y , z и точки установки датчиков показаны на рисунке 41. Точки 1' и 4' расположены на торце ситового корпуса рядом с осями шарниров подвески. Точки 2' и 3' размещены на противоположном торце ситового корпуса. Точки 5'...8' расположены на продольных связях корпуса-сборника рядом с углами. Точка 9' расположена в середине корпуса-сборника.

Измерение вибраций в точках 1'...4' обеспечивает получение информации о движении рабочего органа машины, определяющего ее технологическую эффективность. Параметры вибраций точек 5'...8' несут информацию о поведении корпуса-сборника. При измерениях вибраций в точке 9' могут быть получены сведения о поведении привода машины.

Эталонная сигнатура. Эталонная диагностическая сигнатура для ситовесечной машины А1-БСО включает параметры вибраций ряда точек и спектр виброперемещений точки 2' (табл. 55 и 56). Из данных таблицы 55 видно, что во всех точках (1'...4') ситового корпуса параметры виброперемещений и эффективных виброускорений близки. Аналогичное заключение можно сделать относительно вибраций корпуса-сборника (точки 5'...9').

Контрольные измерения вибраций точки 2', выполненные при работе ситовесечной машины на холостом ходу, свидетельствуют о том, что эффективные параметры вибраций этой точки практически не изменяются при переходе от холостого хода к работе под нагрузкой. Спект-

55. Эталонная диагностическая сигнатура для ситовесечной машины А1-БСО

Номер точки	Виброперемещение, мм			Виброускорение, м/с ²		
	ξ	Λ ξ	ξ ∇	\bar{a}_z	Λ a_z	a_z ∇
Холостой ход						
1'	4,2	6,1	6,1	16	40...45	40...45
2'	4,2	6,1	6,1	15	32	34
3'	4,2	6,1	6,1	16,5	43	42
4'	4,1	6,1	6,1	17	70...80	50
5'	7,2	11	11	24	38	38
6'	7,3	11	11	24	38	38
7'	7,3	11	11	24	38	38
8'	7,3	11	11	24	38	40
9'	7,3	11	11	27	75	71

Под нагрузкой

2'	4,2	6,1	6,1	17,5	58	50
----	-----	-----	-----	------	----	----

56. Эталонный спектр виброперемещений по оси y для точки 2' ситового корпуса ситовесечной машины А1-БСО

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Холостой ход	Под нагрузкой
4	0,72	0,70
8	4,10	4,20
16	0,94	0,92
31,5	0,073	0,070
63	0,014	0,012
125 и более	0	0

57. Реальная диагностическая сигнатура для ситовесечной машины А1-БСО (параметры вибраций измерительных точек в направлении оси y)

Номер точки	Виброперемещение, мм			Виброускорение, м/с ²		
	ξ_0	Λ ξ	ξ ∇	\bar{a}_z	Λ a_z	a_z Λ
Холостой ход						
1'	4,4	6,8	6,6	14,5	28	28
2'	4,4	6,5	6,5	14,5	26	26
3'	4,3	6,4	6,4	14,0	26	26
4'	4,3	6,5	6,4	14,2	26	26
5'	8	12,0	12	26,0	50	46
6'	8	12,5	12	27,0	50	48
7'	8	12,5	12	26,0	48	46
8'	8	12,5	12	26,5	50	48
9'	8	12,5	12,5	26,0	44	44

Под нагрузкой

2'	4,3	6,2	6,2	14	23	25
----	-----	-----	-----	----	----	----

ральный состав виброперемещений ситового корпуса также одинаков на холостом ходу и под нагрузкой (табл. 56). Это позволяет при практическом приложении метода диагностирования к определению технического состояния ситовеечной машины А1-БСО сократить объем измерений, ограничившись измерениями на одном из режимов (работа под нагрузкой или холостой ход).

Обращает на себя внимание значительное превышение виброускорений точки 9' корпуса-сборника над виброускорениями его точек 5'...8'. Оно может быть объяснено влиянием ударов при пересопряжении деталей в зазоре шарнирного соединения шатуна с пальцем корпуса-сборника (точка 9' расположена вблизи этого шарнира).

Результаты диагностирования ситовеечной машины А1-БСО. Приведенная выше эталонная диагностическая сигнатура была применена для определения технического состояния машины после ее монтажа и обкатки на мукомольном заводе. Результаты измерения вибрационных параметров, полученные при диагностировании, приведены в таблицах 57 и 58. Из сопоставления данных этих таблиц с эталонной диагностической сигнатурой следует, что все диагностические параметры исследуемой машины практически совпадают с эталонными, что свидетельствует о вполне удовлетворительном качестве изготовления и монтажа машины.

58. Спектр виброперемещений по оси y для точки 2' ситового корпуса ситовеечной машины А1-БСО при работе на холостом ходу

Среднегеометрическая частота октавн. полосы, Гц	Виброперемещение ξ , мм
4	0,64
8	4,40
16	1,10
31,5	0,07
63	0,01
125 и более	0

Установлено, что для диагностируемой машины как эффективные, так и пиковые значения виброперемещений во всех четырех точках по углам ситового корпуса практически одинаковы, что является одним из условий правильного выполнения машиной ее технологических функций.

Однако у диагностируемой машины несколько ниже эффективные и (особенно) пиковые значения виброускорений. Разброс величин виброускорений в разных точках по углам ситового корпуса у исследуемой машины ниже, чем у эталонной. Это свидетельствует о том, что в исследуемой машине лучше выполнены сопряжения в кинематических парах, поскольку известно, что пересопряжение при выборе зазоров в кинематических парах является одной из причин возрастания пиковых значений виброускорений при почти неизменных их эффективных значениях.

Дополнительные измерения на той же самой ситовеечной машине были выполнены через 13 мес ее эксплуатации.

В качестве примера в таблице 59 приведены результаты измерений для точек 2' и 6'. Из данных таблицы видно, что значения виброперемещений и виброускорений в одноименных точках ситовеечной машины А1-БСО, измеренные через 13 мес, почти не изменились. Отметим лишь небольшое уменьшение пиковых значений виброускорений, что, по всей вероятности, связано с приработкой сопряженных в кинематических парах деталей.

Из спектрограммы виброперемещений видно, что в точке 2' (рис. 42) спектральный состав колебаний также практически не изменился.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о стабильности вибрационных характеристик ситовеечной машины А1-БСО во времени.

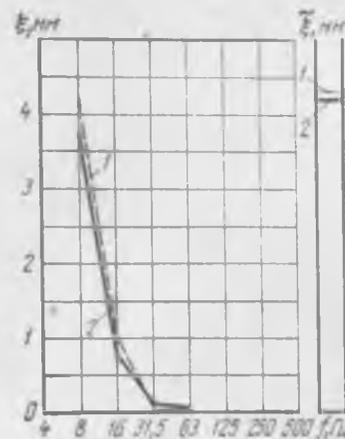


Рис. 42. Спектрограммы виброперемещений точки 2' ситовеечной машины А1-БСО по направлению оси y при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 13 мес.

59. Параметры вибраций по оси y точек 2' и 6' ситовсечной машины А1-БСО при работе под нагрузкой

Измеряемый параметр	В начале эксплуатации		Через 13 мес	
	номер точки			
	2'	6'	2'	6'
Виброперемещение, мм:				
$\tilde{\epsilon}_0$	4,3	7,7	4,2	7,8
$\wedge \epsilon_0$	6,2	12,0	6,0	11,7
$\vee \epsilon_0$	6,2	11,5	6,0	11,7
Виброускорение, м/с ² :				
\tilde{a}_2	14	27	13,7	25,3
$\wedge a_2$	23	46	21,5	42,0
$\vee a_2$	25	48	21,0	40,0

Глава 12

**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ
С ПРОСЕИВАЮЩИМИ МАШИНАМИ А1-БПК**

Установка (рис. 43) включает две машины 3 и 4, укрепленные на общей раме 5. Стойки 8 рамы 5 прикреплены к полу. Каждая машина А1-БПК снабжена индивидуальным электроприводом с клиноременной передачей для привода ротора. Вокруг ротора машины расположено быстросъемное цилиндрическое сито. Это сито расположено в стальном корпусе, обеспечивающем сбор продукта. Из корпуса каждой машины продукт поступает в общий бункер 7, к фланцу 6 которого прикреплен фланец шлюзового затвора (на рисунке не показан). Примеси выводят через патрубки 2.

Принятые при диагностировании направления осей координат и расположение точек измерения вибраций показаны на рисунке 43.

Эталонная сигнатура. При диагностировании измеряют параметры вибраций рамы (точка 1'), фланца 1 у подшипников роторов каждой из двух машин (точки 2'

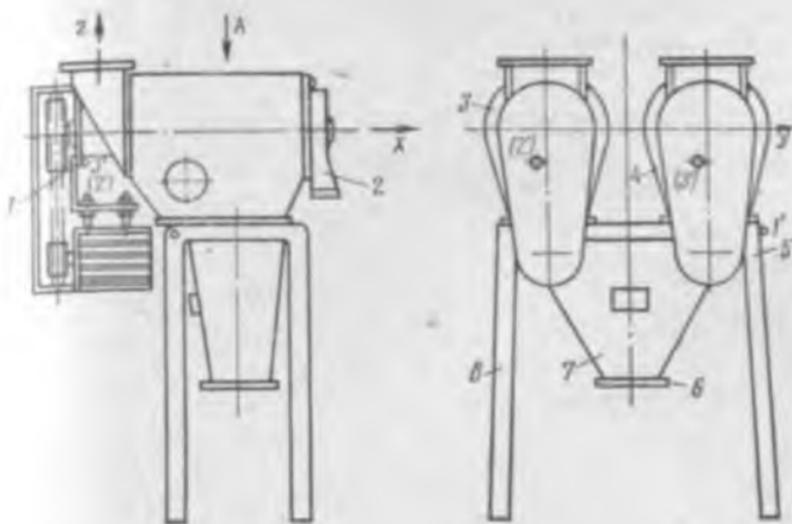


Рис. 43. Общий вид установки с просеивающими машинами А1-БПК:

1 — фланец; 2 — патрубок; 3, 4 — просеивающие машины; 5 — рама; 6 — флавец; 7 — бункер; 8 — стойка.

и 3'). Выбор точек обусловлен следующими соображениями. Динамическую модель машины можно представить в виде ротора на двух опорах, каждая из которых обладает упругими и диссипативными свойствами. В общем случае характеристики опор нелинейны, а ротор имеет статическую и динамическую неуравновешенность, приводящую к возникновению возбуждения колебаний; кроме того, источниками возбуждения колебаний являются погрешности изготовления колец, тел качения и сепараторов подшипников. Естественно, что колебания опоры ротора несут информацию о качестве балансировки ротора, дефектах опор вала, а также об изменениях упруго-диссипативных свойств, вызванных особенностями изготовления и монтажа деталей, примыкающих к опорам. Это свидетельствует о том, что желательно использовать в качестве диагностических признаков параметры вибраций точек, расположенных вблизи опор вала. В качестве таких точек следует принять точки 2' и 3' (см. рис. 43).

Кроме того, при диагностировании используют точку 1' крепления машины к раме, поскольку на основе анализа ее вибраций можно судить о передаче динамических нагрузок от машины к ее основанию.

60. Эталонная диагностическая сигнатура для установки с просеивающими машинами А1-БПК при работе на холостом ходу

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки			
		1	2'	3'	
X	Виброперемещение, мкм:				
	$\tilde{\xi}_0$	58...72	30	60	
	$\wedge \xi_0$	100	50	110	
	ξ_0 V	100	55	120	
	Виброускорение, м/с ² :				
	\tilde{a}_2	1,1	3,6	2,5	
	$\wedge a_2$	3,6	11,0	9,0	
	a_2 V	3,2	14,0	9,2	
	Y	Виброперемещение, мкм:			
		$\tilde{\xi}_0$	66	50...67	50
$\wedge \xi_0$		100	100,0	100	
ξ_0 V		111	100,0	100	
Виброускорение, м/с ² :					
\tilde{a}_2		1,3	2,3	1,2	
$\wedge a_2$		4,0	7,0	3,2	
a_2 V		4,0	8,7	3,2	
Z		Виброперемещение, мкм:			
		$\tilde{\xi}_0$	13	12	20
	$\wedge \xi_0$	25	23	44	
	ξ_0 V	19	22	38	
	Виброускорение, м/с ² :				
	\tilde{a}_2	1,9	2,2	1,3	
	$\wedge a_2$	5,0	9,0	3,4	
	a_2 V	4,1	8,2	4,0	

61. Эталонная диагностическая сигнатура для установки с просенвающими машинами А1-БПК при работе под нагрузкой

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки		
		1'	2'	3'

Виброперемещение, мкм:

x	$\tilde{\epsilon}_0$	80	55	60...80
	$\wedge \epsilon_0$	140	100	220
	$\vee \epsilon_0$	140	100	280

Виброускорение, м/с²:

\tilde{a}_2	1,5	4	3,2...3,5
$\wedge a_2$	5,0	15	15,0
$\vee a_2$	5,6	24	16,0

Виброперемещение, мкм:

y	$\tilde{\epsilon}_0$	80	65	60...70
	$\wedge \epsilon_0$	120	150	160
	$\vee \epsilon_0$	140	140	150

Виброускорение, м/с²:

\tilde{a}_2	1,2	2,2	1,4
$\wedge a_2$	4,0	9,4	6,0
$\vee a_2$	3,6	9,2	7,0

Виброперемещение, мкм:

z	$\tilde{\epsilon}_0$	22	20	30
	$\wedge \epsilon_0$	37...40	34	92
	$\vee \epsilon_0$	50	30	78

Виброускорение, м/с²:

\tilde{a}_2	1,6	2,0	1,9
$\wedge a_2$	7,0	7,8	8,7

Таким образом, эталонная сигнатура включает в себя параметры вибраций указанных выше точек на холостом ходу (табл. 60) и при работе под нагрузкой (табл. 61).

Результаты диагностирования установки с просеивающими машинами А1-БПК. В процессе диагностирования установки с просеивающими машинами А1-БПК были измерены параметры вибраций в условиях, аналогичных тем, при которых была определена диагностическая сигнатура (табл. 62 и 63). Из сопоставления данных таблиц можно установить, что у диагностируемой установки эффективные и пиковые значения виброперемещений при работе на холостом ходу и под нагрузкой ниже, чем содержащиеся в эталонной сигнатуре. Это свидетельствует об удовлетворительном техническом состоянии установки. У диагностируемой установки (в основном у точки 3') имеется заметное превышение виброускорений по сравнению с эталонными. Тот факт, что рост виброускорений не вызвал увеличения виброперемещений, свидетельствует о возникновении высокочастотных составляющих колебаний, причина которых, как это следует из приведенной выше динамической модели, заключается в погрешностях подшипников качения ротора.

Через 13 мес было повторно проведено диагностирование машины. Реальная диагностическая сигнатура для этого случая содержится в таблице 64. Ее сравнение с реальной сигнатурой, приведенной в таблице 63, свидетельствует о том, что за указанное время произошло уменьшение виброперемещений точки 1' по осям x , y , z ; виброускорения этой точки по осям x и z уменьшились, а по оси y несколько возросли.

Наряду с этим возросли виброперемещения точек 2' и 3' по осям x и z .

Однако, как видно из сравнения реальной сигнатуры (табл. 64) и эталонной (см. табл. 61), виброперемещения исследуемых точек диагностируемой машины практически не превышают виброперемещений, содержащихся в эталонной сигнатуре. Виброускорения точки 3' диагностируемой машины через 13 мес эксплуатации стали в 2...5 раз больше, чем у эталонной машины. Наряду с этим виброускорения по осям x , y , z точки 2' уменьшились по сравнению с эталонными значениями. Также уменьшились виброускорения точки 1' по осям x и z при неболь-

62. Реальная диагностическая сигнатура для установки с просеивающими машинами А1-БПК при работе на холостом ходу

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки		
		1'	2'	3'
	Виброперемещение, мкм:			
x	$\tilde{\xi}_0$	35...60	30	40
	$\wedge \xi_0$	50...70	70	65
	$\vee \xi_0$	50...90	60	76
	Виброускорение, м/с ² :			
x	\tilde{a}_2	0,8	4,8	7
	$\wedge a_2$	3,2	21,0	24
	$\vee a_2$	3,2	20,0	24
	Виброперемещение, мкм:			
y	$\tilde{\xi}_0$	20	24	15
	$\wedge \xi_0$	43	42	50
	$\vee \xi_0$	67	42	46
	Виброускорение, м/с ² :			
y	\tilde{a}_2	0,8	2,6	2,7
	$\wedge a_2$	3,0	9,8	9,5
	$\vee a_2$	3,0	10,0	10,0
	Виброперемещение, мкм:			
z	$\tilde{\xi}_0$	10	12,0	15
	$\wedge \xi_0$	20	18,0	28
	$\vee \xi_0$	20	20,0	30
	Виброускорение, м/с ² :			
z	\tilde{a}_2	1,0	3,8	4,3
	$\wedge a_2$	3,3	12,0	11,0
	$\vee a_2$	3,0	12,0	15,0

63. Реальная диагностическая сигнатура для установки с просенвающими машинами А1-БПК при работе под нагрузкой

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки			
		1'	2'	3'	
x	Виброперемещение, мкм:				
	$\tilde{\xi}_0$	40	30	30	
	$\hat{\xi}_0$	86	94	60	
	$\sqrt{\xi_0}$	54	100	85	
	Виброускорение, м/с ² :				
	\tilde{a}_2	1,6	5	4	
	\hat{a}_2	4,7	24	11	
	$\sqrt{a_2}$	4,9	24	11	
	y	Виброперемещение, мкм:			
		$\tilde{\xi}_0$	34,0	38,0	40
$\hat{\xi}_0$		68,0	96,0	94	
$\sqrt{\xi_0}$		60,0	92,0	90	
Виброускорение, м/с ² :					
\tilde{a}_2		1,1	3	8	
\hat{a}_2		3,4	10	26	
$\sqrt{a_2}$		4,4	11	27	
z		Виброперемещение, мкм:			
		$\tilde{\xi}_0$	20	15	20
	$\hat{\xi}_0$	38	70	60	
	$\sqrt{\xi_0}$	32	50	60	
	Виброускорение, м/с ² :				
	\tilde{a}_2	1,7	2,8	5,5	
	\hat{a}_2	5,3	9,0	20,0	
	$\sqrt{a_2}$	6,0	9,4	23,0	

64. Реальная диагностическая сигнатура для установки с просеивающими машинами А1-БПК при работе под нагрузкой, полученная через 13 мес эксплуатации

Ось	Измеряемый параметр	Номер точки		
		1'	2'	3'
x	Виброперемещение, мкм:			
	$\tilde{\xi}_0$	40	36...60	70
	$\wedge \xi_0$	76	170	100
	$\vee \xi_0$	68	160	150
	Виброускорение, м/с ² :			
	\tilde{a}_2	1,5	4	17
	$\wedge a_2$	4,3	12	44
	$\vee a_2$	4,5	14	42
	y	Виброперемещение, мкм:		
$\tilde{\xi}_0$		28	30...60	30...80
$\wedge \xi_0$		50	130	90
$\vee \xi_0$		46	130	88
Виброускорение, м/с ² :				
\tilde{a}_2		1,5	2,2	3,5
$\wedge a_2$		4,9	8,1	9,4...10
$\vee a_2$		4,8	7,0	4,8
z		Виброперемещение, мкм:		
	$\tilde{\xi}_0$	4,4	34	35
	$\wedge \xi_0$	10,0	52	60
	$\vee \xi_0$	13,0	56	74
	Виброускорение, м/с ² :			
	\tilde{a}_2	1,5	4,4	7,2
	$\wedge a_2$	4,4	12,0	21,0
	$\vee a_2$	5,2	14,0	22,0

шом возрастании ее виброускорения по оси y (на 25...33 %). Из изложенного можно заключить, что техническое состояние диагностируемой установки с просенвающими машинами А1-БПК удовлетворительное.

Глава 13

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ВИБРОРАЗГРУЗЧИКА РЗ-БВА-130

Виброразгрузчик РЗ-БВА-130, предназначенный для обеспечения бесперебойного опорожнения силосов склада бестарного приема, хранения и отпуска муки, монтируют в нижней части силосов отделения готовой продукции.

Виброразгрузчик (рис. 44) состоит из мотора-вибратора 1, создающего вибрацию подвижной части 2 разгрузчика. Неподвижная часть 4 жестко соединена с

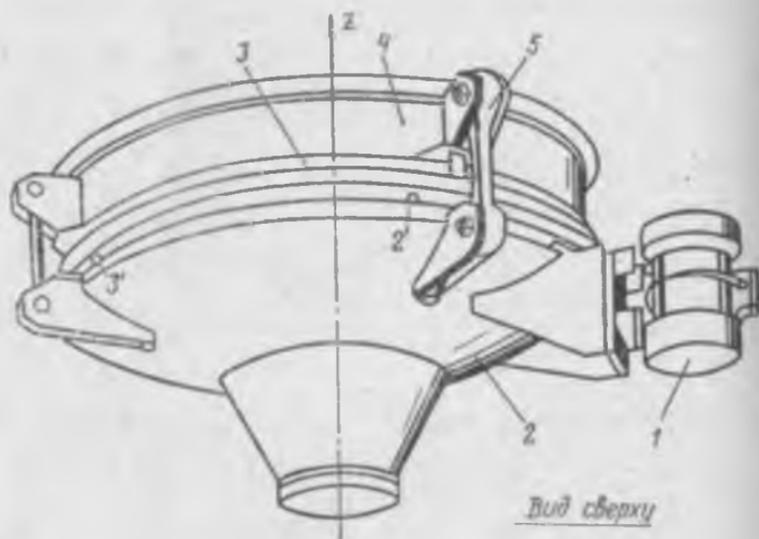


Рис. 44. Общий вид виброразгрузчика РЗ-БВА-130:

1 — мотор-вибратор; 2 — подвижная часть; 3 — резиновый жгут; 4 — неподвижная часть; 5 — болт.

силосом, между подвижной частью и неподвижной проложен резиновый жгут 3. Вибрационное состояние виброразгрузчика, являющееся функцией его технического состояния, обуславливается параметрами вибрации его подвижной части. Поэтому в качестве диагностических признаков определяют параметры вибраций разгрузчика. Измерительные точки располагают рядом с болтами 5, стягивающими его подвижную и неподвижную части. Поскольку при длительной работе виброразгрузчика без продукта оно может выйти из строя, измерения на холостом ходу проводят в ограниченное время.

Эталонная сигнатура. Данные представлены в таблицах 65 и 66. Наибольшие виброперемещения и виброускорения эталонного виброразгрузчика наблюдаются в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 31,5 Гц.

Результаты диагностирования виброразгрузчика РЗ-БВА-130. В таблице 67 приведены параметры вибраций точек 1'...4' при работе его на холостом ходу, полученные при диагностировании. Анализ данных таблиц 65 и 67 показывает, что при работе эталонной машины и

65. Эталонная диагностическая сигнатура для виброразгрузчика РЗ-БВА-130 при работе на холостом ходу

Измеряемый параметр	Номер точки					
	1'			2'		
	Ось					
	x	y	z	x	y	z

Виброперемещение, мм:

$\bar{\xi}_1$	1,8	0,5	0,3	0,17	1,8	0,4
$\wedge \xi_1$	2,5	0,8	0,5	0,25	2,5	0,6
ξ_1 v	2,5	0,8	0,5	0,28	2,5	0,55

Виброускорение, м/с²:

\bar{a}_2	39	11	3,5	4,0	38	9
$\wedge a_2$	55	15	12	5,5	53	23
a_2 v	55	15	12	5,5	53	24

Измеряемый параметр	Номер точки					
	3'			4'		
	Ось					
	x	y	z	x	y	z

Виброперемещение, мм:

$\tilde{\xi}_0$	2,5	0,8	0,08	0,35	2,5	0,10
$\wedge \xi_0$	3,2	1,2	0,10	0,5	3,5	0,15
ξ_0 V	3,2	1,2	0,17	0,5	3,5	0,15

Виброускорение, м/с²:

\tilde{a}_2	55	22	6	12	60	12
$\wedge a_2$	80	30	12	22	85	170
a_2 V	80	30	12	30	85	85

66. Эталонные спектры виброперемещений ξ и виброускорений a для точек 1' и 4' виброразгрузчика РЗ-БВА-130 при работе на холостом ходу

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Номер точки			
	1' в направлении оси x		4' в направлении оси y	
	ξ , мм	a , м/с ²	ξ , мм	a , м/с ²
4	0,03	0,3	0,03	0,3
8	0,04	1,0	0,05	1,2
16	1,00	24,0	1,2	28,0
31,5	1,45	32,0	2,3	50,0
63	0,05	1,5	0,08	2,0
125	0	0,2	0,07	0,4
250	0	0,1	0	0,4
500	0	0,2	0	0,6
1 000	0	0,3	0	0,3
2 000	0	0,2	0	0,3
4 000	0	0,5	0	0,8
8 000	0	0,4	0	0,9
16 000	0	0	0	0,7

диагностируемого виброразгрузчика РЗ-БВА-130 амплитуда виброперемещений и виброускорений у эталонной машины в 1,25...2,8 раза больше, чем у машины РЗ-БВА-

67. Реальная диагностическая сигнатура для виброразгрузчика РЗ-БВА-130 при работе на холостом ходу

Измеряемый параметр	Номер точки					
	1'			2'		
	Ось					
	x	y	z	x	y	z

Виброперемещение, мм:

$\overline{r}_{\text{в}}$	1,3	0,50	0,10	0,5	1,25	0,05... 0,17
$\wedge_{\text{в}}$	2,3	0,90	0,35	0,9	2,3	0,25... 0,28
$\nabla_{\text{в}}$	2,4	0,95	0,35	1,0	2,3	0,28... 0,3

Виброускорение, м/с^2 :

\overline{a}_2	30	12	3,2	12	29	3,8
Δa_2	58	35...37	22	30	58	18...20
a_2	60	35...37	18...20	28...30	59	17...19

Продолжение

Измеряемый параметр	Номер точки					
	3'			1'		
	Ось					
	x	y	z	x	y	z

Виброперемещение, мм:

$\overline{r}_{\text{в}}$	0,88	0,53	0,05... 0,1	0,5	0,94	0,06... 0,095
$\wedge_{\text{в}}$	1,7	1,2...1,4	0,2	1,2	1,8	0,1... 0,15
$\nabla_{\text{в}}$	1,7	1,3...1,5	0,2... 0,25	1...1,1	1,7	0,14

Виброускорение, м/с^2 :

\overline{a}_2	20	13	2,3	12	21,5	2,2
$\wedge a_2$	43	33	8...10	35	44,0	9...10
a_2	44	35	9	33	44,0	9,5

68. Спектр виброперемещений для точки 1' виброразгрузчика РЗ-БВА-130 при работе на холостом ходу

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Виброперемещение точки 1' по оси x, мм
4	0,03
8	0,02
16	0,64
31,5	1,15
63	0,42
125 и более	0

69. Параметры вибраций точки 1' виброразгрузчика РЗ-БВА-130 при работе под нагрузкой

Ось	Измеряемый параметр	В начале эксплуатации	Через 11 мес. эксплуатации
x	Виброперемещение, мм:		
	\tilde{b}_0	0,8	0,8
	$\wedge b_0$	1,2	1,2
	$\sim b_0$	1,2	1,2
	\vee		
	Виброускорение, м/с ² :		
	\tilde{a}_2	18...20	20
	$\wedge a_2$	27...30	30
	$\sim a_2$	26	32
	\vee		
y	Виброперемещение, мм:		
	\tilde{b}_0	0,3	0,4
	$\wedge b_0$	0,5	0,5
	$\sim b_0$	0,5	0,5
	\vee		
	Виброускорение, м/с ² :		
	\tilde{a}_2	9	10
	$\wedge a_2$	13	14
	$\sim a_2$	13	14
	\vee		

Измеряемый параметр	В начале эксплуатации	Через 11 мес. эксплуатации
Виброперемещение, мм:		
$\sqrt{\dot{w}_0^2}$	0,15	0,15
$\sqrt{\dot{w}_0^2}$	0,22	0,22
$\sqrt{\dot{w}_0^2}$	0,22	0,22
Виброускорение, м/с ² :		
\ddot{w}_0	3,2	3,6
a_0	6,0	7,0
a_0	6,0	8,0

130. Из данных этих же таблиц следует, что вибрационное состояние эталонной машины характеризуется несколько большей интенсивностью, чем у виброразгрузчика РЗ-БВА-130. Испытания показали, что в обоих случаях технологический процесс протекает нормально. Очевидно, что при режиме вибрации, осуществленном в серийной машине, нагрузки, действующие на нее, будут меньше, чем в эталонной, что будет способствовать повышению долговечности виброразгрузчика РЗ-БВА-130.

Спектральный состав виброперемещений точки I' по оси x при работе на холостом ходу представлен в таблице 68. Наибольшие виброперемещения наблюдаются в октавной полосе со средней геометрической частотой 31,5 Гц, в которой лежит частота вращения вала мотора-вибратора, равная 23 Гц.

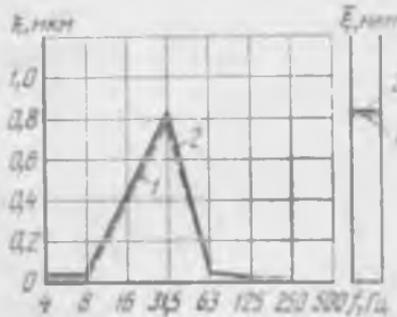


Рис. 45. Спектрограммы виброперемещений точки I' виброразгрузчика РЗ-БВА-130 в направлении оси x при работе под нагрузкой:

1 — в начале эксплуатации; 2 — через 11 мес.

В целом данные реальной диагностической сигнатуры свидетельствуют об удовлетворительном вибрационном состоянии виброразгрузчика РЗ-БВА-130.

Через 11 мес после начала эксплуатации были проведены контрольные измерения реальной сигнатуры виброразгрузчика РЗ-БВА-130 при работе под нагрузкой. В таблице 69 представлены результаты измерений вибраций точки 1' в начале эксплуатации и через 11 мес. Виброперемещения точки 1' по осям x , y и z в обоих случаях практически совпадают, а виброускорения точки 1' несколько увеличились (на 10...30 %).

На рисунке 45 представлены спектрограммы виброперемещений точки 1' в направлении оси x виброразгрузчика РЗ-БВА-130 при работе под нагрузкой. Кривые в начале эксплуатации и через 11 мес практически совпадают.

Таким образом, результаты измерений свидетельствуют о том, что за период эксплуатации в течение 11 мес виброперемещения точки 1' практически не изменились, а виброускорения увеличились в 1,1..1,3 раза.

Глава 14

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПО ШУМОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ МАШИН, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ КОМПЛЕКТА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО МЕЛЬНИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

СЕПАРАТОР А1-БИС-100

Эталонная диагностическая сигнатура для сепаратора А1-БИС-100 представлена в виде графиков значений уровня звука, октавных уровней звукового давления на условном рабочем месте (рис. 46) и октавных и скорректированных уровней звуковой мощности (рис. 47). На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для сепаратора А1-БИС-100.

Анализ результатов измерений шума на условных рабочих местах (рис. 46) показывает, что шум эталонного сепаратора (кривая 1) по уровню звука на 1 дБА выше, чем у сепаратора А1-БИС-100 (кривая 2).

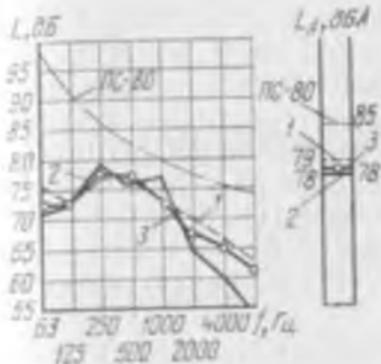


Рис. 46. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у сепараторов А1-БИС-100:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — реальная сигнатура через 14 мес.

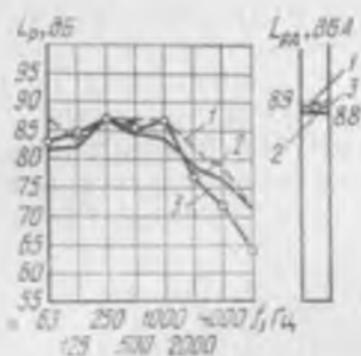


Рис. 47. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности сепараторов А1-БИС-100:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 14 мес.

Уровни же звукового давления у сепаратора А1-БИС-100 выше значений эталонной сигнатуры в октавных полосах со средними геометрическими частотами $f_{с.г}=250$ и 1000 Гц. В остальных областях спектра шум сепаратора А1-БИС-100 ниже значений эталонной сигнатуры, особенно в высокочастотной области его спектра.

Анализ звукового поля вокруг эталонного сепаратора показывает, что максимальные уровни звукового давления во всем диапазоне спектра шума у эталонного сепаратора определяет зона напротив его привода и правой боковой стенке (если стоять лицом к приводу); у сепаратора А1-БИС-100 максимальный шум выявлен также напротив привода, однако различие уровней звука и звукового давления в этой зоне по сравнению с другими зонами невелико. Таким образом, звуковое поле вокруг сепаратора А1-БИС-100 достаточно равномерно, в то время как у эталонного сепаратора имеются две зоны (привод, правая стенка), где уровни звука и звукового давления выше других зон вокруг сепаратора.

Через 14 мес эксплуатации сепаратора А1-БИС-100 была определена его реальная диагностическая сигнатура, которая представлена на рисунках 46 и 47 (кривая 3).

По мере работы сепаратора А1-БИС-100 под нагрузкой в течение 14 мес реальная диагностическая сигнатура

ра его изменилась: она снизилась в октавной полосе с $f_{с.г}=1000$ Гц и повысилась в октавных полосах с $f_{с.г}=63, 2000, 4000$ и 8000 Гц, приближаясь к эталонной.

В целом шумовые характеристики сепаратора А1-БИС-100 близки значениям эталонной сигнатуры, а уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах не превышают допустимые (ПС-80).

СЕПАРАТОР А1-БИС-12

Для диагностирования сепаратора А1-БИС-12 может быть использована эталонная диагностическая сигнатура, представленная в виде графиков значений уровня звука, октавных уровней звукового давления на условном рабочем месте (рис. 48) и октавных и скорректированных уровней звуковой мощности (рис. 49). На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для сепаратора А1-БИС-12. Анализ результатов измерений шума на рабочем месте (рис. 48) показывает, что уровни звука и звукового давления сепаратора А1-БИС-12 (кривая 2) ниже шума эталонного сепаратора. Особенно большая разница видна в низкочастотной и высокочастотной областях спектра шума.

По уровню звука данные реальной диагностической сигнатуры меньше значений эталонной сигнатуры на 4 дБА и по скорректированному уровню звуковой мощности также на 4 дБА.

Анализ распределения звукового поля на измерительной поверхности вокруг сепараторов показывает, что наибольшие уровни звука и звукового давления определяет зона напротив привода сепаратора. В этой зоне наблюдаются максимальные уровни звукового давления по сравнению с другими точками вокруг сепаратора. Полоса спектра, где уровни звукового давления максимальные, составляет 250...8000 Гц.

Через 13 мес эксплуатации сепаратора А1-БИС-12 была определена его реальная диагностическая сигнатура, которая представлена на рисунках 48 и 49 кривой 3.

По мере работы сепаратора значения реальной диагностической сигнатуры несколько снизились, в основном в высокочастотной области спектра при измерениях на условном рабочем месте, шумовые же характеристики улучшились во всем спектре шума на 1...5 дБ. Скорректированный уровень звуковой мощности снизился на 2 дБА.

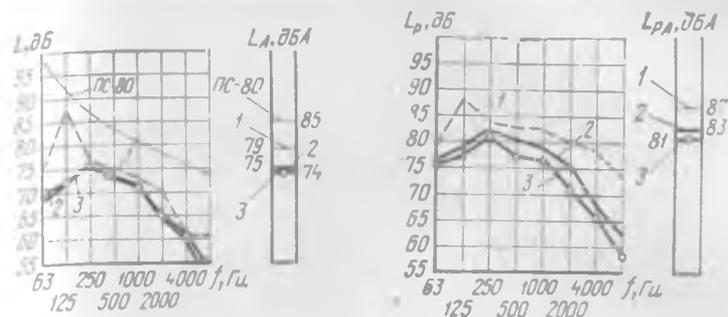


Рис. 48. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах сепараторов А1-БИС-12:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 13 мес.

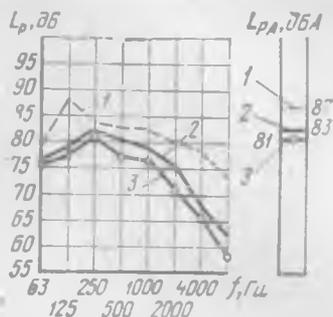


Рис. 49. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности сепараторов А1-БИС-12:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 13 мес.

Таким образом, в процессе эксплуатации детали сепаратора А1-БИС-12 приработались и значения его реальной диагностической сигнатуры улучшились.

В целом шумовые характеристики сепаратора А1-БИС-12 лучше данных эталонной сигнатуры и в процессе эксплуатации они несколько улучшились; уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах не превышают допустимые нормы (ПС-80).

КАМНЕОТДЕЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА РЗ-БКТ

Эталонная диагностическая сигнатура камнеотделительной машины РЗ-БКТ представляет собой совокупность графиков, представленных на рисунках 50 и 51. На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для камнеотделительной машины РЗ-БКТ.

Анализ шума на рабочем месте позволяет сделать вывод о том, что значения параметров реальной сигнатуры больше параметров эталонной сигнатуры. Это наблюдается в основном в высокочастотной области спектра шума (начиная с $f_{с.г}=1000$ Гц) и в октавной полосе с $f_{с.г}=63$ Гц. По уровню звука превышение составляет 4 дБА. Уровни звуковой мощности (см. рис. 51) имеют аналогичную зависимость между реальной и эталонной сигнатурами (отличие составляет 5 дБА).

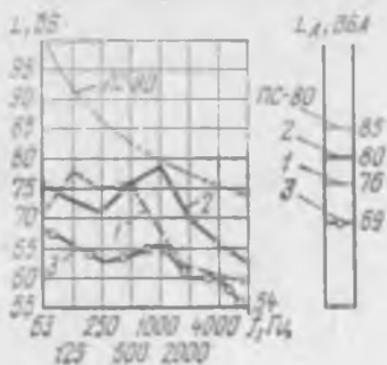


Рис. 50. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у камнеотделительных машин РЗ-БКТ:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 9 мес

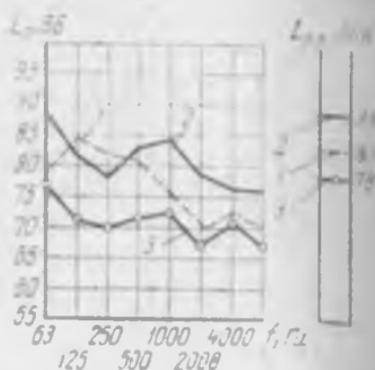


Рис. 51. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности камнеотделительных машин РЗ-БКТ:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 9 мес.

Измерение шумовых характеристик камнеотделительных машин в восьми точках вокруг машины позволило определить источники повышенного шума машин. Основной источник шума — привод камнеотделительной машины; качество изготовления сайлентблока и настройка существенно образом влияют на работоспособность машины и на ее шум.

Кроме того, некоторые элементы конструкции (подпружиненная заслонка, обеспечивающая подачу продукта, подпружиненная система опор, аспирационный рукав, создающий сопротивление при движении корпуса машины) возбуждают повышенные вибрации в корпусе машины, имеющем большую поверхность излучения.

Высокие уровни звука и звукового давления определяются не только излучением от привода и передней стенки корпуса машины, но и от боковых и задних стенок и от горизонтальной плоскости машины.

В процессе эксплуатации камнеотделительной машины РЗ-БКТ выявилась необходимость ее дополнительной настройки, так как при выходе из строя виброизолирующих втулок появлялись зазоры, приводившие к повышенным вибрациям и нагрузкам на привод; это же увеличивало шум. Кроме того, было также установлено влияние на шум вибраций заслонки, которая регулирует

подачу зерна, и ослабления крепежа на стенках корпуса (крышки, лючки и т. д.).

Через 9 мес эксплуатации камнеотделительной машины РЗ-БКТ была определена ее реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 50 и 51).

Устранение обнаруженных дефектов позволило через 9 мес эксплуатации намного улучшить параметры реальной сигнатуры и снизить их значения по сравнению с параметрами эталонной сигнатуры во всем спектре шума как на рабочем месте у машины, так и по шумовым характеристикам. Снижение уровня звука составило 7 дБА по сравнению с данными эталонной сигнатуры.

Таким образом, начальные значения реальной сигнатуры камнеотделительной машины РЗ-БКТ были намного выше параметров эталонной сигнатуры, но после отладки машины и устранения дефектов удалось значительно снизить параметры реальной сигнатуры по сравнению с эталонной.

Уровень звука и звукового давления на условных рабочих местах не превышает допустимых норм (ПС—80).

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ОБОЕЧНАЯ МАШИНА РЗ-БМО-6

Эталонная диагностическая сигнатура для обоечной машины РЗ-БМО-6 представлена в виде графиков значений уровня звука, октавных уровней звукового давления на условном рабочем месте (рис. 52) и октавных и скорректированных уровней звуковой мощности (рис. 53). На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для обоечной машины РЗ-БМО-6.

Анализ графиков показывает, что данные реальной диагностической сигнатуры существенно превышают значения эталонной сигнатуры во всем спектре шума (за исключением октавной полосы с $f_{с.г} = 63$ Гц) на 7...11 дБ. По уровню звука разница составляет 7 дБА, а по скорректированному уровню звуковой мощности — 6 дБА.

Шум обоечной машины в основном определяется работой ее привода и вращающегося рабочего органа, нагрузки от которого передаются на корпус машины через подшипниковые опоры.

Анализ звукового поля вокруг обоечной машины РЗ-БМО-6 показывает на источник шума машины — ее привод, где уровни звукового давления отличаются на 5...9 дБ от других точек в диапазоне спектра шума от 500 до 8000 Гц.

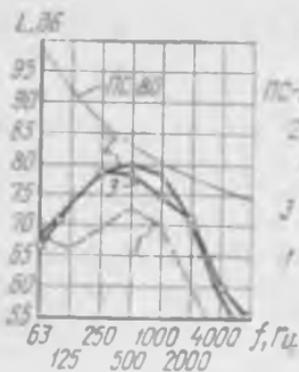


Рис. 52. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у обочных машин РЗ-БМО-6:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 10 мес

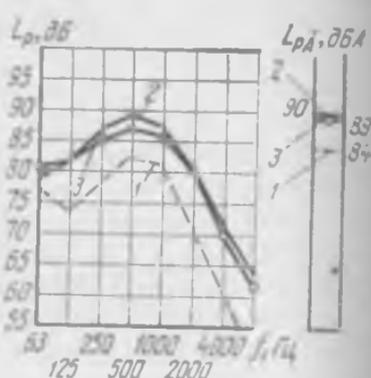


Рис. 53. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности обочных машин РЗ-БМО-6:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 10 мес.

Звуковое поле вокруг эталонной машины также неравномерно, но перепад уровней звукового давления несколько меньше. Максимальные уровни звукового давления в основном определяются точками, расположенными ближе к основанию машины (в октавных полосах с $f_{с.г}=500$ и 1000 Гц). Уровни звукового давления в верхних точках в данном диапазоне ниже, особенно в полосе с $f_{с.г}=1000$ Гц, где они меньше на 10 дБ. Таким образом, излучение шума верхней частью машины РЗ-БМО-6 происходит интенсивнее по сравнению с ее нижней частью, а у эталонной машины, наоборот, шум больше в нижней части.

Через 10 мес эксплуатации вертикальной обочной машины РЗ-БМО-6 была определена ее реальная диагностическая сигнатура, которая представлена на графиках (см. рис. 52 и 53).

По мере работы обочной машины РЗ-БМО-6 ее шум несколько снизился в октавных полосах с $f_{с.г}=500$ и 1000 Гц и несколько возрос в высокочастотной области его спектра. По уровню звука снижение параметров реальной сигнатуры в процессе эксплуатации составило лишь 1 дБА.

Таким образом, шумовые характеристики вертикальной обочной машины РЗ-БМО-6 существенно хуже параметров эталонной сигнатуры.

Уровни звука и звукового давления на рабочих местах вертикальной обоечной машины РЗ-БМО-6 не превышают допустимых норм (ПС—80).

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ОБОЕЧНАЯ МАШИНА РЗ-БМО-12

При диагностировании вертикальной обоечной машины РЗ-БМО-12 необходимо сравнивать реальную и эталонную сигнатуры, представленные на рисунке 54 (значения октавных уровней звукового давления и уровня звука на условном рабочем месте) и на рисунке 55 (значения октавных и скорректированных уровней звуковой мощности).

Из анализа графиков следует, что параметры реальной диагностической сигнатуры существенно превышают параметры эталонной сигнатуры для обоечной машины РЗ-БМО-12 во всем спектре шума (за исключением октавной полосы с $f_{с.г} = 63$ Гц) на 6...16 дБ. По уровню звука и скорректированному уровню звуковой мощности разница составляет 13 дБА. Повышенный шум машины РЗ-БМО-12 вызван шумом ее привода.

Через 11 мес эксплуатации обоечной машины РЗ-БМО-12 была определена ее реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 54 и 55).

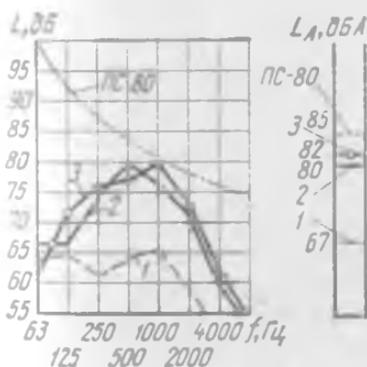


Рис. 54. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у обоечных машин РЗ-БМО-12:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 11 мес.

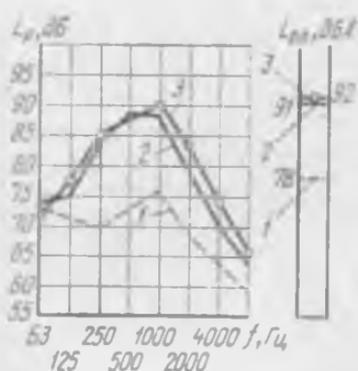


Рис. 55. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности обоечных машин РЗ-БМО-12:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 11 мес.

По мере эксплуатации шум обочной машины РЗ-БМО-12 возрос практически во всем диапазоне его спектра (за исключением октавных полос с $f_{с.г} = 63$ и 500 Гц). По уровню звука это увеличение составило 2 дБА. Корректированный уровень звуковой мощности увеличился на 1 дБА. Увеличение шума определяется возросшими нагрузками на привод вследствие увеличения дисбаланса ротора.

Таким образом, шумовые характеристики обочной машины РЗ-БМО-12 существенно хуже шумовых характеристик эталонной машины. Уровни звука и звукового давления вертикальной обочной машины не превышают допустимых норм (ПС—80).

МАШИНА А1-БМШ ДЛЯ МОКРОГО ШЕЛУШЕНИЯ ЗЕРНА

Диагностирование машины А1-БМШ проводится с использованием эталонной сигнатуры, включающей графики значений уровня звука, октавных уровней звукового давления на условном рабочем месте и октавных и корректированных уровней звуковой мощности (рис. 56 и 57). На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для машины А1-БМШ. Из графиков следует, что шум на рабочем месте у машины пре-

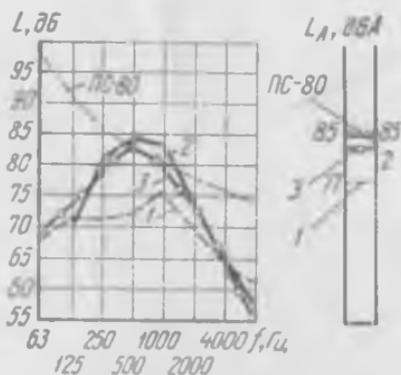


Рис. 56. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у машин А1-БМШ для мокрого шелушения зерна:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 13 мес.

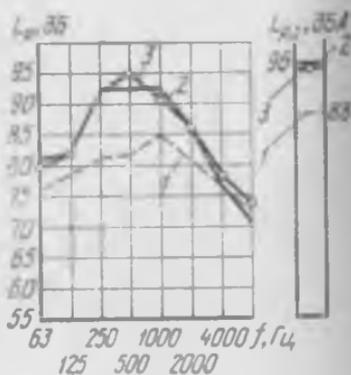


Рис. 57. Октавные и корректированные уровни звуковой мощности машин А1-БМШ для мокрого шелушения зерна:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 13 мес.

вышает допустимые нормы ПС—80 в октавных полосах с $f_{с.г} = 500$ и 1000 Гц. Значения параметров реальной сигнатуры намного выше параметров эталонной сигнатуры для машины А1-БМШ в спектре шума с $f_{с.г} = 250 \dots 2000$ Гц. По уровню звука и скорректированному уровню звуковой мощности разница в значениях параметров эталонной и реальной сигнатур составляет 8 дБА.

Основными источниками шума машины А1-БМШ являются привод (двигатель и клиноременная передача) и вращающийся рабочий орган с лопастями. Через подшипниковые опоры вертикального вала и через привод происходит передача вибраций на корпус машины, который сам излучает шум, так как имеет большую поверхность.

Анализ результатов измерений шума, проведенных по контуру машин в восьми точках, позволяет заключить, что звуковое поле вокруг эталонной машины достаточно равномерно (перепад 2 ... 3 дБ). У машины А1-БМШ звуковое поле более неравномерно — перепад между точками в октавных полосах с $f_{с.г} = 250 \dots 1000$ Гц составляет 3 ... 6 дБ.

Максимальные уровни звукового давления соответствуют точкам, расположенным вблизи привода. Через 13 мес эксплуатации машины А1-БМШ была определена ее реальная диагностическая сигнатура (рис. 56 и 57).

По мере работы машины А1-БМШ шум на рабочем месте снизился до норм ПС—80; по уровню звука снижение составило 2 дБА, при этом скорректированный уровень звуковой мощности не изменился.

Причиной снижения шума может служить уменьшение нагрузок на верхнюю часть машины в результате замены верхнего роликового подшипника вертикального вала, который поломался в результате плохой смазки.

В целом шумовые характеристики машины А1-БМШ хуже параметров эталонной сигнатуры; уровни звука и звукового давления превышают допустимые нормы (ПС—80).

ЭНТОЛЕЙТОР РЗ-БЭЗ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ЗЕРНА

Эталонная диагностическая сигнатура для энтолейтора РЗ-БЭЗ представлена в виде графиков значений уровня звука, октавных уровней звукового давления на

условном рабочем месте (рис. 58) и октавных и корректированных уровней звуковой мощности (рис. 59). На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для энтолейтора РЗ-БЭЗ. Параметры эталонной сигнатуры энтолейтора намного ниже параметров реальной сигнатуры для энтолейтора РЗ-БЭЗ и соответствуют нормам ПС—80.

Из графиков следует, что шум энтолейтора РЗ-БЭЗ на рабочем месте превышает допустимые нормы ПС—80 в октавной полосе с $f_{с.г}=1000$ Гц.

Наибольшая разница по уровням звукового давления и уровням звуковой мощности реальной и эталонной сигнатур наблюдается в октавных полосах с $f_{с.г}=500 \dots 2000$ Гц. По уровню звука и скорректированному уровню звуковой мощности реальная сигнатура превышает эталонную на 11 и 12 дБА соответственно.

Повышенные уровни звука и звукового давления у энтолейтора РЗ-БЭЗ обусловлены дополнительным шумом, создаваемым излучением от его корпуса и от клиноремной передачи.

Через 11 мес эксплуатации энтолейтора РЗ-БЭЗ была определена его реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 58 и 59).

По мере работы энтолейтора РЗ-БЭЗ шум его возрос в октавных полосах с $f_{с.г}=63 \dots 500$ Гц и несколько сни-

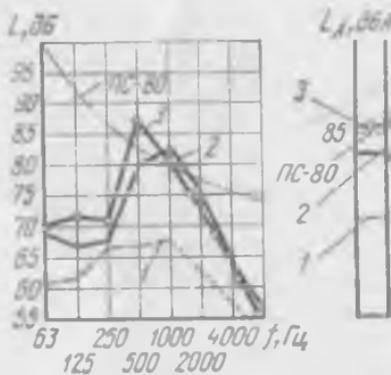


Рис. 58. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у энтолейторов РЗ-БЭЗ:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 11 мес.

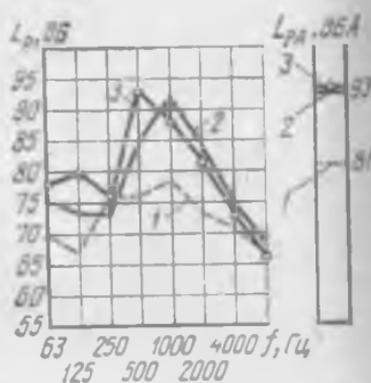


Рис. 59. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности энтолейторов РЗ-БЭЗ:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 11 мес.

ился в высокочастотной области спектра. Уровень звука за 11 мес повысился на 4 дБА, а скорректированный уровень звуковой мощности не изменился.

Увеличение шума при работе энтолейтора РЗ-БЭЗ можно объяснить повышением дисбаланса рабочего органа вследствие некоторого износа втулок. Второй причиной повышенного шума энтолейтора является износ приводных ремней вследствие некачественного изготовления и монтажа шкивов клиноременной передачи: ремни утопают в пазах шкивов, которые установлены с перекосом. Взаимозаменяемость шкивов и ремней с эталонным образцом отсутствует, так как рабочие профили шкивов и посадочные диаметры валов различны. У эталонного энтолейтора клиноременная передача выполнена качественно, и ремни изнашиваются значительно меньше.

В целом шумовые характеристики энтолейтора РЗ-БЭЗ значительно превышают параметры, содержащиеся в эталонной сигнатуре, а уровни звукового давления на условном рабочем месте превышают допустимые нормы (ПС—80).

ЭНТОЛЕЙТОР РЗ-БЭР ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Для диагностирования энтолейтора РЗ-БЭР может быть использована эталонная диагностическая сигнатура, представленная в виде графиков значений уровня звука, октавных уровней звукового давления на условном рабочем месте (рис. 60) и октавных и скорректированных уровней звуковой мощности (рис. 61). На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для энтолейтора РЗ-БЭР. Из графиков следует, что шум на условном рабочем месте и шумовая характеристика энтолейтора РЗ-БЭР несколько ниже, чем у эталонного. Наибольшая разница наблюдается в низкочастотной области спектра звукового давления ($f_{с.г.} = 63 \dots 250$ Гц). Уровень звука на рабочем месте реальной машины ниже значений у эталонной машины на 1 дБА, скорректированные уровни звуковой мощности равны.

Источниками шума энтолейторов являются двигатель и рабочий орган — ротор. При наличии повышенного дисбаланса ротора могут появиться дополнительные на-

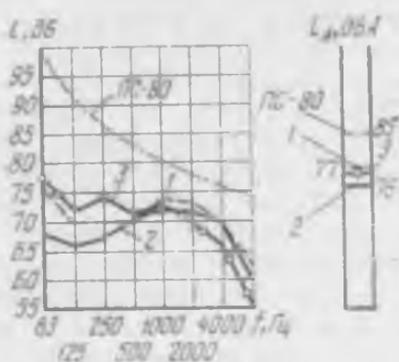


Рис. 60. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у энтолейторов РЗ-БЭР:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 13 мес.

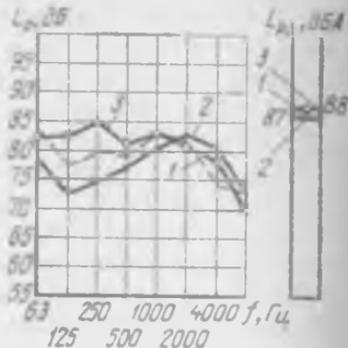


Рис. 61. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности энтолейторов РЗ-БЭР:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 13 мес.

грузки, которые передаются на корпус машины и на его опорные точки. Специфика монтажа энтолейтора РЗ-БЭР заключается в том, что он установлен на подвесном потолке, имеющем малую жесткость. Поэтому нагрузки с опорных точек энтолейтора могут возбудить вибрации потолка (потолок изготовлен из тонколистового металла), что вызовет дополнительный шум.

Через 13 мес эксплуатации энтолейтора РЗ-БЭР была определена его реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 60 и 61). По мере работы энтолейтора РЗ-БЭР под нагрузкой в течение 13 мес в низкочастотной области спектра существенно возросли октавные уровни звукового давления и звуковой мощности; они несколько снизились в высокочастотной области спектра. Уровень звука на рабочем месте достиг эталонного значения, а скорректированный уровень звуковой мощности увеличился на 1 дБА.

Повышенные уровни звукового давления наблюдаются в точках, удаленных от корпуса энтолейтора, что говорит о прямом излучении шума от поверхности потолка.

В целом шумовые характеристики энтолейтора РЗ-БЭР близки параметрам эталонной сигнатуры и значительно ниже допустимых норм (ПС-80).

Диагностирование вальцовых станков А1-БЗН должно включать сопоставление реальной и эталонной сигнатур, представленных на рисунках 62 ... 65. Из графиков видно, что шум станков А1-БЗН драной и размольной систем существенно выше шума эталонных станков. Для станка А1-БЗН (№ 1) драной системы превышение по уровням звукового давления и уровням звуковой мощности наблюдается во всем спектре шума. По уровням звука и звуковой мощности превышение составляет 10 и 8 дБА соответственно.

Для станка А1-БЗН (№ 2) размольной системы значения реальной сигнатуры превосходят параметры эталонной сигнатуры в диапазоне спектра шума с $f_{с.г.} = 250 \dots 2000$ Гц.

В других областях спектра значения параметров реальной сигнатуры несколько ниже параметров эталонной. Уровни звука и звуковой мощности у вальцового станка А1-БЗН (№ 2) размольной системы выше параметров эталонной сигнатуры на 14 и 15 дБА соответственно.

Источниками повышенного шума вальцовых станков являются привод, двигатель, клиноременная передача,

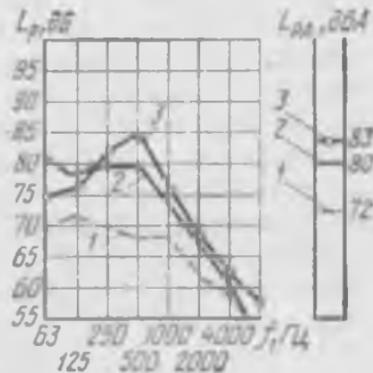
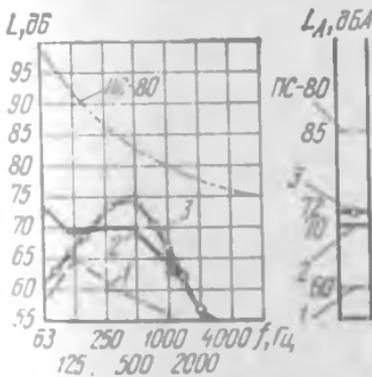


Рис. 62. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у вальцовых станков А1-БЗН драных систем:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 14 мес.

Рис. 63. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности у вальцовых станков А1-БЗН драных систем:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 14 мес.

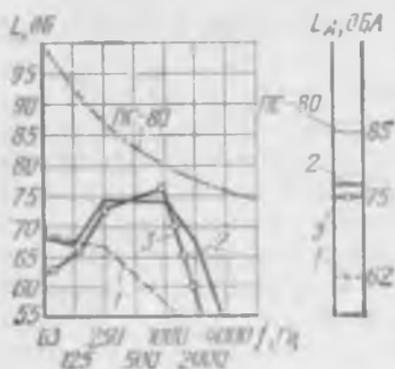


Рис. 64. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у вальцовых станков А1-БЗН размольных систем:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 14 мес.

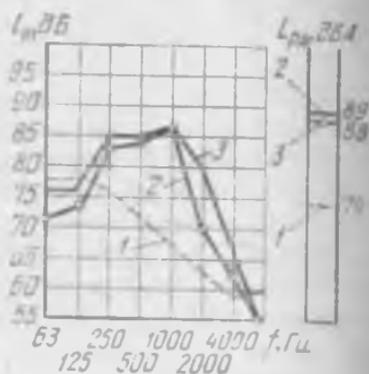


Рис. 65. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности вальцовых станков А1-БЗН размольных систем:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 14 мес.

зубчатая передача и рабочие органы (вальцы), установленные в подшипниковых опорах. Во многом шум вальцовых станков зависит от качества изготовления перечисленных выше узлов, особенно зубчатой передачи, а также от качества монтажа и условий эксплуатации — правильного подбора смазки и своевременного заполнения ею подшипниковых узлов.

Опыт эксплуатации вальцовых станков А1-БЗН показывает, что применение графитовой смазки, которую использовали вначале, оказалось неудачным, так как подшипники перегревались и выходили из строя, а в одном случае вышел из строя двигатель в результате заклинивания подшипников.

Анализ результатов измерений шума вокруг станка позволяет заключить, что излучение шума идет непосредственно через корпус машины, поэтому излучение по контуру станка происходит достаточно равномерно.

Уровни звука и звукового давления над машиной несколько ниже по сравнению с точками, измеренными у вертикальных стенок кожуха.

Через 14 мес эксплуатации вальцовых станков А1-БЗН драной и размольной систем была определена их реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 62 ... 65).

Сравнительный анализ графиков (см. рис. 62 и 63) позволяет сделать вывод о том, что в спектре шума вальцового станка А1-БЗН драной системы значительно возросли уровни звукового давления в октавных полосах с $f_{с.г.} = 250$ и 500 Гц. Это связано с износом зубчатых колес, качество которых по сравнению с эталонными намного хуже. Уменьшение звукового давления в области низких частот с $f_{с.г.} = 63$ и 125 Гц можно объяснить приработкой деталей и снижением монтажных нагрузок; при этом уменьшается передача вибраций на корпус машины, что в конечном результате способствует снижению шума.

Шум вальцовых станков А1-БЗН после эксплуатации в течение 14 мес несколько снизился (см. рис. 64 и 65). Снижение уровня звука на рабочем месте и уровня звуковой мощности составило 1 дБА, однако значения параметров реальной сигнатуры намного отличаются от эталонной — по уровню звука на условном рабочем месте они выше на 14 дБА.

В процессе эксплуатации исследовали влияние перемонтажа вальцов (при их замене) на шум станков драной и размольной систем. Шум измеряли до и после смены вальцов (рис. 66).

Результаты измерений шума на условном рабочем месте у станков А1-БЗН показывают, что перемонтаж

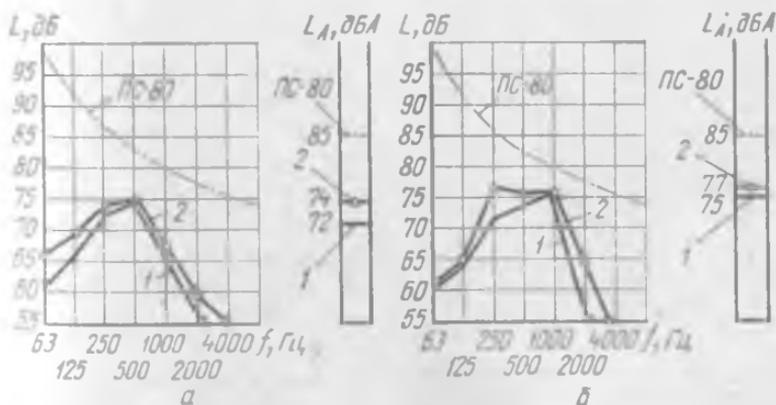


Рис. 66. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у вальцовых станков А1-БЗН драной (а) и размольной (б) системы:

1 — до смены вальцов; 2 — после смены вальцов.

валяцов приводит к увеличению шума практически во всем диапазоне его спектра: уровень звука увеличивается на 2 дБА для станка драной и размольной системы.

В целом шумовые характеристики вальцовых станков А1-БЗН значительно превышают их значения, содержащиеся в эталонной сигнатуре. Уровни звука и звукового давления у вальцовых станков А1-БЗН на условных рабочих местах не превышают допустимых норм (ПС-80).

ДЕТАШЕР А1-БДГ

Эталонная диагностическая сигнатура для деташера А1-БДГ представлена в виде графиков значений уровня звука, октавных уровней звукового давления на условном рабочем месте (рис. 67); на этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для деташера А1-БДГ. Из графиков следует, что шум деташера А1-БДГ значительно превышает шум эталонного. Превышение наблюдается практически во всем диапазоне спектра шума, за исключением октавной полосы с $f_{с.г.} = 63$ Гц. Реальная сигнатура превышает по уровню звука на 9 дБА эталонную.

Через 11 мес эксплуатации деташера А1-БДГ была определена его реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 67).

По мере работы деташера А1-БДГ под нагрузкой в течение 11 мес параметры его реальной сигнатуры резко снизились во всем спектре шума, по уровню звука снижение составило 8 дБА. Параметры реальной сигнатуры для деташера приблизились к эталонным, разница между ними по уровню звука составила лишь 1 дБА.

Снижение шума деташера связано с улучшением условий работы подшипниковых узлов машины. В целом параметры реальной сигнатуры для деташера существенно от-

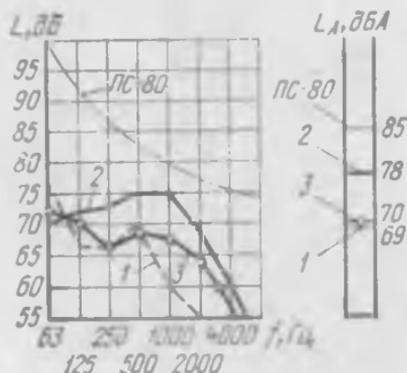


Рис. 67. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у деташеров А1-БДГ:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 11 мес.

личаются от эталонных, однако при приработке деталей и узлов машины параметры реальной сигнатуры становятся близкими эталонным.

Уровни звука и звукового давления на условном рабочем месте деташера А1-БДГ не превышают допустимых норм (ПС—80).

ВИБРОЦЕНТРОФУГАЛ РЗ-БЦА

Диагностирование виброцентрофугала РЗ-БЦА проводится с использованием эталонной сигнатуры, включающей графики значений уровня звука, октавных уровней звукового давления на условном рабочем месте и октавных и скорректированных уровней звуковой мощности (рис. 68 и 69). На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для виброцентрофугала. Результаты анализа графиков показывают, что значения параметров реальной сигнатуры намного выше параметров эталонной сигнатуры; при этом особенно большое превышение уровней звукового давления наблюдается в полосе с $f_{с.г.} = 250 \dots 2000$ Гц. По уровням звука значения реальной сигнатуры выше параметров эталонной сигнатуры виброцентрофугала РЗ-БЦА на 8 дБА. Скорректированные уровни звуковой мощности отличаются на 5 дБА.

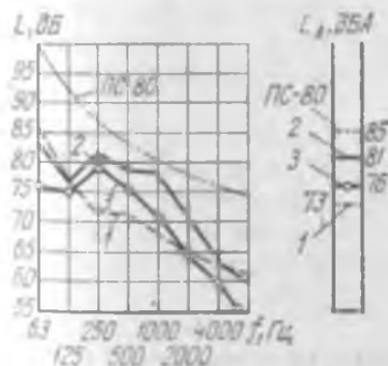


Рис. 68. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у виброцентрофугала РЗ-БЦА:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 10 мес.

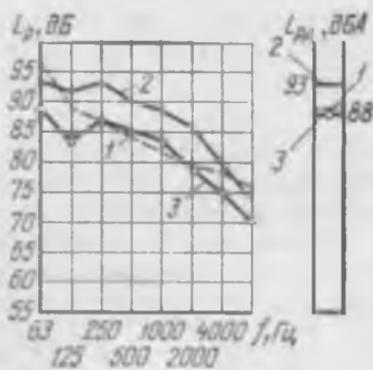


Рис. 69. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности виброцентрофугала РЗ-БЦА:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 10 мес.

Основным источником повышенного шума виброцентрофугала РЗ-БЦА является его привод, который приводит во вращение обод с бичами внутри сита и эксцентриковый вал для создания вибраций сита. Вибрации через подшипниковые опоры и систему амортизаторов передаются на корпус машины.

Анализ результатов измерения уровней звукового давления вокруг виброцентрофугала показал, что максимальный шум возникает в точке напротив привода; спектр его достаточно широк — $f_{c.r.} = 250 \dots 8000$ Гц. Низкочастотные уровни с $f_{c.r.} = 63$ и 125 Гц определяются боковыми зонами машины.

Через 10 мес эксплуатации виброцентрофугала РЗ-БЦА была определена его реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 68 и 69).

По мере работы машины под нагрузкой в течение 10 мес параметры реальной сигнатуры ее улучшились, октавные уровни звукового давления и уровни звуковой мощности снизились во всем спектре шума; при этом уровни звука на рабочем месте снизились на 5 дБА, а скорректированные уровни звуковой мощности стали равны соответствующим значениям эталонной сигнатуры.

Анализ результатов эксплуатации машины показал, что стопорные элементы рабочих органов виброцентрофугала ненадежны, в результате чего наблюдается проворот сита относительно корпуса машины. Также некачественно выполнены стопорные элементы в месте крепления корпуса с виброопорами и крепление сит. Указанные дефекты привели к преждевременному их износу.

Отладка машины в процессе эксплуатации и устранение дефектов позволили значения реальной сигнатуры виброцентрофугала приблизить к эталонной.

Уровни звука и звукового давления на условном рабочем месте виброцентрофугала РЗ-БЦА не превышают допустимых норм (ПС—80).

ШЕСТИПРИЕМНЫЙ РАССЕВ РЗ-БРБ

Эталонная диагностическая сигнатура для шести-приемного отсева РЗ-БРБ представлена в виде графиков значений уровня звука, октавных уровней звукового давления на условном рабочем месте (рис. 70) и октавных и скорректированных уровней звуковой мощности

(рис. 71). На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для шестиприемного рассева РЗ-БРБ. Анализ графиков показывает, что значения параметров реальной сигнатуры шестиприемного рассева РЗ-БРБ близки эталонным. Уровни звука на рабочем месте равны, а скорректированные уровни звуковой мощности рассева РЗ-БРБ выше на 1 дБА значений, содержащихся в эталонной сигнатуре. Шум рассевов в значительной степени определяется наладкой системы корпус — балансиры, а также состоянием подшипниковых узлов и их смазкой.

Вышеперечисленные факторы влияют на степень нагруженности привода и на передачу нагрузок на корпус рассева, определяя его виброактивность. При большой площади поверхности рассева значительные возмущения корпуса могут привести к повышенному шуму, излучаемому корпусом рассева.

Анализ звукового поля вокруг рассевов показывает, что у рассева РЗ-БРБ максимальные уровни звука и звукового давления определяются зоной, где расположены балансиры. В этой же зоне находится условное рабочее место у рассева. Уровни звукового давления в октавных полосах с $f_{с.г.} = 500$ и 1000 Гц в этой зоне выше, чем в остальных точках, на 3...4 дБ.

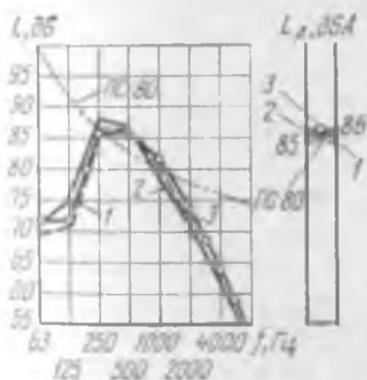


Рис. 70. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у шестиприемных рассевов РЗ-БРБ:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 14 мес.

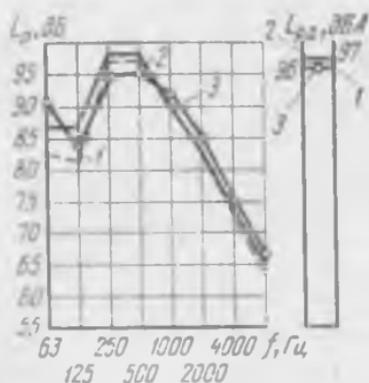


Рис. 71. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности шестиприемных рассевов РЗ-БРБ:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 14 мес.

Звуковое поле вокруг эталонного рассева более равномерно, и разброс по уровню звукового давления в октавных полосах не превышает 1 ... 2 дБ.

Через 14 мес эксплуатации шестиприемного рассева РЗ-БРБ была определена его реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 70 и 71).

По мере работы рассева РЗ-БРБ под нагрузкой в течение 14 мес реальная диагностическая сигнатура его изменилась, шум несколько снизился в октавных полосах с $f_{с.г.} = 125 \dots 500$ Гц, однако в высокочастотной области спектра он немного вырос, а в целом уровень звука увеличился на 1 дБА. Корректированные уровни звуковой мощности снизились на 1 дБА.

Шум рассева на условном рабочем месте в значительной мере определяется состоянием подшипниковых узлов вертикального вала.

В целом шумовые характеристики шестиприемного рассева РЗ-БРБ близки параметрам эталонной сигнатуры. Уровни звука и звукового давления на условном рабочем месте шестиприемного рассева РЗ-БРБ превышают допустимые нормы (ПС—80).

ЧЕТЫРЕХПРИЕМНЫЙ РАССЕВ РЗ-БРВ

Эталонная диагностическая сигнатура четырехприемного рассева представляет собой совокупность графиков, представленных на рисунках 72 ... 73. На этих же графиках показана реальная диагностическая сигнатура для четырехприемного рассева РЗ-БРВ. Из анализа графиков следует, что значения параметров реальной сигнатуры четырехприемного рассева РЗ-БРВ несколько выше параметров эталонной сигнатуры. По уровню звука разность составляет 3 дБА, корректированные уровни звуковой мощности отличаются на 2 дБА. Оба рассева — эталонный и РЗ-БРВ — создают шум на рабочем месте, превышающий нормы ПС—80.

Анализ звукового поля вокруг рассевов показывает, что у рассева РЗ-БРВ наибольшие уровни звукового давления, как и у шестиприемного рассева, определяет зона расположения балансиров. У эталонного рассева максимальные уровни шума создают зоны боковых поверхностей рассева. Повышенные уровни звукового давления у торцовых поверхностей рассева охватывают полосу частот шума с $f_{с.г.} = 250 \dots 8000$ Гц. Это связано с

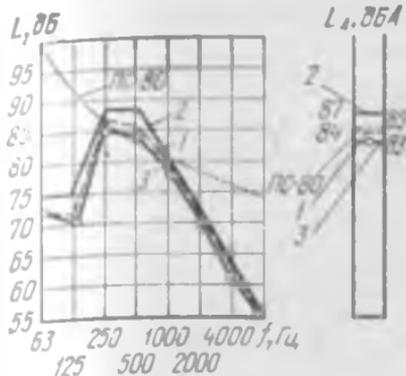


Рис. 72. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у четырехприемных рассеивов РЗ-БРВ:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 12 мес.

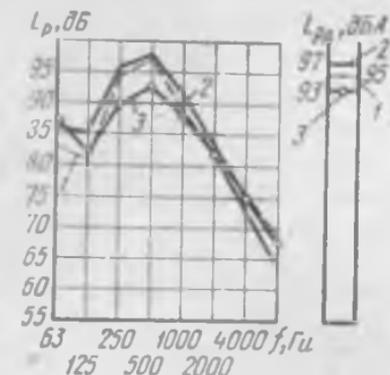


Рис. 73. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности четырехприемных рассеивов РЗ-БРВ:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 12 мес.

условиями заземления подвесок рассеивов, а также силовых рам внутри корпуса рассеива (рамы рассеива РЗ-БРВ вставляют более плотно, чем у эталонного рассеива).

Через 12 мес эксплуатации четырехприемного рассеива РЗ-БРВ была определена его реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 72 и 73). По мере работы рассеива РЗ-БРВ под нагрузкой в течение 12 мес реальная сигнатура его изменилась, уровень звука на рабочем месте и скорректированный уровень звуковой мощности снизились на 4 дБА каждый. При этом значения реальной сигнатуры улучшились по сравнению с эталонной: скорректированный уровень звуковой мощности стал на 2 дБА меньше.

В целом шумовые характеристики четырехсекционного рассеива РЗ-БРВ близки параметрам эталонной сигнатуры.

Уровни звука и звукового давления (за исключением октавной полосы с $f_{с.г.} = 500$ Гц) на условном рабочем месте четырехприемного рассеива РЗ-БРВ (после обкатки) не превышают допустимых норм (ПС—80).

Эталонная диагностическая сигнатура для ситовеечной машины А1-БСО представлена в виде графиков уровня звука, октавных уровней звукового давления на условном рабочем месте (рис. 74) и октавных и скорректированных уровней звуковой мощности (рис. 75). На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для ситовеечной машины А1-БСО. Из анализа графиков следует, что значения параметров реальной сигнатуры близки параметрам эталонной сигнатуры: на условном рабочем месте уровни звука равны, а скорректированный уровень звуковой мощности выше на 2 дБА у ситовеечной машины А1-БСО по сравнению с эталонной.

Основными источниками шума ситовеечной машины А1-БСО являются привод (электродвигатель, клиноременная передача, эксцентриковый вал) и два движущихся рабочих органа: ситовой корпус и корпус-сборник.

Движение ситового корпуса и корпуса-сборника происходит в противофазе для уравнивания системы. Создаваемый при их движении шум во многом зависит от качества изготовления крепления и состояния поверхности направляющих коробов.

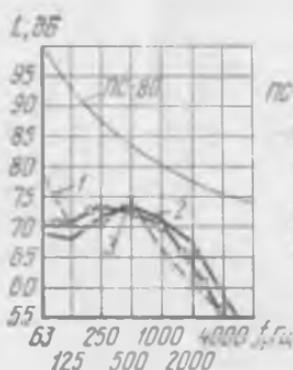


Рис. 74. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у ситовеечных машин А1-БСО:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 13 мес.

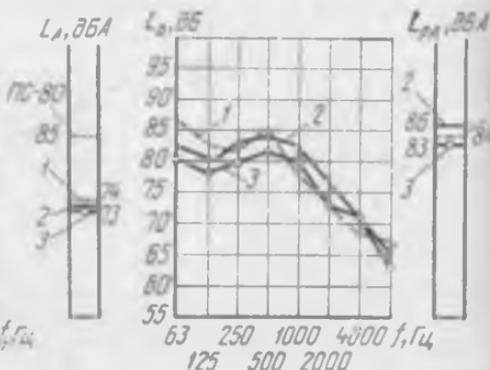


Рис. 75. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности ситовеечных машин А1-БСО:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 13 мес.

Анализ излучения шума вокруг машины в восьми точках по контуру машины (при измерениях шумовых характеристик) показал, что наибольшие уровни звукового давления наблюдаются со стороны привода у эталонной ситовечной машины в октавных полосах с $f_{с.г.} = 125$ и 250 Гц и ситовечной машины А1-БСО с $f_{с.г.} = 500$ Гц.

Боковые поверхности ситовечной машины создают повышенные уровни звукового давления в октавных полосах с $f_{с.г.} = 250 \dots 1000$ Гц.

Через 13 мес эксплуатации под нагрузкой ситовечной машины А1-БСО была определена ее реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 74 и 75).

После работы ситовечной машины А1-БСО под нагрузкой в течение 13 мес реальная диагностическая сигнатура несколько изменилась: шум снизился почти во всем спектре, уровень звука на условном рабочем месте уменьшился на 1 дБА.

Корректированный уровень звуковой мощности у машины А1-БСО стал на 3 дБА ниже по сравнению с данными реальной сигнатуры, полученной в начале эксплуатации, и на 1 дБА ниже параметров эталонной сигнатуры.

Опыт эксплуатации ситовечных машин показал, что повышенный шум может возникать в результате нарушения плотности крепежных соединений в приводе, в местах крепления направляющих корпуса-сборника; он также зависит от состояния поверхностей трения направляющих. При нарушении болтового соединения в приводе ситовечной машины А1-БСО произошел единственный случай среза болтов.

Так как сами движущиеся коробка имеют большие излучающие поверхности, при возникновении нагрузок появляются повышенные вибрации и шум. Дополнительный шум могут излучать вибрирующие поверхности съемных крышек, крепление которых в процессе эксплуатации расшатывается.

Таким образом, шум при работе ситовечной машины существенным образом зависит от условий эксплуатации и своевременной профилактики машины.

В целом шумовые характеристики ситовечной машины А1-БСО близки эталонной сигнатуре. Уровни звука и звукового давления на условном рабочем месте машины не превышают допустимых норм (ПС—80).

При диагностировании установки с просеивающими машинами А1-БПК необходимо сравнивать реальную и эталонную сигнатуры, представленные на рисунке 76 (октавные уровни звукового давления и значения уровня звука на условном рабочем месте) и на рисунке 77 (октавные и скорректированные уровни звуковой мощности). Анализ графиков показывает, что значения параметров реальной сигнатуры установки с просеивающими машинами А1-БПК близки параметрам эталонной сигнатуры; отличие наблюдается только в низкочастотной области спектра шума, где данные реальной сигнатуры ниже параметров эталонной сигнатуры. Значения параметров реальной сигнатуры выше эталонных по уровню звука на условном рабочем месте на 1 дБА, по скорректированному уровню звуковой мощности — на 2 дБА.

Источники повышенного шума следующие: электроприводы с клиноременными передачами и вращающийся ротор. При наличии дисбаланса ротора нагрузки передаются на подшипниковые опоры и на корпуса машин. Корпус машины имеет развитую поверхность, хорошо излучающую звук.

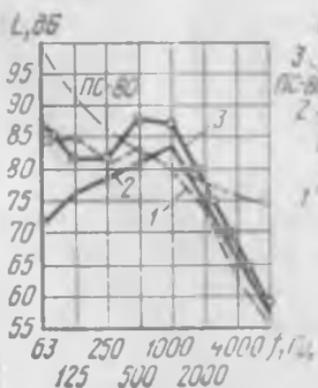


Рис. 76. Уровни звука и звукового давления на условном рабочем месте установки с просеивающими машинами А1-БПК:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 11 мес.

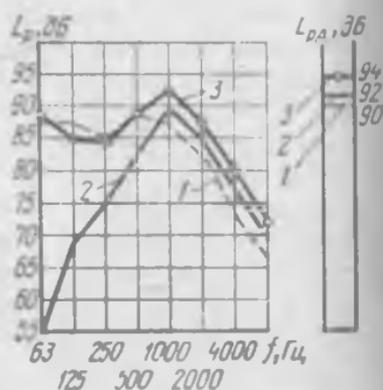


Рис. 77. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности установки с просеивающими машинами А1-БПК:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 11 мес.

Анализ результатов измерений звукового поля вокруг машины показывает, что наибольшие уровни звука и звукового давления наблюдаются у приводов. В остальных точках также достаточно высокие уровни звукового давления.

Через 11 мес эксплуатации установки с просеивающими машинами А1-БПК была определена ее реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 76 и 77).

После работы машины под нагрузкой в течение 11 мес реальная сигнатура ее изменилась. Шумовые характеристики реальной сигнатуры превысили прежние характеристики во всем спектре шума, за исключением октавной полосы с $f_{с.г.} = 125$ Гц. По уровню звука на рабочем месте превышение составило 5 дБА; по скорректированному уровню звуковой мощности оно составило 4 дБА по сравнению с параметрами эталонной сигнатуры.

В целом шумовые характеристики реальной сигнатуры для установки с просеивающими машинами А1-БПК близки значениям эталонной при правильной наладке установки.

Основной причиной повышенного шума установки с просеивающими машинами А1-БПК является появление дисбаланса ротора, приводящего к увеличению вибрации корпуса машины. Повышенные вибрации корпуса машины обуславливают рост уровней звукового давления в низкочастотной области спектра шума.

Уровень звука установки с просеивающими машинами А1-БПК в начале эксплуатации не превышал допустимых норм, а через 11 мес стал больше их. Уровень звукового давления выше допустимых норм (ПС—80).

ВИБРОРАЗГРУЗЧИК РЗ-БВА-130

Эталонная диагностическая сигнатура для виброразгрузчика РЗ-БВА-130 представлена в виде графиков уровня звука, октавных уровней звукового давления на условном рабочем месте (рис. 78) и октавных и скорректированных уровней звуковой мощности (рис. 79). На этих же графиках представлена реальная диагностическая сигнатура для виброразгрузчика РЗ-БВА-130. Из анализа графиков следует, что шумовые характеристики ниже параметров эталонной сигнатуры, кроме частоты с $f_{с.г.} = 500$ Гц. Уровни звука на условном рабочем месте и скорректированные уровни звуковой мощности ниже на 1 дБА.

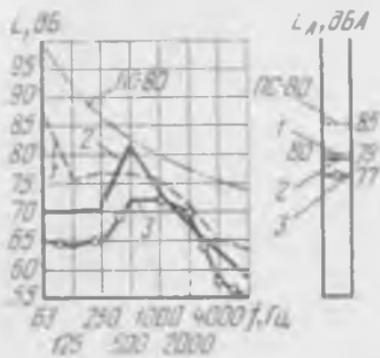


Рис. 78. Уровни звука и звукового давления на условных рабочих местах у виброразгрузчика РЗ-БВА-130:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 11 мес.

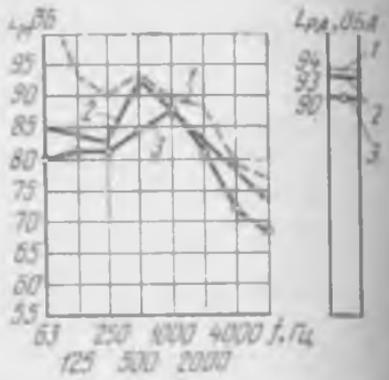


Рис. 79. Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности виброразгрузчика РЗ-БВА-130:

1 — эталонная сигнатура; 2 — реальная сигнатура в начале эксплуатации; 3 — то же через 11 мес.

Основными источниками повышенного шума виброразгрузчика являются двигатель-редуктор, отводящий шнек и вибратор. Интенсивность возбуждения разгрузчика РЗ-БВА-130 ниже, чем у эталонного. Этим и объясняется пониженный шум виброразгрузчика РЗ-БВА-130.

Через 11 мес эксплуатации виброразгрузчика РЗ-БВА-130 была определена его реальная диагностическая сигнатура (см. рис. 78 и 79). После работы виброразгрузчика РЗ-БВА-130 под нагрузкой в течение 11 мес параметры реальной диагностической сигнатуры его изменились. Шум за период эксплуатации резко снизился во всем диапазоне спектра, за исключением октавных полос с $f_{с.г.} = 1000$ и 2000 Гц.

Снижение шума в октавной полосе с $f_{с.г.} = 500$ Гц объясняется отладкой системы и профилактикой привода виброразгрузчика РЗ-БВА-130. При этом были заменены подшипники двигателя и отдельные детали редуктора. Уровень звука и скорректированный уровень звуковой мощности стали на 3 и 4 дБА соответственно ниже по сравнению со значениями, содержащимися в эталонной сигнатуре.

В целом шумовые характеристики виброразгрузчика РЗ-БВА-130 близки параметрам эталонной сигнатуры; отладка виброразгрузчика РЗ-БВА-130 позволяет умень-

шить значения параметров реальной сигнатуры по сравнению с параметрами эталонной. Уровни звука и звукового давления на условном рабочем месте виброразгрузчика РЗ-БВА-130 не превышают допустимых норм (ПС—80).

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПО ШУМОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ МАШИН

Если обобщить результаты исследований шумовых характеристик мельничного оборудования, можно прийти к следующему.

Лишь одна машина — шестиприемный рассев РЗ-БРБ по уровню звука на рабочем месте превышает допустимые нормы (85 дБА), у остальных машин (эталонных и входящих в комплект высокопроизводительного оборудования) уровень звука не превышает допустимых норм.

Восемь машин (обочные РЗ-БМО-6 и РЗ-БМО-12, для мокрого шелушения зерна А1-БМШ, энтолейтор РЗ-БЭЗ, вальцовые станки А1-БЗН драной и размольной систем, деташер А1-БДГ и виброцентрофугал РЗ-БЦА) создают уровни звука на рабочем месте, которые превышают уровни звука эталонных машин более чем на 6 дБА (т. е. более чем в 4 раза по интенсивности звука).

Шесть машин (обочные РЗ-БМО-6 и РЗ-БМО-12, для мокрого шелушения зерна А1-БМШ, энтолейтор РЗ-БЭЗ, вальцовые станки А1-БЗН драной и размольной систем) имеют скорректированный уровень звуковой мощности выше скорректированного уровня звуковой мощности эталонного оборудования не менее чем на 6 дБ, т. е. звуковая мощность этих машин в 4 раза больше эталонных; у двух машин (камнеотделительной РЗ-БКТ и виброразгрузчика РЗ-БВА-130) она выше на 5 дБ (т. е. больше в 3 раза).

Четыре машины (для мокрого шелушения зерна А1-БМШ, энтолейтор РЗ-БЭЗ, шестиприемный рассев РЗ-БРБ и четырехприемный рассев РЗ-БРВ) имеют превышение допустимых норм в спектре ПС—80.

Эти данные достаточно хорошо дополняют сведения о вибрационных параметрах исследованных машин: повышенные пиковые ускорения измерительных точек большинства машин по сравнению с эталонными обуславливают и повышенный шум у этого оборудования.

Шумовые характеристики трех машин (сепаратора А1-БИС-12, энтолейтора РЗ-БЭР и виброразгрузчика РЗ-БВА-130) ниже содержащихся в эталонных сигналах.

ПАРАМЕТРЫ ШУМА В ПОМЕЩЕНИЯХ КОМБИНАТА ХЛЕБОПРОДУКТОВ

Комплект высокопроизводительного мельничного оборудования, установленного на мукомольном заводе и элеваторе, полностью автоматизирован, обслуживающий персонал около оборудования не работает, и шум оборудования на персонал непосредственно не воздействует; один диспетчер находится у пульта управления мукомольным заводом (на третьем этаже), второй — у пульта управления элеватором (на втором этаже), дежурный слесарь или другой персонал периодически заходит в то или иное помещение.

Ниже приведены данные о параметрах шума в каждом помещении мукомольного завода и элеватора, которые в известной мере могут характеризовать общее техническое состояние оборудования, размещенного в конкретном помещении.

Эти сведения представляют интерес как дополнительные справочные данные.

Шум измеряли в каждом отдельном помещении на семи этажах мукомольного завода и на шестом этаже элеватора в соответствии с ГОСТ 20445—75 при работе всего оборудования под нагрузкой. Микрофон устанавливали в центре каждого помещения на высоте 1,5 м от уровня пола.

Результаты исследования шума приведены в таблице 70. Как видно, уровни шума во всех исследованных помещениях, за исключением выбойного отделения (второй этаж) и размольного отделения (четвертый этаж), превышают нормы, допустимые ГОСТ 12.1.003—76, как в октавном спектре частот, так и по уровню звука.

Уровни звука и звукового давления на пульте управления мукомольного завода намного ниже норм, допустимых ГОСТ 12.1.003—76.

70. Октавные уровни звукового давления и уровни звука в помещениях мукомольного завода и элеватора при работе оборудования под нагрузкой

Место измерения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц										Уровень звука, дБА
	уровни звукового давления, дБ										
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	31500	
Допустимые значения по ГОСТ 12.1.003—76	99	92	86	83	80	78	76	74	74	85	
1-й этаж мукомольного завода (воздуходувные машины, винтовые нагнетатели)	84	102	103	100	98	91	83	74	74	102	
1-й этаж мукомольного завода (просеивающие машины, шлюзовые питатели)	81	85	82	83	85	78	67	56	56	87	
2-й этаж мукомольного завода (энтолейторы, вентиляторы)	81	80	82	87	84	85	86	84	84	92	
2-й этаж мукомольного завода (обочные машины)	90	84	90	91	88	81	73	69	69	92	
2-й этаж мукомольного завода (авборазгрузчик, вентиляторы)	92	80	78	79	77	71	66	59	59	82	
3-й этаж мукомольного завода (сепаратор для фильтрации мочных вод)	76	79	85	87	85	85	85	83	83	92	
3-й этаж мукомольного завода (вальцовые станки)	80	83	91	93	87	78	74	66	66	93	
4-й этаж мукомольного завода (энтолейторы, шлюзовые питатели, циклоны-разгрузители)	84	79	78	79	77	74	68	64	64	81	
4-й этаж мукомольного завода (камноотделительные машины, энтолейторы, вентиляторы)	82	78	77	80	81	84	87	86	86	92	

Место измерения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц										Уровень звука, дБА
	уровни звукового давления, дБ										
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
5-й этаж мукомольного завода (сепараторы, обочные машины)	79	85	83	91	87	87	84	78	93		
5-й этаж мукомольного завода (ситовальные машины)	83	86	88	87	83	75	67	62	87		
6-й этаж мукомольного завода (машины для мокрого шелушения зерна)	76	74	79	86	84	83	85	84	92		
6-й этаж мукомольного завода (рассевы, виброцентрофугал, вентиляторы среднего давления)	89	85	88	92	89	85	77	66	93		
7-й этаж мукомольного завода (фильтры-циклоны, вентиляторы, воздушовная машина)	81	80	38	87	83	82	83	83	92		
7-й этаж мукомольного завода (вентиляторы высокого давления, фильтры-циклоны, шлюзовые нитатели)	89	93	92	94	94	90	83	73	98		
Пульт управления мукомольного завода (двери открыты)	72	66	76	73	66	56	51	45	71		
То же (двери закрыты)	72	65	68	62	57	51	42	34	63		
6-й этаж элеватора (сепараторы, вентиляторы)	79	81	87	88	85	77	73	64	83		

ОЦЕНКА ВИБРАЦИЙ ПОЛА НА УСЛОВНЫХ РАБОЧИХ МЕСТАХ ОБОРУДОВАНИЯ

Предварительные замечания. Методы измерений вибраций описаны в главе 1. Напомним, что эти измерения выполняли при работе одного изделия на холостом ходу; при этом все другое оборудование, находящееся в данном помещении, отключали. Для машин, расположенных на потолке, вибрации не измеряли (виброднище, энтолейтор РЗ-БЭР).

Условным рабочим местом для рассевов были точки, расположенные над рассевами на седьмом этаже, так как рассевы подвешены и передают вибрации от машины на перекрытие через подвески, которые закреплены на перекрытии седьмого этажа. Вибрации измеряли для того же оборудования, для которого измеряли шумовые характеристики.

Результаты измерений логарифмических уровней среднеквадратичных значений виброскорости в октавных полосах частот на условных рабочих местах у машин приведены в таблице 71.

Результаты измерений. Анализ параметров вибраций на рабочем месте у машин показывает, что все машины, кроме эталонного дещера, создают вибрации на рабочем месте, не превышающие нормы, установленные ГОСТ 12.1.012—78.

Вибрации на условном рабочем месте эталонного дещера превышают на 7 дБ нормы в октавной полосе частот с $f_{с.г.} = 63$ Гц. Вибрации на рабочем месте у дещера А1-БДГ не превышают нормы.

Наибольшие уровни вибраций перекрытия (после дещера) — у эталонного виброцентрофугала — 92 дБ в октавной полосе с $f_{с.г.} = 31,5$ Гц.

Вибрации пола у обоих типов рассевов ниже, чем у эталонных машин: у шестиприемного рассева РЗ-БРБ — во всем спектре вибрации, а у четырехприемного РЗ-БРВ — в октавных полосах с $f_{с.г.} = 16...63$ Гц.

Достаточно высокие уровни вибраций пола наблюдаются у эталонного сепаратора предварительной очистки зерна, которые выше во всем спектре вибраций пола, чем у сепаратора А1-БИС-100. Повышенные уровни вибраций пола также у камнеотделительных машин РЗ-БКТ (в октавных полосах с $f_{с.г.} = 16...63$ Гц). У эталонного

71. Вибрации пола на условных рабочих местах оборудования

Машины	Среднегеометрические частоты октавных по- лос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
	логарифмические уровни среднеквадратичных значений виброскорости, дБ					
Допустимые значения по ГОСТ 12.1.012—78	108	102	92	92	92	92
Сепараторы:						
А1-БИС-100	82	82	80	76	72	56
эталонный	83	83	86	86	76	66
А1-БИС-12	72	72	52	62	58	56
эталонный	72	72	56	66	66	78
Камнеотделительная ма- шина:						
РЗ-БКТ	72	72	66	85	78	76
эталонная	72	72	46	82	66	46
Вертикальная обочная машина:						
РЗ-БМО-6	72	72	60	82	83	72
эталонная	72	72	52	72	46	46
РЗ-БМО-12	72	72	46	52	46	52
эталонная	72	72	52	52	63	52
Машина:						
А1-БМШ	72	72	60	72	64	56
эталонная	72	72	60	72	72	72
Энтолейтор:						
РЗ-БЭЗ	72	72	52	52	58	63
эталонный	72	72	56	62	46	53
Вальцовый станок:						
А1-БЗН (№ 1)	72	72	52	63	63	60
эталонный	72	72	46	64	58	62
А1-БЗН (№ 2)	72	72	52	60	60	60
эталонный	72	72	56	62	56	56
Деташер:						
А1-БДГ	72	72	60	66	72	84
эталонный	46	46	46	46	82	99
Виброцентрофугал:						
РЗ-БЦА	72	72	52	52	65	62
эталонный	76	76	66	72	92	86
Рассев шестиприемный:						
РЗ-БРБ	72	72	52	65	58	52
эталонный	76	76	60	72	78	56

Машины	Среднегеометрические частоты октавных по- лос. Гц					
	1	4	8	16	31,5	63
	логарифмические уровни среднеквадратичных значений виброскорости, дБ					
Рассев четырехприемный:						
РЗ-БРВ	72	72	56	63	56	46
эталонный	72	72	56	65	72	58
Ситовеечная машина:						
А1-БСО	72	72	56	63	64	56
эталонная	72	72	52	52	52	46
Установка с просеивающи- ми машинами:						
А1-БПК	52	52	46	46	46	46
эталонная	52	52	46	46	46	56

камнеотделителя уровни виброскорости перекрытия ниже, чем у машины РЗ-БКТ, особенно в октавных полосах с $f_{с.г.} = 8; 31,5$ и 63 Гц.

Вибрации пола у вертикальной обоечной машины РЗ-БМО-6 превышают аналогичные вибрации пола на рабочем месте у обоечной машины РЗ-БМО-12. Значительная разность уровней вибраций пола объясняется способом установки этих машин: первая закреплена на металлической площадке, прикрепленной к полу, а вторая — непосредственно на полу. Вибрации пола у машины РЗ-БМО-6 намного выше, чем у эталонной машины в октавных полосах с $f_{с.г.} = 8...63$ Гц.

В низкочастотной области спектра ($f_{с.г.} = 2...4$ Гц) наибольшие уровни вибраций наблюдаются у сепаратора А1-БИС-100—83 дБ.

Минимальные уровни в октавных полосах с $f_{с.г.} = 2$ и 4 Гц имеют место у установки с просеивающими машинами (52 дБ), которая расположена на первом этаже. Остальные виды оборудования не создают заметной вибрации перекрытия.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО МЕЛЬНИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Предварительные замечания. В предыдущих главах были изложены методы диагностирования основных видов машин, входящих в состав комплекта высокопроизводительного мельничного оборудования, и приведены эталонные сигнатуры, которые надо применять при практической реализации этих методов. В качестве примеров было показано использование методов технического диагностирования для оценки технического состояния машин, установленных на одном из комбинатов хлебопродуктов.

Результаты диагностирования. Виброакустические параметры сепаратора А1-БИС-100 близки эталонной сигнатуре. Параметры шума сепаратора А1-БИС-100 не превышают норм предельного спектра ПС—80 по ГОСТ 12.1.003—76 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». За 14 мес эксплуатации параметры виброперемещений и виброускорений ситового корпуса практически не изменились. Отмечено снижение пиковых значений виброускорений корпуса, что свидетельствует о протекании в машине процесса приработки кинематических пар. Это подтверждается реальной акустической сигнатурой, которая приблизилась к эталонной.

Вибродиагностические параметры сепаратора А1-БИС-12 практически равны параметрам, содержащимся в эталонной сигнатуре. Уровень звука в реальной диагностической сигнатуре меньше, чем в эталонной, на 4 дБА, по скорректированному уровню звуковой мощности — на 4 дБА. Параметры шума сепаратора А1-БИС-12 не превышают допустимых норм (ПС—80). За 13 мес эксплуатации реальная вибрационная сигнатура сепаратора А1-БИС-12 практически не изменилась. За это же время реальная акустическая сигнатура несколько улучшилась, что свидетельствует о приработке кинематических пар.

По принятой совокупности вибродиагностических признаков реальная сигнатура камнеотделительной машины РЗ-БКТ удовлетворительно соответствует эталон-

ной. Уровень звука машины на 4 дБА выше, чем у эталонной. Параметры шума не превышают допустимых норм (ПС—80). После наладки машины через 9 мес ее эксплуатации реальная вибродиагностическая сигнатура совпала с эталонной, а параметры реальной акустической сигнатуры стали меньше эталонной — уровень звука на условном рабочем месте камнеотделительной машины РЗ-БКТ на 7 дБА ниже, чем у эталонной.

В вертикальной обоечной машине РЗ-БМО-6 несколько повышена вибрация корпуса по сравнению с эталонной машиной вследствие недостаточной балансировки вала электродвигателя в сборе со шкивом клиноременной передачи. Уровень звука машины РЗ-БМО-6 на 7 дБА, а скорректированный уровень звуковой мощности на 6 дБА выше, чем в эталонной акустической сигнатуре.

Параметры шума вертикальной обоечной машины не превышают допустимых норм (ПС—80). Через 10 мес эксплуатации реальная вибродиагностическая сигнатура у машины несколько ухудшилась — виброускорения в отдельных точках возросли более чем в 2 раза, что привело к некоторому увеличению уровней звукового давления в высокочастотной области спектра шума.

Для повышения качества обоечной машины РЗ-БМО-6 рекомендовано предусмотреть в технической документации и проводить на заводе-изготовителе тщательную динамическую балансировку электродвигателя в сборе со шкивом, а также ротора машины в сборе. Полезно проверить правильность выбора посадок подшипников, необходимо внимательно следить за качеством сборки машины.

Сравнение виброускорений реальной сигнатуры вертикальной обоечной машины РЗ-БМО-12 с эталонной показывает, что при работе на холостом ходу виброускорения машины РЗ-БМО-12 больше эталонных, что свидетельствует о наличии в этой машине дополнительных ударов. Значения параметров реальной акустической сигнатуры этой обоечной машины хуже параметров эталонной сигнатуры (уровень звука и скорректированный уровень звуковой мощности на 13 дБА выше). При работе под нагрузкой виброускорения машины РЗ-БМО-12 в основном меньше эталонных значений, но в отдельных точках виброакустические параметры превышают эталонные значения. Шум обоечной машины

РЗ-БМО-12 не превышает норм ПС—80. После 11 мес наработки обоечной машины РЗ-БМО-12 ее вибрационное состояние (под нагрузкой) несколько улучшилось: за время эксплуатации и при техническом обслуживании наблюдались процессы, сопровождавшиеся приработкой элементов и снижением уровня вибраций.

Рекомендации по повышению качества, сделанные в отношении вертикальной обоечной машины РЗ-БМО-6, полностью относятся и к вертикальной обоечной машине РЗ-БМО-12.

Виброускорения реальной сигнатуры машины А1-БМШ при ее работе на холостом ходу значительно превышают данные эталонной сигнатуры. Шум машины А1-БМШ превышает шум эталонной машины по уровню звука и скорректированному уровню звуковой мощности на 8 дБА.

При работе под нагрузкой виброускорения машины А1-БМШ меньше эталонных параметров. Через 13 мес эксплуатации виброускорения отдельных точек машины увеличились в 2...3 раза. В начале эксплуатации шум машины не удовлетворял нормам ПС—80, после ремонта и отладки машины А1-БМШ ее шум снизился до норм ПС—80.

Для повышения качества машины А1-БМШ рекомендовано предусмотреть в технической документации и проводить на заводе-изготовителе тщательную динамическую балансировку ротора машины в сборе, а также электродвигателя в сборе со шкивом. Полезно проверить правильность выбора посадок подшипников, необходимо также внимательно следить за качеством сборки машины.

При работе на холостом ходу виброускорения энтолейтора РЗ-БЭЗ значительно превышают значения эталонной сигнатуры. Поэтому и шумовые характеристики энтолейтора РЗ-БЭЗ по уровню звука и по скорректированному уровню звуковой мощности превышают эталонную сигнатуру на 11 и 12 дБА соответственно. При работе под нагрузкой виброускорения реальной сигнатуры в основном меньше виброускорений эталонной.

В процессе эксплуатации энтолейтора в течение 11 мес его вибрационное состояние при работе под нагрузкой не ухудшилось. Параметры реальной акустической сигнатуры энтолейтора РЗ-БЭЗ превышают нормы (ПС—80), а эталонной не превышают этих норм.

Для повышения качества работы энтолейторов РЗ-БЭЗ и РЗ-БЭР рекомендовано улучшить динамическую балансировку роторов и качество их установки в опорах качения.

Вибродиагностические параметры реальной сигнатуры энтолейтора РЗ-БЭР несколько уступают эталонной. Акустическая реальная сигнатура близка эталонной. Шум энтолейтора РЗ-БЭР не превышает норм ПС—80. За 13 мес эксплуатации вибрационное состояние энтолейтора изменилось мало. За это время параметры реальной акустической сигнатуры несколько ухудшились и стали близки эталонной.

Виброускорения вальцового станка А1-БЗН драной системы превышают эталонные значения виброускорений (особенно пиковые). Реальная акустическая сигнатура имеет превышение над эталонной на 14 дБА. Шум вальцового станка А1-БЗН драной системы не превышает допустимых норм (ПС—80). Для улучшения параметров реальной сигнатуры вальцового станка А1-БЗН драной системы рекомендовано повысить качество изготовления шестерен и подшипниковых опор; целесообразно разработать и внедрить технологию монтажа подшипников вальцов, обеспечивающую одинаковую и правильную их установку. Необходимо улучшить техническое обслуживание этих станков.

Через 14 мес эксплуатации шум вальцового станка драной системы несколько повысился (на 2...3 дБА).

Эффективные значения виброускорений вальцового станка А1-БЗН размольной системы в 3...5 раз больше эталонных значений, а пиковые значения заметно превышают величины эталонной сигнатуры. Уровень звука акустической сигнатуры превышает эталонный на 15 дБА. Шум вальцового станка А1-БЗН размольной системы не превышает допустимых норм ПС—80. Рекомендации, касающиеся вальцового станка драной системы, полностью относятся и к вальцовому станку размольной системы. Через 14 мес эксплуатации шум вальцового станка снизился на 1 дБА.

Вибродиагностическая сигнатура при работе деташера А1-БДГ на холостом ходу по своим параметрам близка эталонной. Величины виброперемещений деташера А1-БДГ незначительны, однако на холостом ходу они выше эталонных. При работе деташера под нагрузкой виброускорения превышают эталонные в 5 раз.

Акустическая сигнатура дэташера А1-БДГ существенно превышает эталонную по уровню звука (на 9 дБА). Шум дэташера А1-БДГ не превышает норм (ПС—80).

За 11 мес эксплуатации произошла некоторая приработка дэталей и узлов машины, в результате чего виброускорения дэташера А1-БДГ уменьшились, значения параметров реальной акустической сигнатуры также уменьшились, приближаясь к эталонным (превышение составляет 1 дБА).

Виброускорения виброцентрофугала РЗ-БЦА превышают виброускорения эталонной машины до трех раз. Акустическая сигнатура превышает эталонную на 5...8 дБА. Шум виброцентрофугала РЗ-БЦА не превышает допустимых норм (ПС—80).

Рекомендовано улучшить изготовление стопорных элементов крепления корпуса с виброопорами, крепления сит и повысить качество сборки. После доводки и эксплуатации в течение 10 мес параметры реальной акустической сигнатуры совпали с эталонной.

Вибродиагностические параметры шестиприемного рассева РЗ-БРБ имеют несколько больший разброс, чем в эталонной сигнатуре (по пиковым виброускорениям до 55 %). Шумовые характеристики рассева РЗ-БРБ близки эталонной акустической сигнатуре. Шум шестиприемного рассева превышает допустимые нормы (ПС—80).

Для повышения качества шестиприемного рассева РЗ-БРБ рекомендовано, используя техническую документацию, проанализировать характер сопряжений в кинематических парах и при необходимости их ужесточить, а также обеспечить тщательную проверку качества выполнения этих сопряжений на заводе-изготовителе. Целесообразно также проверить правильность выбора посадок подшипников и следить за сборкой.

Через 14 мес эксплуатации пиковые значения виброускорений шестиприемного рассева РЗ-БРБ уменьшились в 1,2...1,3 раза, шумовые характеристики снизились на 1 дБА и достигли значений эталонной сигнатуры.

Вибродиагностические параметры четырехприемного рассева РЗ-БРВ несколько выше значений эталонной сигнатуры (пиковые ускорения больше в 1,2 раза). Параметры реальной акустической сигнатуры четырехприемного рассева РЗ-БРВ несколько выше параметров эталонной сигнатуры (на 2...3 дБА). Шум четырехприемного рассева превышает нормы (ПС—80).

Рекомендации, сформулированные для шестиприемного рассева РЗ-БРБ, полностью справедливы и для четырехприемного рассева РЗ-БРВ.

Через 12 мес работы реальная вибрационная сигнатура рассева РЗ-БРВ заметно не изменилась, несколько приработались детали, что привело к некоторому улучшению реальной акустической сигнатуры — уровень звука стал ниже эталонного на 2 дБА. Через 12 мес обкатки шум четырехприемного рассева практически не превысил допустимых норм (ПС—80).

Реальная вибродиагностическая сигнатура ситовечной машины А1-БСО близка эталонной. У диагностируемой машины несколько ниже эффективные и (особенно) пиковые значения виброускорений. Шумовые характеристики ситовечной машины А1-БСО близки эталонной сигнатуре и не превышают допустимых норм (ПС—80). Через 13 мес эксплуатации реальная вибродиагностическая сигнатура почти не изменилась, лишь немного уменьшились пиковые значения виброускорений, что связано с приработкой сопряженных в кинематических парах деталей; это улучшило данные реальной акустической сигнатуры — они стали ниже эталонной на 1 дБА.

У диагностируемой установки с просеивающими машинами А1-БПК значения виброперемещений (эффективные и пиковые) при работе на холостом ходу и под нагрузкой ниже параметров эталонной сигнатуры, но значения виброускорений заметно превышают виброускорения эталонной установки.

Параметры реальной акустической сигнатуры установки с просеивающими машинами А1-БПК несколько выше параметров эталонной и превышают нормы (ПС—80).

Через 13 мес эксплуатации вибродиагностические параметры установки заметно изменились: в ряде точек несколько увеличились значения виброперемещений и возросли значения виброускорений; имеются точки, где указанные параметры снизились. Реальная акустическая сигнатура изменилась — уровень звука возрос на 5 дБА.

Рекомендовано улучшить техническое обслуживание установки с просеивающими машинами А1-БПК.

Сравнение реальной вибродиагностической сигнатуры виброразгрузчика РЗ-БВА-130 с эталонной показы-

вает, что его вибрационное состояние несколько менее интенсивно, чем у эталонной машины. Поскольку оно обеспечивает нормальное ведение технологического процесса, то вибрационные параметры виброразгрузчика РЗ-БВА-130 следует признать удовлетворительными, так как они будут способствовать повышению долговечности этого оборудования.

Параметры реальной акустической сигнатуры несколько ниже эталонных, шум у виброразгрузчика не превышает допустимых норм (ПС—80). Через 11 мес эксплуатации виброразгрузчика виброперемещения контрольных точек практически не изменились, а виброускорения увеличились в 1,1...1,3 раза.

В процессе эксплуатации были проведены наладка вибратора и профилактика привода, что позволило снизить у виброразгрузчика РЗ-БВА-130 уровень звука и скорректированный уровень звуковой мощности на 3...4 дБА соответственно.

Анализ результатов измерений вибраций пола на условных рабочих местах оборудования (дополнительный диагностический признак) показывает, что все оборудование создает на рабочем месте вибрации, не превышающие норм по ГОСТ 12.1.012—78.

Сравнение логарифмических уровней среднеквадратичных значений виброскорости пола на условных рабочих местах высокопроизводительного мельничного оборудования с аналогичными параметрами эталонного оборудования в основном подтверждает сделанный выше анализ: более вибро- и шумоактивное оборудование имеет и повышенные вибрации пола на условном рабочем месте.

В результате технического диагностирования высокопроизводительного мельничного оборудования можно сделать следующий общий вывод.

В связи с тем что значения эффективных виброперемещений измерительных точек у различных видов оборудования достаточно близки аналогичным параметрам эталонного оборудования, высокопроизводительное мельничное оборудование обеспечивает заданную технологическую эффективность. Однако виброускорения измерительных точек у большинства исследованного оборудования превышают виброускорения в тех же точках у эталонных машин, что может снизить долговечность оборудования.

Причинами этого могут быть недостаточная динамическая балансировка вращающихся роторов, нарушения правильности посадки подшипников (или неудачный выбор посадок), невысокое качество изготовления шестерен, а также то, что сопряжения в кинематических парах выполнены хуже, чем в эталонном оборудовании.

Для дальнейшего улучшения качества серийных машин необходимо:

откорректировать техническую документацию с учетом сделанных в настоящей книге замечаний;

улучшить качество изготовления отдельных деталей, предусмотреть возможность и улучшить динамическую балансировку роторов в сборе, повысить качество изготовления сопряжений кинематических пар, посадок и подбор подшипников и особенно — улучшить качество сборки оборудования;

повысить уровень технического обслуживания оборудования.

Глава 17

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕПАРАТОРА А1-БСТ

Сепаратор А1-БСТ предназначен для фильтрации моечной воды с целью извлечения зерновых отходов в зерноочистительном отделении мукомольного завода.

Схема сепаратора приведена на рисунке 80. На основании 1 при помощи 12 пружин 2 установлен вибрлоток 6, который является основным рабочим органом сепаратора и включает поддон 5 и металлотканое конусообразное сито 7. Сито крепится с помощью кольца 3. В центре поддона 5 вертикально установлен штырь 9 с пружиной 8. Верхний патрубок 4 предназначен для вывода из машины обезвоженных отходов, нижний 11 служит для вывода из машины воды.

К вибрлотку 6 прикреплен мотор-вибратор (электровибратор) 12, на роторе которого установлены верхний 10 и нижний 13 дебалансы. Верхний дебаланс установлен на шпонке, а нижний дебаланс имеет разрезную ступицу и крепится на роторе с помощью затяжки болта. Такое крепление нижнего дебаланса позволяет поворачивать его вокруг оси ротора и устанавливать под любым углом по отношению к верхнему дебалансу. Масса верх-

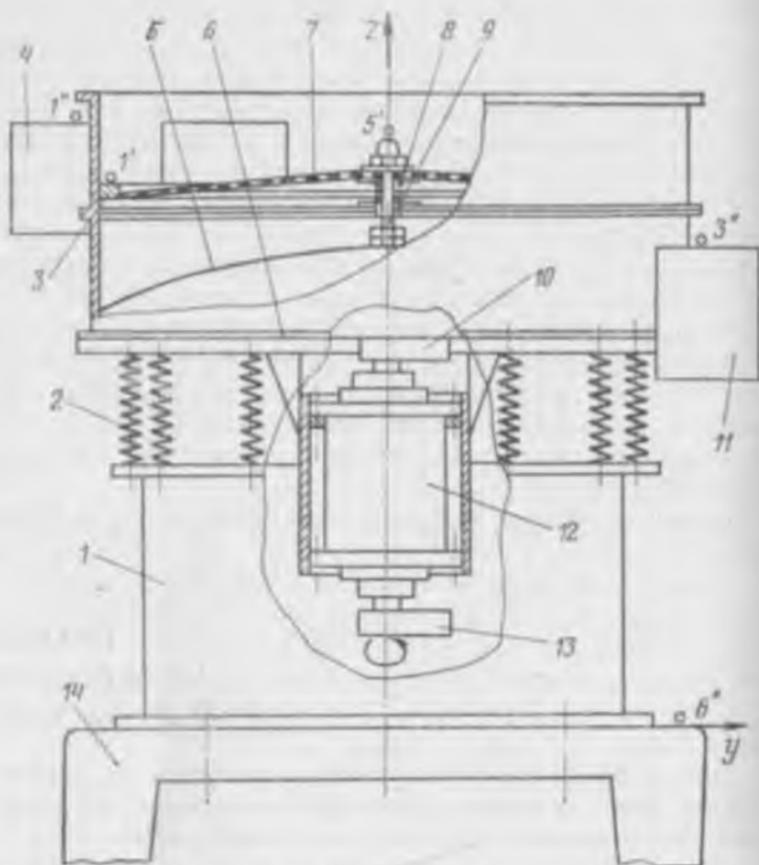


Рис. 80. Общий вид сепаратора А1-БСТ для фильтрации мочевой воды:

1 — основание; 2 — пружина; 3 — кольцо; 4 — верхний патрубок; 5 — поддон; 6 — виброток; 7 — сито; 8 — натяжная пружина; 9 — штырь; 10 — верхний дебаланс; 11 — нижний патрубок; 12 — мотор-вибратор; 13 — нижний дебаланс; 14 — станна.

него и нижнего дебалансов может регулироваться путем набора определенного числа пластин. Основание 1 крепится нижним фланцем к станне 14 сепаратора.

В сепараторе А1-БСТ в качестве привода использован электровибратор ЭВ132-4УЗ. По паспорту на электровибратор максимально допустимая возмущающая сила 18,6 кН, частота вращения ротора 1410 об/мин, мощность 2,2 кВт.

В связи с тем что ось вращения ротора электровибратора не совпадает с главными осями виброток, при ра-

боте мотор-вибратора возникают колебания ситового кузова, обеспечивающие требуемую технологическую эффективность при сепарировании мочечных отходов.

Вода вместе с отходами после мочечной машины или машины для мокрого шелушения поступает на сито сепаратора. Сходовая фракция (твердые отходы) направляется на шнековый пресс, а очищенная вода стекает по поддону и через патрубок поступает в канализацию.

Эффективность очистки мочечных вод (по удержанию взвешенных веществ до и после очистки) составляет 32,8 %, а влажность твердых отходов (сходовая фракция) — 90,4 %.

Отличительной особенностью сепаратора А1-БСТ является использование сложного колебательного движения, что позволяет при сравнительно простой конструкции машины обеспечивать более эффективное выделение из мочечных вод зерновых отходов, чем в обычных цилиндрических зерноуловителях.

Задачами исследования являлись:

определение рациональной настройки сепаратора (т.е. такой настройки, при которой идет достаточно быстрый выход отходов из ситового кузова и в то же время центробежная сила, действующая на ротор электровибратора, минимальная);

установление влияния режима настройки на параметры колебаний ситового кузова;

определение характера колебаний ситового кузова;

выявление жесткости пружин, при которых обеспечивается рациональная настройка сепаратора.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Измерения параметров колебаний были проведены для установившегося режима работы машины.

При заводских испытаниях измерения проводили в точках 1...4', лежащих на поверхности кольца 3, и в точке 5', расположенной на торце штыря 9 (рис. 80 и 81).

В производственных условиях измерения параметров колебаний проводили в точках 1'' и 3'', лежащих на горизонтальной поверхности верхнего и нижнего патрубков, и в точке 6'' станины сепаратора (рис. 81).

В производственных условиях проводить измерения в точках 1' и 3' кольца 3 не представлялось возможным, так как это кольцо было покрыто мочечной водой и мас-

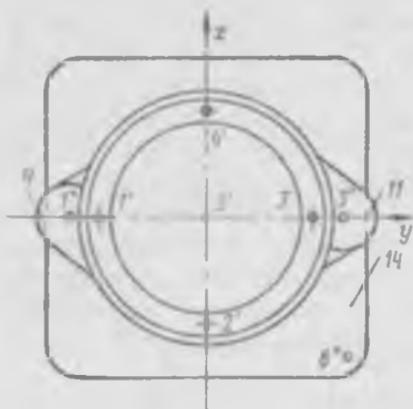


Рис. 81. Расположение точек измерения вибраций (вид сверху): 4 — верхний патрубок; 11 — нижний патрубок; 14 — станция.

тика не была способна удержать кубик с датчиком на мокрой поверхности кольца. Расстояние между точками 3' и 3'', а также между точками 1' и 1'' составляло около 70 мм.

Для указанных точек выполнены измерения перемещений и ускорений вдоль взаимноперпендикулярных осей x , y и z . Расположение точек измерения и направления осей показаны на рисунках 80 и 81.

Параметры вибрации измеряли при помощи той же вибронмерительной аппаратуры и датчиков фирмы RFT (ГДР), посредством которых проводили вибрационное диагностирование оборудования. При измерении разности фаз колебаний двух точек использовали также двухлучевой осциллограф С18.

Режим настройки сепаратора задавали установкой дополнительных грузов на верхнем и нижнем дебалансах, а также изменением угла между дебалансами. Масса верхней пластины около 0,1 кг, нижней 0,35 кг.

Исследования проводили в два этапа: на первом — при заводских испытаниях, на втором — в производственных условиях. В процессе заводских испытаний решали все поставленные выше задачи исследований; при производственных испытаниях проверяли только применимость найденного предварительного режима работы сепаратора под нагрузкой при длительных испытаниях в течение нескольких смен.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ НАСТРОЙКИ СЕПАРАТОРА НА ПАРАМЕТРЫ КОЛЕБАНИЙ СИТОВОГО КУЗОВА

Исследование влияния угла α между дебалансами на параметры колебаний.

Анализ экспериментальных данных показал, что изменение угла между дебалансами в диапазоне от 0 до 60°

не приводит к существенному изменению параметров колебаний сидового кузова.

Было установлено также, что наибольшие значения эффективных виброперемещений и виброускорений лежат в октавной полосе, имеющей среднегеометрическую частоту 31,5 Гц. В этой октавной полосе лежит частота вращения вала электровибратора, равная по данным измерений 25 Гц.

Исследование влияния масс верхнего и нижнего дебалансов на параметры колебаний. Исследование влияния массы верхнего дебаланса на параметры колебаний сидового кузова проводили при режимах настройки сепаратора, приведенных в таблице 72.

72. Режимы настройки сепаратора, использованные для выявления влияния массы верхнего дебаланса

Номер режима настройки сепаратора	Число пластин на верхнем дебалансе	Число пластин на нижнем дебалансе	Угол α между дебалансами, град	Номера таблиц результатов измерений
1	10	3	0	73
2	16	3	0	74
3	4	6	0	75

На основании экспериментальных данных построены графики, характеризующие зависимость виброперемещений по осям x , y и z от числа пластин на верхнем дебалансе n (рис. 82) при $\alpha = 0^\circ$ (табл. 73...75).

73. Параметры колебаний точки I' сидового кузова при режиме настройки № 1

Величина	Ось					
	x		y		z	
	ξ_0 , мм	a_2 , м/с ²	ξ_0 , мм	a_2 , м/с ²	ξ_0 , мм	a_2 , м/с ²
\bar{u}	1,35	35	1,60	40	1,00	25
\wedge	1,95	54	2,30	70	1,45	63
u	1,95	100	2,25	70	1,45	80
V						

Было установлено, что величины эффективных виброперемещений в горизонтальной плоскости $\bar{\xi}_x$ и $\bar{\xi}_y$ являются функциями числа (массы) пластин n_v на верхнем

дебалансе и практически не зависят от числа (массы) пластин на нижнем дебалансе n_n (при варьировании n_n в пределах от 3 до 6 шт.).

74. Параметры колебаний точки 1' ситового кузова при режиме настройки № 2

Величина	Ось					
	x		y		z	
	ξ_x , мм	a_x , м/с ²	ξ_y , мм	a_y , м/с ²	ξ_z , мм	a_z , м/с ²
\bar{u}	1,50	38	1,85	45	1,00	25
Δ						
u	2,20	55	2,70	76	1,45	38
u	2,25	57	2,70	80	1,40	43
∇						

75. Параметры колебаний точки 1' ситового кузова при режиме настройки № 3

Величина	Ось					
	x		y		z	
	ξ_x , мм	a_x , м/с ²	ξ_y , мм	a_y , м/с ²	ξ_z , мм	a_z , м/с ²
\bar{u}	1,15	29	1,40	39	1,70	43
Δ						
u	1,65	44	2,15	89	2,50	68
u	1,65	100	2,10	95	2,45	75
∇						

Из рисунка 82 следует, что увеличение числа пластин на верхнем дебалансе от 0 до 16 приводит к увеличению виброперемещений в горизонтальной плоскости (по оси x $\bar{\xi}$ изменяется от 1,1 до 1,5 мм, а по оси y $\bar{\xi}$ изменяется от 1,2 до 1,85 мм).

Эти зависимости приближенно могут быть выражены следующими формулами:

$$\bar{\xi}_x = 1,1 + 0,025n_n, \quad (1)$$

$$\bar{\xi}_y = 1,2 + 0,041n_n. \quad (2)$$

Кроме того, увеличение числа пластин на верхнем дебалансе до 16 почти не влияет на виброперемещения в вертикальной плоскости.

На основании экспериментальных данных построены

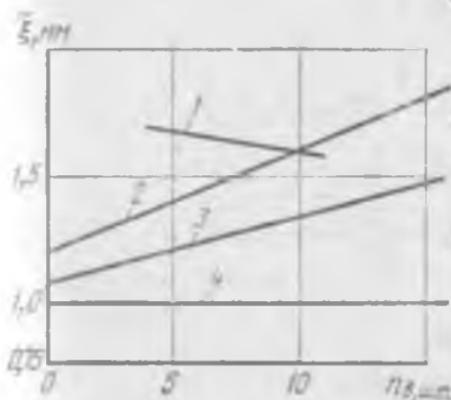


Рис. 82. Зависимость эффективных виброперемещений точки I' от числа пластин n_n на верхнем дебалансе:

1 — $\tilde{\xi}_z$ при $n_n = 6$; 2 — $\tilde{\xi}_y$ при $n_n = 3 \dots 6$; 3 — $\tilde{\xi}_x$ при $n_n = 3 \dots 6$; 4 — $\tilde{\xi}_z$ при $n_n = 3$.

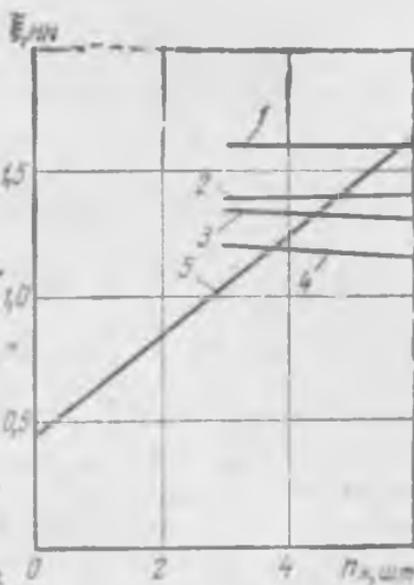


Рис. 83. Зависимость эффективных виброперемещений точки I' от числа пластин n_n на нижнем дебалансе:

1 — $\tilde{\xi}_y$ при $n_n = 10$; 2 — $\tilde{\xi}_y$ при $n_n = 4$; 3 — $\tilde{\xi}_x$ при $n_n = 10$; 4 — $\tilde{\xi}_x$ при $n_n = 4$; 5 — $\tilde{\xi}_z$ при $n_n = 4 \dots 10$.

графики, характеризующие зависимость виброперемещений по осям x , y и z от числа пластин на нижнем дебалансе (рис. 83, где n_n — число пластин на нижнем дебалансе) при $\alpha = 0^\circ$.

Из графиков, приведенных на рисунке, видно, что увеличение числа пластин на нижнем дебалансе от 0 до 6 приводит к увеличению виброперемещений в вертикальной плоскости (по оси z $\tilde{\xi}_z$ изменяется от 0,46 до 1,64 мм). Эта зависимость ориентировочно может быть выражена следующей формулой:

$$\tilde{\xi}_z = 0,46 + 0,2n_n. \quad (3)$$

Кроме того, из графиков на рисунке 83 следует, что увеличение числа пластин на нижнем дебалансе до 6 практически не влияет на виброперемещения в горизонтальной плоскости.

Измерения, проведенные авторами, показали, что для расчета значений пиковых виброперемещений можно использовать с погрешностью $\pm 8\%$ следующие зависимости:

$$\hat{\xi}_x = \sqrt{2} \tilde{\xi}_x, \quad (4)$$

$$\hat{\xi}_y = \sqrt{2} \tilde{\xi}_y, \quad (5)$$

$$\hat{\xi}_z = \sqrt{2} \tilde{\xi}_z, \quad (6)$$

где величины $\tilde{\xi}_x$, $\tilde{\xi}_y$ и $\tilde{\xi}_z$ определяют по формулам (1), (2) и (3).

Определение предварительного режима настройки сепаратора. Наблюдения за поведением обезвоженных отходов на сите сепаратора при различных режимах его настройки позволили предварительно рекомендовать следующий режим: закреплять на верхнем дебалансе шесть пластин, на нижнем — две пластины и устанавливать угол между дебалансами 60° ; дебалансы выставлять так, чтобы нижний опережал верхний на 60° по направлению движения ротора электровибратора, который вращается против часовой стрелки. При этом режиме настройки (при условии равномерного натяжения сита) отсутствуют зоны застоя продукта на сите и происходит достаточно быстрый выход отходов из ситового кузова.

Полученный режим настройки сепаратора следует считать предварительным, так как в процессе исследований воду не подавали. Окончательные рекомендации по режиму настройки сепаратора были даны лишь на основании его испытаний в производственных условиях.

Наблюдения за поведением продукта на сите показали, что во избежание образования зон застоя необходимо сильное и равномерное натяжение сита по всей поверхности; кроме того, поверхность сита должна иметь коническую форму.

Для увеличения диапазона регулирования натяжения сита целесообразно имеющуюся длину пружины сепаратора А1-БСТ увеличить на 20 ... 30 мм.

В таблицах 76 и 77 приведены параметры колебаний точек 1'...5' ситового кузова (см. рис. 81) при предварительном режиме настройки, определенном при заводских испытаниях.

76. Параметры колебаний точки 1' ситового кузова при предварительном режиме настройки

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Ось					
	x		y		z	
	ξ_0 , мм	a_2 , м/с ²	ξ_0 , мм	a_2 , м/с ²	ξ_0 , мм	a_2 , м/с ²
8	0,02	0,54	0,024	0,59	0,022	0,44
16	0,54	13,50	0,600	15,0	0,450	10,0
31,5	1,20	30,00	1,300	32,0	1,000	24,0
63	0,04	1,80	0,05	2,3	0,040	2,1
125	0	0,65	0,01	2,7	0	1,4
250	0	1,00	0	3,5	0	2,3
500	0	2,20	0	3,4	0	2,3
1 000	0	0,80	0	0,75	0	2,2
2 000	0	0,39	0	0,50	0	1,0
4 000	0	0,80	0	0,75	0	1,0
8 000	0	0,57	0	0,53	0	0,75
16 000	0	0,25	0	0,27	0	0,50
Эффективное значение во всем диапазоне частот \bar{u}	1,3	33	1,45	36	1,10	27
Пиковые значения \hat{u}	1,85	47	2,05	64	1,55	40
u	1,85	47	2,05	52	1,55	43

77. Параметры колебаний точки 5' ситового кузова при предварительном режиме настройки

Величина	Ось					
	x		y		z	
	ξ_0 , мм	a_2 , м/с ²	ξ_0 , мм	a_2 , м/с ²	ξ_0 , мм	a_2 , м/с ²
\bar{u}	1,30	34	1,40	37	0,13	4,2
\hat{u}	2,00	52	2,05	61	0,20	10,0
u	1,95	55	2,05	53	0,20	10,0

Сравнение виброперемещений по оси z в точках 1'... 4' с виброперемещениями по оси z в точке 5' позволяет сделать вывод о том, что центр ситового кузова в вертикальной плоскости имеет перемещение в 6,5...8,5 раза меньше, чем на периферии.

Определение характера движения ситового кузова. Характер движения находим измерением разности фаз колебаний двух точек. Места установки датчиков и их ориентация обозначены следующим образом: цифра слева указывает на точку измерения, а греческая буква — на ось измерения. Расположение точек измерения 1',...5' показано на рисунке 81; 7' и 8' на рисунке не показаны, так как они находились в крайних точках образующей

78. Разность фаз колебаний двух точек ситового кузова и пиковые значения виброперемещений по осям x , y , z при предварительном режиме настройки

Номер измерения	Точка установки датчика и его ориентация	Разность фаз, град	$\Delta \xi_{x'}$ мм	$\xi_{x'}$ мм	$\Delta \xi_{y'}$ мм	$\xi_{y'}$ мм	$\Delta \xi_{z'}$ мм	$\xi_{z'}$ мм
1	1' x 3' x	0	1,85 1,85	1,85 1,85	— —	— —	— —	— —
2	2' y 4' y	0	— —	— —	2,0 2,1	2,0 2,05	— —	— —
3	1' x 3' y	90	1,85 —	1,85 —	— 2,1	— 2,1	— —	— —
4	1' x 1' y	90	1,85 —	1,85 —	— 2,05	— 2,05	— —	— —
5	7' x 8' x	0	— —	— —	— —	— —	— —	— —
6	1' z 3' z	180	— —	— —	— —	— —	1,55 1,25	1,55 1,25
7	2' z 4' z	180	— —	— —	— —	— —	1,50 1,70	1,50 1,60
8	1' z 4' z	90	— —	— —	— —	— —	1,55 1,70	1,55 1,60
9	1' y 1' z	90	— —	— —	2,05 —	2,05 —	1,55 —	1,55 —
10	2' z 2' x	90	— 1,85	— 1,85	— —	— —	1,50 —	1,50 —
11	2' z 2' y	0	— —	— —	— 2	— 2	1,50 —	1,50 —

цилиндрической поверхности кузова; эта образующая лежала в вертикальной плоскости, проходящей через ось x .

Анализ результатов измерений колебаний точек $I' \dots 5'$ (табл. 78) показывает, что ситовой кузов в проекции на горизонтальную плоскость совершает круговое поступательное движение. Визуальные наблюдения за сепаратором при его выбеге показали, что вращение каждой точки кузова в горизонтальной плоскости происходит против часовой стрелки.

Анализ результатов измерений (табл. 78), а также вывод о том, что виброперемещения в вертикальной плоскости центра ситового кузова значительно меньше, чем на его периферии, говорит о том, что ситовой кузов, кроме кругового поступательного движения в горизонтальной плоскости, совершает еще и угловые движения относительно горизонтальных осей x и y .

Круговое поступательное движение кузова, конусообразная форма сита и угловые движения кузова относительно осей x и y способствуют отбрасыванию продукта от центра сита к его периферии и удалению его из сепаратора. Эти движения совершаются с частотой 25 Гц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ СЕПАРАТОРА, РАБОТАЮЩЕГО В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В процессе испытаний сепаратора в производственных условиях был найден и уточнен рациональный режим его

79. Параметры колебаний сепаратора, работающего в производственных условиях при рациональном режиме настройки

Измеряемый параметр	Ось			
	x	y	z	x
	точка I'			
$\bar{\xi}_0$, мм	1,4	1,5	1,7	1,4
$\wedge \xi_0$, мм	2	2,2	2,4	2,1
ξ_0 , мм	2	2,1	2,4	2,1
\bar{a}_2 , м/с ²	38	34	42	36,0
$\wedge a_2$, м/с ²	190...300	54	85	54,0
a_2 , м/с ²	140...270	55	73	55,0

Измеряемый параметр	Ось				
	y	z	x	y	z
	точка 3"		точка 6"		
$\tilde{\xi}_0$, мм	1,4	1,9	0,14	0,13	0,48
$\hat{\xi}_0$, мм	2	2,7	0,22	0,21	0,66
ξ_0 , мм	2	2,7	0,23	0,21	0,68
\checkmark \bar{a}_2 , м/с ²	34	47	3,6	3,2	46
\hat{a}_2 , м/с ²	60	68	6,4	6,5	55
\checkmark a_2 , м/с ²	52	66	6,5	6,5	56

настройки, который обеспечивал хорошую технологическую эффективность. При рациональном режиме на верхнем и нижнем дебалансах было установлено по шесть дополнительных пластин, угол между дебалансами 60° , причем нижний дебаланс опережал верхний по ходу вращения ротора электровибратора. При этом режиме настройки из мочных отходов интенсивно образовывались шарики и быстро удалялись из сепаратора.

Параметры колебаний точек 1" и 3" кузова и точки 6" станины сепаратора (см. рис. 81) при рациональном режиме настройки приведены в таблице 79. Повышенные пиковые ускорения точки 1" по оси x объясняются слабой затяжкой отдельных болтов.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В результате проведения исследований сепаратора А1-БСТ для фильтрации мочных вод установлено следующее.

Испытания сепаратора в производственных условиях позволили рекомендовать следующий рациональный режим настройки:

дополнительная масса верхнего дебаланса 0,6 кг (шесть дополнительных грузов);

дополнительная масса нижнего дебаланса 2,1 кг (шесть дополнительных грузов);

по ходу вращения дебалансов нижний дебаланс должен опережать верхний на 60° (ротор мотор-вибратора вращается против часовой стрелки, если смотреть на сепаратор сверху).

Во время исследований определены параметры колебаний точек сидового кузова, соответствующие рекомендованной настройке, а также выявлено, что кузов совершает круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости и угловые движения относительно горизонтальных осей x и y .

Установлено, что увеличение массы верхнего дебаланса в основном приводит к росту амплитуды колебаний кузова в горизонтальной плоскости, а массы нижнего — в основном повышает амплитуду колебаний в вертикальной плоскости.

Формулы, полученные экспериментальным путем, позволяют определить виброперемещения по осям x , y и z в зависимости от количества дополнительных пластин на верхнем и нижнем дебалансах.

Для устранения зон застоя продукта на сите оно должно быть равномерно натянуто по всей поверхности и иметь форму конуса. Длину пружины, регулирующей натяжение сита, необходимо увеличить на 20...30 мм.

После исследований и доводки сепаратор А1-БСТ для фильтрации моечных отходов работал удовлетворительно.

Глава 18

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ И ПРОЧНОСТИ СЕПАРАТОРА А1-БСФ-50

В процессе эксплуатации сепаратора А1-БСФ-50 произошли поломки каркасов центральной и боковой рам сепаратора в месте их соединения болтами М16×80. В результате обследования рам эталонного сепаратора было обнаружено, что и у него в аналогичных местах центральной рамы имеются трещины. Таким образом выявлено, что при проектировании как эталонного сепаратора, так и сепаратора А1-БСФ-50 допущены конструктивные недоработки.

Горьковским отделением ВНИЭКИпродмаш были даны рекомендации по упрочнению опасных мест (вариант I, рис. 84). Одновременно дополнительно рассматривали

усиленный вариант упрочнения рамы сепаратора (вариант II, рис. 86).

Сепаратор А1-БСФ-50 предназначен для разделения предварительно очищенного в сепараторе А1-БИС-Ю0 зерна по крупности и для отделения мелких примесей. Устройство сепаратора аналогично рассеивателю. Несущая конструкция состоит из центральной и двух боковых (пакетных) рам. Они соединяются с центральной болтами и образуют единую несущую конструкцию. На упругих подвесках кузов подвешивают к кронштейну потолочной рамы. Внутри центральной рамы установлены балансирующий механизм и приводное устройство (электродвигатель, ведущий и ведомый шкивы, соединенные клиноременной передачей). Корпус сепаратора совершает круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости с частотой 260 колеб/мин и амплитудой 32 мм.

Задачей исследования являлась оценка эффективности предложенных мероприятий по упрочнению опасных мест каркаса центральной рамы.

Методика исследований. Для решения указанной задачи проведено кинематическое исследование сепаратора А1-БСФ-50 и прочностное исследование каркаса центральной рамы.

При кинематическом исследовании сепаратора применяли виброизмерительную аппаратуру фирмы RFT (ГДР) и датчики KD35a.

При исследованиях напряжений, возникающих в местах образования трещин на каркасе, использовали метод тензоизмерений. Усилителем служил шестиканальный малогабаритный тензометрический прибор МТП, разработанный ВНИЭКИпродмаш, а регистрирующим прибором — светолучевой осциллограф К-115. Применяли тензорезисторы с базой 5 мм, имеющие тензочувствительность, равную двум. Там, где это было необходимо (в зоне концентрации напряжений), учитывали осреднение показаний тензорезистора. Для наклейки использовали клей холодного отверждения.

Исследования проводили в конце декабря в неотапливаемом помещении элеватора (температура воздуха была -15°C). Это потребовало повторной контрольной градуировки непосредственно в помещении элеватора датчиков KD35a и градуировки осциллограмм, записанных с тензорезисторов, при помощи тарировочной балки, находившейся рядом с объектом измерений.

Кинематическое исследование. Оно должно было установить, какой случай работы сепаратора вызывает наибольшее нагружение каркаса — работа сепаратора на холостом ходу или под нагрузкой. Для этого необходимо определить пиковые и эффективные значения виброперемещений и виброускорений при обоих случаях работы сепаратора и выбрать наихудший, при котором эти параметры наибольшие.

Для измерений параметров вибраций кубик из органического стекла с установленными на нем тремя датчиками КД-35а, ориентированными вдоль осей x , y , z , приклеивали в точке центральной рамы, показанной на рисунке 84. В таблице 80 приведены параметры вибраций, измеренные в указанной точке, при работе сепаратора на холостом ходу и под нагрузкой.

80. Параметры вибрации точки центральной рамы сепаратора А1-БСФ-50

Измеряемый параметр	На холостом ходу		Под нагрузкой	
	ось			
	x	y	x	y
$\bar{\xi}$, мм	25	25	25	25
\wedge $\bar{\xi}$, мм	32	32	32	32
$\bar{\xi}$ \vee , мм	32	32	32	32
\bar{a} , м/с ²	21	20	19	18
\wedge a , м/с ²	30	30	30	30
a \vee , м/с ²	30	30	30	28

Из результатов измерений (см. табл. 80) видно, что параметры движения точки, для которой выполнены измерения, практически одинаковы. Равенство значений виброперемещений по осям x и y подтверждает, что траектория этой точки практически круговая. Параметры вибраций центральной рамы сепаратора по осям x и y практически не изменяются при переходе от холостого хода к работе под нагрузкой. Это можно объяснить относительно небольшой приведенной массой зерна по сравнению с массой рам и укрепленных на них деталей.

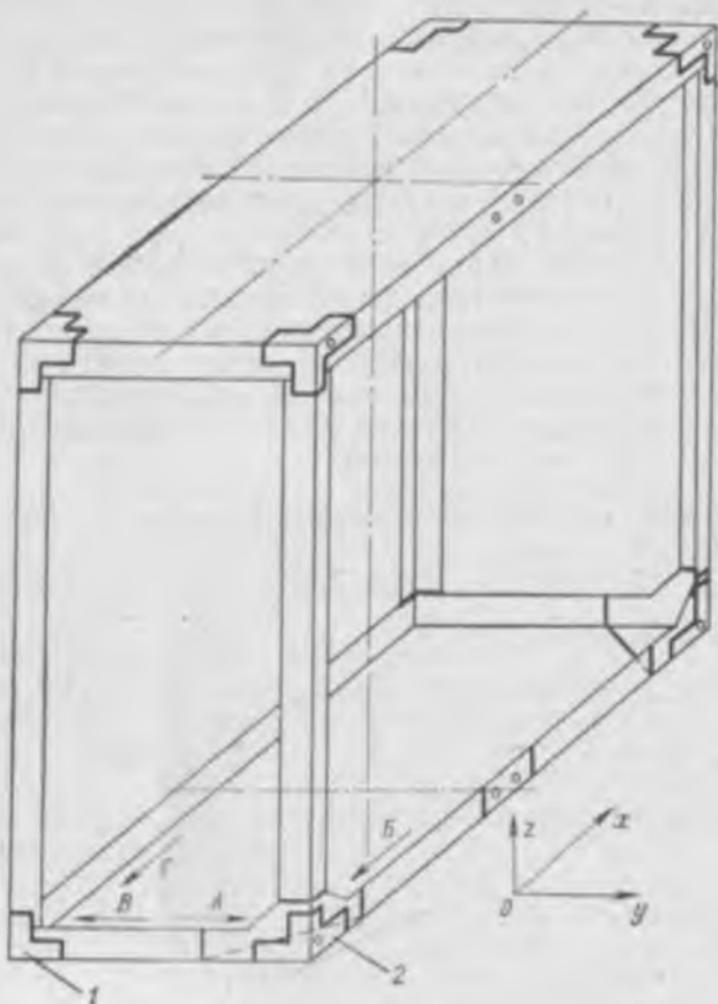


Рис. 84. Схема рамы (виды по стрелкам А, Б, В, Г, показаны на рис. 85...88):

1 — место установки датчиков KD35а; 2 — упрочнение.

Ясно, что исследовать напряженное состояние элементов рамы можно и без подачи зерна в сепаратор. Такой вывод также подтверждается результатами измерения напряжений в наиболее нагруженных точках, выполненных как на холостом ходу, так и под нагрузкой.

Исследование прочности центральной рамы. Тензорезисторы, предназначенные для определения напряженно-

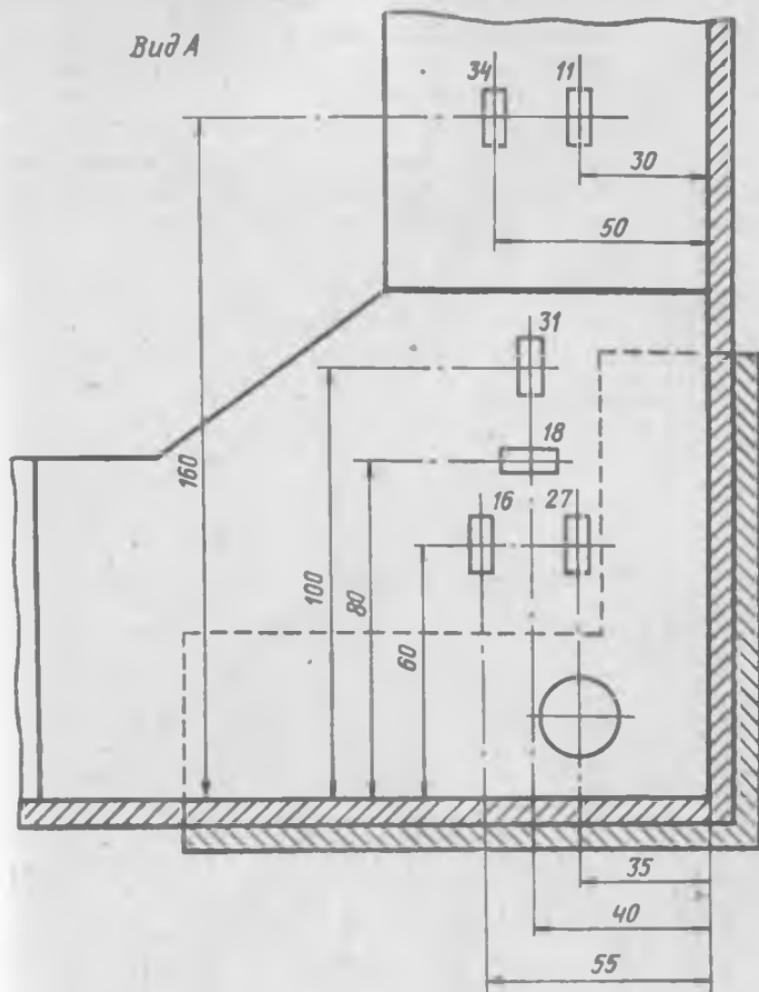


Рис. 85. Схема наклейки тензорезисторов (стрелка А на рис. 84).

го состояния рамы, были наклеены в нескольких сечениях центральной рамы, которые, по предварительным исследованиям, являются наиболее нагруженными зонами.

Рядом с основными тензорезисторами были наклеены запасные (резервные). При выборе зон наклейки были учтены характер поломки рамы в процессе эксплуатации и направления трещин. Схемы наклейки тензорезисторов показаны на рисунках 85...88. Рядом с тензорезистором стоит его номер.

Переход от напряжений в зонах наклейки тензорезисторов к напряжениям в зоне концентраций проведен введением эффективного коэффициента концентрации K_{σ} .

Были измерены напряжения в раме сепаратора для двух вариантов сборки центральной и боковых рам. В первом варианте (без прокладок) сборка выполнена по способу, полностью соответствующему чертежам Горь-

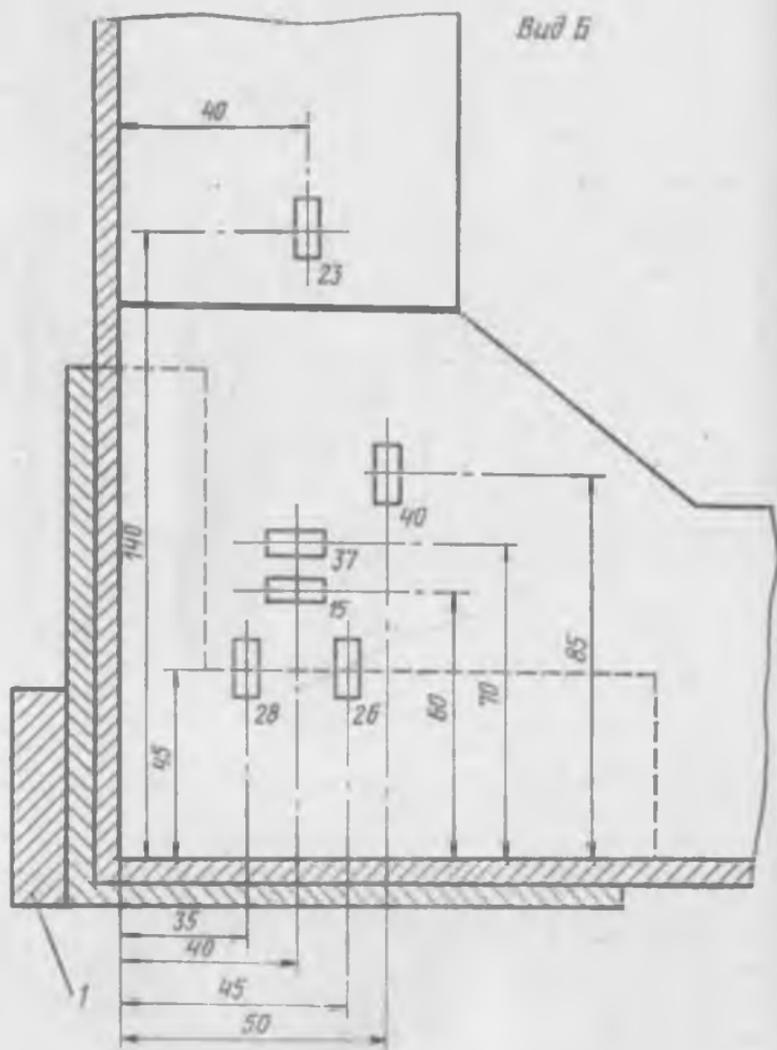


Рис. 86. Схема наклейки тензорезисторов (стрелка *Б* на рис. 84; *1* — прокладка).

ковского отделения ВНИЭКИпродмаша, во втором — дополнительно были применены прокладки, указанные на рисунке 86.

Полученные осциллограммы позволили установить, что процесс изменения напряжений в раме близок синусоидальному. Величины амплитуд динамических напряжений приведены в таблице 81. Эти данные использованы для расчета коэффициента запаса прочности рамы.

Экспериментами установлено, что введение прокладок при монтаже сепаратора по второму варианту мало влияет на напряженное состояние рамы. Поэтому расчет

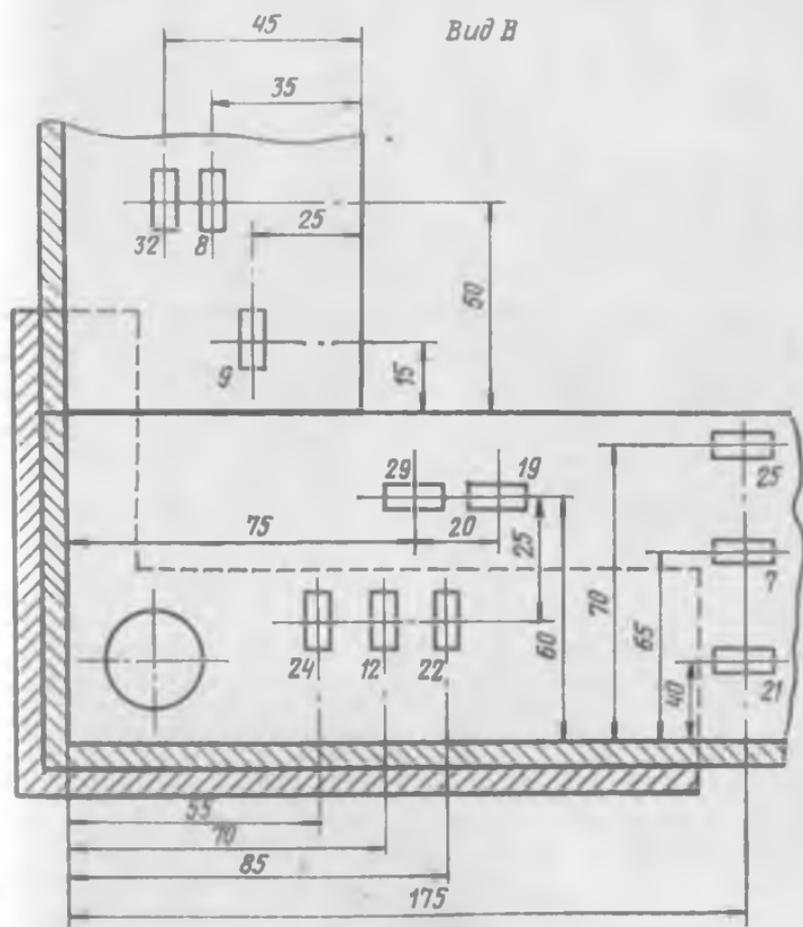


Рис. 87. Схема наклейки тензорезисторов (стрелка В на рис. 84).

на прочность выполнен для случая, когда прокладок нет. Из данных таблицы 81 следует, что динамические напряжения при работе сепаратора на холостом ходу и под нагрузкой близки.

С учетом концентрации напряжений наиболее напряженными точками рамы являются точки с тензорезисторами № 9, 24, 29, 41.

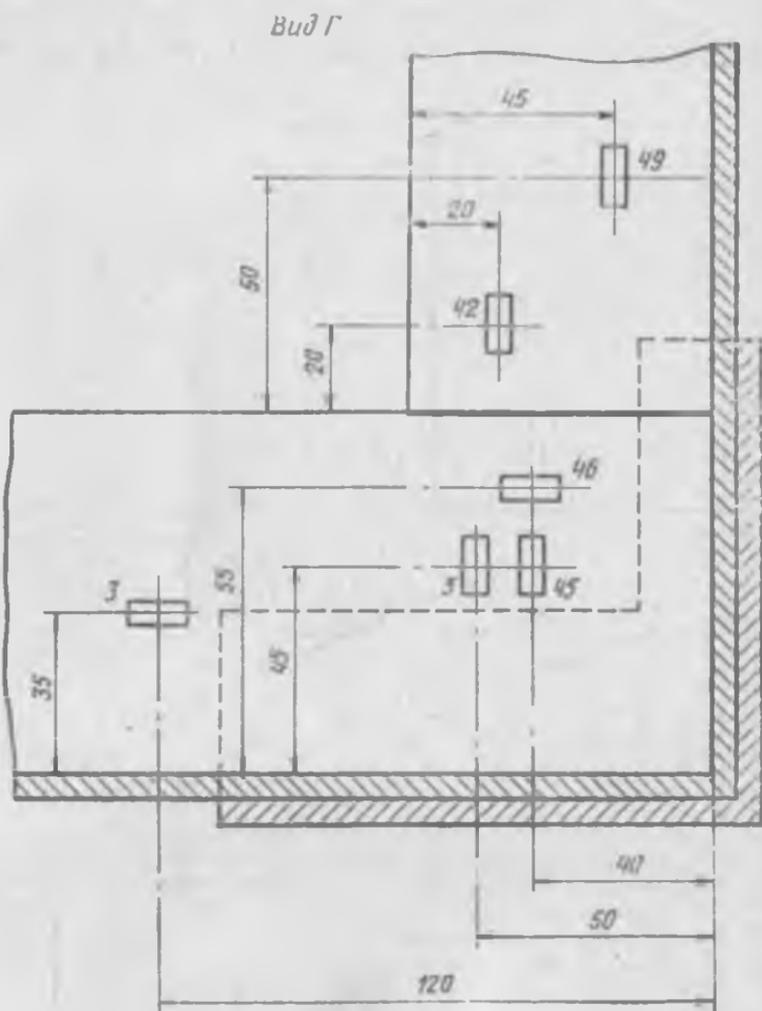


Рис. 88. Схема наклейки тензорезисторов (стрелка Г на рис. 84).

81. Амплитуды динамических напряжений (МПа) в центральной раме

Номер рисунка	Номер тензорезанс- тора	Холостой код		Под нагрузкой	
		I вариант	II вариант	I вариант	II вариант
85	11	4,0	—	4	—
	16	1,5	—	—	—
	18	5,0	—	5	—
	27	4,5	—	4	—
	31	5,0	—	—	—
	34	3,5	—	—	—
86	15	7,5	—	6,5	—
	23	6,5	—	6	—
	26	1,0	—	—	—
	28	1,0	—	—	—
	37	6,5	—	6,5	—
	40	3,5	—	—	—
87	7	3,5	—	—	—
	8	2,0	—	—	—
	9	9,5	—	—	—
	12	5,0	—	—	—
	19	5,0	6,5	5	6,5
	21	2,0	—	—	—
	22	1,5	5,0	—	—
	24	7,0	—	—	—
	25	6,0	3,5	5	3,5
	29	11,0	—	—	—
	32	2,5	—	—	—
88	3	5,0	4,5	4	4,0
	5	1,0	—	—	—
	41	9,0	6,5	6,0	5,0
	45	1,5	—	—	—
	46	5,0	4,5	4,5	4,5
	49	1,5	—	—	—

Коэффициент запаса прочности рассчитываем по формуле:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K\sigma_a + \psi_{\sigma}\sigma_m} \quad (7)$$

где σ_{-1} — предел выносливости; σ_a — расчетное значение амплитуды напряжений; σ_m — среднее напряжение цикла; ψ_{σ} — коэффициент влияния асимметрии цикла.

Значение коэффициента K находим по формуле:

$$K = K_{\sigma} \frac{K_1 K_2}{\gamma_{mоб}} \eta \quad (8)$$

где K_{σ} — эффективный коэффициент концентрации напряжений; K_1 — коэффициент неоднородности материала детали; K_2 — коэффициент, учитывающий наличие остаточных напряжений; γ — коэффициент, учитывающий влияние абсолютных размеров; $m_{об}$ — коэффициент, учитывающий качество обработки поверхности; η — коэффициент, учитывающий влияние технологических отклонений.

Для стали 2-III-B-08 (ГОСТ 4041—71) нижний предел временного сопротивления $\sigma_b = 280$ МПа, предел выносливости $\sigma_{-1} = 0,33 \sigma_b = 0,33 \cdot 280 = 92,5$ МПа; $\psi_{\sigma} = 0$. Поскольку в местах сварки имеется резкая концентрация напряжений и возможны значительные остаточные напряжения, принимаем: $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,2$; $\gamma = 1,0$; $m_{об} = 0,8$; $\eta = 1,1$.

Учитывая концентрацию напряжений в сварных швах, расположенных вблизи зон наклейки тензорезисторов, будем принимать эффективные коэффициенты концентрации напряжений для зон наклейки тензорезисторов, обозначенных номерами 9, 24, 29, 41, равными $K_{\sigma} = 2,0$. Тогда по формуле (8) получаем

$$K = 2,0 \frac{1,2 \cdot 1,2}{1,0 \cdot 0,8} 1,1 = 3,95.$$

По формуле (7) находим запас прочности в зоне наиболее напряженного тензорезистора № 29, у которого амплитуда напряжений $\sigma_a = 11,0$ МПа:

$$n_{\sigma} = \frac{92,5}{3,95 \cdot 11,0} = 1,94.$$

По данным ЦНИИ МПС такое значение запаса прочности для сварных конструкций следует признать удовлетворительным при условии обеспечения стабильного качества сварки (без непроваров и значительных по величине остаточных напряжений).

Таким образом, проведенные тензометрические измерения и прочностные расчеты подтвердили целесообразность конструктивных изменений, внесенных Горьковским отделением ВНИЭКИпродмаш. Экспериментальные исследования также не выявили целесообразности введения дополнительных прямоугольных прокладок между центральной и боковыми рамами.

Основные характеристики приборов, применяемых при виброакустической диагностике

Приборы для измерения вибраций
Виброизмерительные приборы фирмы RFT

Марка	Тип	Число каналов	Частотный диапазон, Гц	Максимальные измерительные значения	Габариты, мм	Масса, кг
SM231	11003	3	2...15 000	$a = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ $v_0 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ $s_{20} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ $\Gamma_{22} = 0,25 \text{ мм}$ $\Gamma_{20} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ $\Gamma_{20} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ мм}$	487×244×306	15
SM211	11001	1	2...15 000		247×244×306	8,4

Фильтры октавные

Марка	Частотный диапазон, Гц	Количество октавных полос	Входное и выходное сопротивление, Ом	Габариты, мм	Масса, кг
OF-101	31,5...16 000	10	600±30	260×62×175	2,9
OF-201	0...16	3	600±30	260×62×175	3,8

Анализатор третьоктавный

Марка	Частотный диапазон, Гц	Число фильтров	Частотная характеристика	Габариты, мм	Масса, кг
ТОА-101	2...20 000	41 октавный	A, B, C, D, лин.	540×205×470	20

41 третьоктавный

Вибродатчики

Марка	Коэффициент передачи, мВ/(м·с ⁻²)	Максимальное ускорение, м/с ²	Температурный диапазон, °С	Масса, г
KD35a	5±0,15	3·10 ³	-50...+200	28
KB12	100...300	30	-20...+80	180

Электродинамический градуировочный стол

Марка	Масса, кг	Частота, Гц	Ускорение, м/с ²	Масса, кг
11032 (ЕЕТ 101)	1	79,6	10	3

Виброизмерительные приборы фирмы «Роботрон»

Марка	Число каналов	Частотный диапазон, Гц	Наименьший измеряемый сигнал	Габариты, мм	Масса, кг
00033	3	1...15 000	$a = 0,005 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ $v_1 = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ $v_{10} = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	540×182×310	18
00032	1	1...15 000	$v_{100} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ $\xi_1 = 0,7 \text{ мм}, \xi_0 = 0,1 \text{ м}$ $\xi_{10} = 0,003 \text{ мм}, \xi_{30} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$	256×182×310	9
00042	1	1...4000	$a = 0,05 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ $v_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	210×110×300	3,3

Третьоктавный анализатор

Марка	Частотный диапазон, Гц	Число фильтров	Частотная характеристика	Габариты, мм	Масса, кг
01023	2...200 000	17 октавных	A, B, C, D, лин.	540×182×310	18

50 третьоктавных

Приборы для измерения шума фирм RGT и «Роботрон»

Шумомеры

Марка	Частотный диапазон, Гц	Измеряемый уровень, дБ	Частотная характеристика	Временная характеристика	Габариты, мм	Масса, кг
PSI-202	20...40 000	35...140	A, B, C, лин., внешние фильтры	Медленно, импульс	260×120×180	3,5
00017	2...100 000	15...140	A, B, C, D, лин., фильтры октавные 31,5 Гц...63 кГц	Медленно, импульс, запоминание, пик-запоминание	340×119×194	4
00023	2...100 000	15...140	A, B, C, D, лин., терц-октавные фильтры 31,5 Гц...16 кГц	То же	340×119×194	4
00014	31,5...8000	30...140	A, лин., внешний фильтр	Медленно, импульс-запоминание	105×85×270	1,2

Фильтры						
Марка	Частотный диапазон, Гц	Число фильтров	Входное сопротивление, кОм	Выходное сопротивление, Ом	Габариты, мм	Масса, кг
01016	31,5...63 000	12 октавных полос	100	300	105×60×188	0,9
01017	31,5...16 000	28 третиоктавных и октавных полос	100	300	105×60×188	1,0

Примечание. Кроме того, можно использовать передвижной комплект-модуль измерительных приборов 00022 с излучательным шумомером 00014 и октавный фильтр 01016, а также передвижной комплект-модуль измерительных приборов 00021 для размещения дополнительных частей и принадлежностей для шумомеров. Первые комплекты 00021 и 00022 обеспечивают защиту от помехи различного характера, их удобное хранение и транспортирование.

Пример (условный) оформления результатов измерений шумовых характеристик вальцового станка А1-БЗН

Протокол измерения шумовой характеристики вальцового станка А1-БЗН 1 драной системы (по ОСТ 27-72-306-77).

1. Предприятие-изготовитель — Могилев-Подольский машзавод.

2. Условия испытания:

Помещение — мукомольный завод (3-й этаж).

Облицовка ограничивающих поверхностей:

стены — железобетонные, масляная краска, побелка,

потолок — железобетонные плиты, побелка,

пол — железобетонный, масляная краска.

Способ установки машины — на деревянной раме.

Режим работы машины — на холостом ходу.

3. Измерительная аппаратура — PS1-202 № 61315, OF-101 № 51004 фирмы RFT (ГДР).

4. Дата проведения измерений — 29 мая 1983 г.

5. Измерения проводили: инженер ВНИЭКИпродмаша (фамилия).

6. При проведении измерений присутствовали: начальник мукомольного завода (фамилия).

7. Метод определения шумовых характеристик — измерение на расстоянии 1 м от наружного контура машины (ОСТ 27-72-306-77).

Число точек измерения — 8.

Габариты машины — $2,1 \times 1,26 \times 1,34$ м.

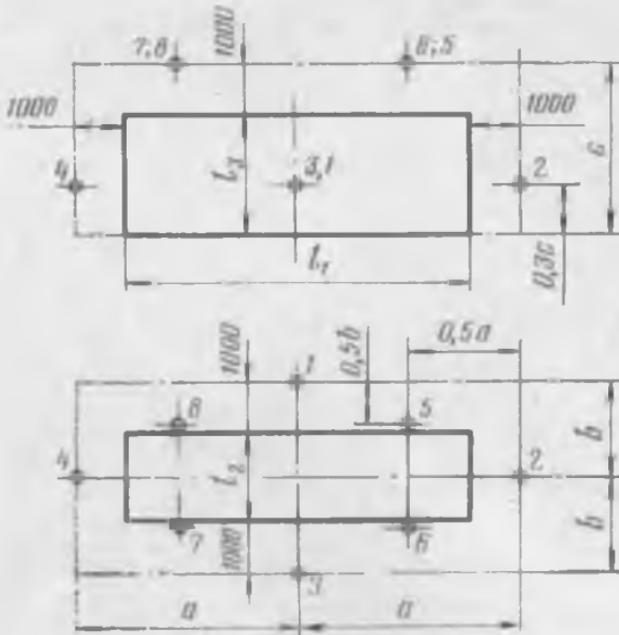


Рис. 1 приложения 2. Схема расположения измерительных точек.

Схема расположения точек измерения 1.8 представлена на рисунке 1 приложения 2.

На рисунке обозначено:

$$a = \frac{l_1}{2} + 1 = 2,1 \text{ м}, \quad c = l_3 + 1 = 2,3 \text{ м},$$

$$b = \frac{l_2}{2} + 1 = 1,6 \text{ м}, \quad S = 4(ab + bc + ac) = 48 \text{ м}^2.$$

$$\kappa_m = 2,4.$$

8. Число измерений в одной точке — 3.

9. Характеристики помещения:

категория помещения — А,

объем помещения $V = 30 \cdot 18 \cdot 4,8 + 6 \cdot 12,7 \cdot 4,8 = 2958 \text{ м}^3$.

10. Постоянная звукопоглощения B помещения и поправка K на отраженный звук

Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$B, \text{ м}^2$	74	74	81	103	147	236	443	887
$K, \text{ дБ}$	3,2	3,2	3,0	2,5	1,9	1,3	0,7	0,4

11. Сведения о внесенных поправках:

δ_T — поправка шумоизмерительного тракта согласно свидетельству о госповерке

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\delta_T, \text{ дБ}$	—	—	—	—	—	—	—	—

Поправка δ_{Π} на шум помех (фон)

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\delta_{\Pi}, \text{ дБ}$	—	—	—	—	—	—	—	—
Фон, дБ	50	51	48	43	44	37	32	21

Общая коррекция показаний δ_{Σ}

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\delta_{\Sigma}, \text{ дБ}$	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание δ_{Σ} является алгебраической суммой δ_T и δ_{Π} .

12. Октавные уровни звукового давления L_i в точках измерения

Точки измерений	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	L_i , дБ							
1	65	64	71	70	63	55	50	42
2	75	71	70	69	65	56	47	37
3	73	70	71	71	62	55	47	38
4	75	71	71	70	67	58	54	42
5	72	68	69	70	64	56	50	38
6	70	67	67	67	63	53	48	36
7	66	68	69	68	63	54	48	35
8	70	70	70	69	63	56	49	36
L_{m1} , дБ	72	69	70	69	64	56	50	39
$L_{m1K} = L_{m1} + \delta_{\Sigma}$, дБ	72	69	70	69	64	56	50	39
$L_m = L_{m1K} - K$, дБ	69	66	67	67	62	55	49	39

13. Октавные уровни звуковой мощности L_p

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p , дБ	82	79	80	80	75	67	62	51

Корректированный уровень звуковой мощности $L_{pA} = 80$ дБА.

14. Класс точности измерений — 3.

$\frac{S_m}{\sqrt{m}} = 1,2$ дБ — среднеквадратичная погрешность (вычисляют по ГОСТ 8.055—73)

$S_{m\text{ит}} = \sqrt{\frac{S_n^2}{n} + \frac{S_m^2}{m}} = 0,9$ дБ — суммарная среднеквадратичная погрешность (вычисляют по ГОСТ 8.055—73).

15. Заключение по результатам измерений

Результаты оценки уровней шума на рабочем месте в цехе на соответствие требованиям ГОСТ 12.1.003—76

Сравниваемые величины	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц								Уровень шума, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Уровень звукового давления, дБ								

Измеренные (расчетные) значения	73	69	70	77	65	56	52	42	70
Допустимые значения по ГОСТ 12.1.003—76	99	92	86	83	80	78	76	74	85
Превышение	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Заключение

Октавные уровни звукового давления и уровни звука не превышают значений, допустимых ГОСТ 12.1.003—76

Представители организаций:

Инженер ВНИЭКИПродмаш (фамилия)

Начальник мукомольного завода (фамилия)

Бланк расчета шумовых характеристик машин (по ОСТ 27-72-306-77)

Поправка δ_n на шум помех (фон)

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-------------	----	-----	-----	-----	------	------	------	------

δ_n , дБ

Фон, дБ

Октавные уровни звукового давления L_i в точках измерения

Точки измерений	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	L_i , дБ							

1	65	64	71	70	63	55	50	42
2	75	71	70	69	65	56	47	37
3	73	70	71	71	62	55	47	38
4	75	71	71	70	67	58	54	42
5	72	68	69	70	64	56	50	38
6	70	67	67	67	63	53	48	36
7	66	68	69	68	63	54	48	35
8	70	70	70	69	63	56	49	36
L_{m1} , дБ	72	69	70	69	64	56	50	39
$L_{m,k} = L_{m1} + \delta_{\Sigma}$, дБ	72	69	70	69	64	56	50	39

$$l_1 = 2,1 \text{ м}; \quad l_{\max} = 2,1 \text{ м}; \quad l_2 = 1,26 \text{ м}; \quad l_3 = 1,34 \text{ м};$$

$$a = \frac{l_1}{2} + 1 = \frac{2,1}{2} + 1 = 2,05 \text{ м}; \quad b = \frac{l_2}{2} + 1 =$$

$$= \frac{1,26}{2} + 1 = 1,63 \text{ м};$$

$$c = l_3 + 1 = 1,34 + 1 = 2,34 \text{ м}.$$

$$S = 4(ab + bc + ac) = 4(2,05 \times 1,63 + 1,63 \times 2,34 + 2,05 \times 2,34) = 47,8 \text{ м}^2;$$

$$n = 8 \quad 10 \lg n = 9 \quad 10 \lg S = 16,8,$$

$$r_{1,3} = \sqrt{b^2 + (0,3c)^2} = \sqrt{1,63^2 + (0,3 \times 2,34)^2} = 1,8 \text{ м},$$

$$r_{2,4} = \sqrt{a^2 + (0,3c)^2} = \sqrt{2,05^2 + (0,3 \times 2,34)^2} = 2,2 \text{ м},$$

$$r_{5-8} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + \frac{b^2}{4} + c^2} = \sqrt{\frac{2,05^2}{4} + \frac{1,63^2}{4} + 2,34^2} = 2,7 \text{ м}.$$

$$\frac{r_{1,3}}{l_{\max}} = \frac{1,8}{2,1} = 0,81, \quad \frac{r_{2,4}}{l_{\max}} = \frac{2,2}{2,1} = 1,05,$$

$$\frac{r_{5-8}}{l_{\max}} = \frac{2,7}{2,1} = 1,3.$$

Значения x находят по графику (см. рис. 2 приложения 2).

$$x_{1,3} = 3,15; \quad x_{2,4} = 2,6; \quad x_{5-8} = 2;$$

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 2,4.$$

$$x_m = \frac{2x_{1,3} + 2x_{2,4} + 4x_{5-8}}{8} = \frac{2 \times 3,15 + 2 \times 2,6 + 4 \times 2}{8} = 2,4.$$

$$10 \lg x_m = 3,8; \quad \frac{4S}{x_m} = 79,7;$$

$$V = 30 \times 18 \times 4,8 + 6 \times 12,65 \times 4,8 = 2958 \text{ м}^3.$$

$$B_{1000} = \frac{V}{20} = 147,9 \text{ м}^2.$$

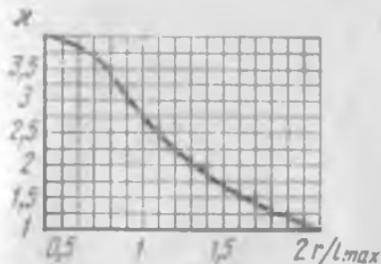


Рис. 2 приложения 2. График

$$x = f\left(\frac{r}{l_{\max}}\right).$$

Величина	Частота, Гц									
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	31500

μ	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6		
B	74	74	81	104	148	237	444	887		
$\frac{4S}{x_m B}$	1,08	1,08	0,98	0,77	0,54	0,34	0,18	0,09		
$1 + \frac{4S}{x_m B}$	2,08	2,08	1,98	1,77	1,54	1,34	1,18	1,09		
$lg \left(1 + \frac{4S}{x_m B} \right)$	0,32	0,32	0,3	0,25	0,19	0,13	0,07	0,04		
$K = 10 lg \left(1 + \frac{4S}{x_m B} \right)$	3,2	3,2	3,0	2,5	1,9	1,3	0,7	0,4		
$L_{m, K}$	72	69	70	69	64	56	50	39		
$L_m = L_{m, K} - K$	69	66	67	67	62	55	49	39		
$L_{pl} = L_m + 10 lg S - 10 lg x_m$	82	79	80	80	75	67	62	51		
K_{AI}	-26	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1		
$L_{pl} + K_{AI}$	56	63	71	77	75	68	63	50		

$$L_{pA} = 10 \lg \sum_{i=1}^8 10^{0,1(L_{pl} + K_{AI})}$$

$$L_{pA} = 80 \text{ дБА}$$

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

- Биргер И. А. Техническая диагностика. — М.: Машиностроение, 1978.
- Павлов Б. В. Акустическая диагностика механизмов. — М.: Машиностроение, 1971.
- Проников А. С. Надежность машин. — М.: Машиностроение, 1978.
- Рунов Б. Т., Меерович Л. Б. Развитие вибродиагностики паровых турбоагрегатов ТЭС и АЭС. — В кн. Вибрация паровых турбоагрегатов. — М.: Энергоиздат, 1981.
- Серенсен С. В., Когаев В. П., Шнейдерович Р. М. — Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. — М.: Машиностроение, 1975.
- Соколов А. Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Колос, 1975.
- Справочник по оборудованию зерноперерабатывающих предприятий./ А. Б. Демский, М. А. Борискин, Е. В. Тамаров и др. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Колос, 1980.
- Тензометрия машин пищевых производств./М. У. Кацнельсон, М. А. Павловской, М. Д. Руб и др. — М.: Машиностроение, 1968.
- Труфяков В. И. Усталость сварных соединений. — Киев: Наукова думка, 1973.
- Шихлин В. М. Прогнозирование технического состояния машин. — М.: Мир, 1980.

СОДЕРЖАНИЕ

От авторов		3
Глава 1. Методы диагностирования мельничного оборудования		7
Общие методы диагностирования и диагностические параметры		8
Виброакустическое диагностирование		10
Диагностические признаки зерноперерабатывающего оборудования		12
Классификация мельничного оборудования применительно к задачам технического диагностирования		24
Методика диагностирования мельничного оборудования		28
Особенности методики технического диагностирования высокопроизводительного мельничного оборудования		37
Глава 2. Диагностирование сепараторов		39
Сепаратор А1-БИС-100		40
Сепаратор А1-БИС-12		45
Глава 3. Диагностирование камнеотделительной машины РЗ-БКТ		51
Глава 4. Диагностирование вертикальных обоечных машин		59
Вертикальная обоечная машина РЗ-БМО-6		61
Вертикальная обоечная машина РЗ-БМО-12		66
Глава 5. Диагностирование машины А1-БМШ		68
Глава 6. Диагностирование энтолейторов		71
Энтолейтор РЗ-БЭЗ		72
Энтолейтор РЗ-БЭР		76
Глава 7. Диагностирование вальцовых станков А1-БЗН		81
Вальцовый станок А1-БЗН (№ 1) драной системы		82
Вальцовый станок А1-БЗН (№ 2) размольной системы		84
Глава 8. Диагностирование деташера А1-БДГ		87
Глава 9. Диагностирование виброцентрофугала РЗ-БЦА		95
Глава 10. Диагностирование рассевов		101
Шестиприемный рассев РЗ-БРБ		102
Четырехприемный рассев РЗ-БРВ		109

Глава 11. Диагностирование ситовечной машины А1-БСО	113
Глава 12. Диагностирование установки с просеивающими машинами А1-БПК	118
Глава 13. Диагностирование виброразгрузчика РЗ-БВА-130	126
Глава 14. Диагностирование по шумовым характеристикам машин, входящих в состав комплекта высокопроизводительного мельничного оборудования	132
Сепаратор А1-БИС-100	132
Сепаратор А1-БИС-12	134
Камнеотделительная машина РЗ-БКТ	135
Вертикальная обоечная машина РЗ-БМО-6	137
Вертикальная обоечная машина РЗ-БМО-12	139
Машина А1-БМШ для мокрого шелушения зерна	140
Энтолейтор РЗ-БЭЗ для обеззараживания зерна	141
Энтолейтор РЗ-БЭР для измельчения промежуточных продуктов	143
Вальцовые станки А1-БЗН	145
Деташер А1-БДГ	148
Виброцентрофугал РЗ-БЦА	149
Шестиприемный рассев РЗ-БРБ	150
Четырехприемный рассев РЗ-БРВ	152
Ситовечная машина А1-БСО	154
Установка с просеивающими машинами А1-БПК	156
Виброразгрузчик РЗ-БВА-130	157
Анализ основных результатов диагностирования по шумовым характеристикам машин	159
Параметры шума в помещениях комбината хлебопродуктов	160
Глава 15. Оценка вибраций пола на условных рабочих местах оборудования	163
Глава 16. Анализ результатов технического диагностирования высокопроизводительного мельничного оборудования	166
Глава 17. Исследования сепаратора А1-БСТ	173
Методика исследования	175
Исследование влияния режимов настройки сепаратора на параметры колебаний ситового кузова	176
Исследование параметров колебаний сепаратора, работающего в производственных условиях	183
Выводы и рекомендации	184
Глава 18. Исследование кинематики и прочности сепаратора А1-БСФ-50	185
Приложения	195
Указатель литературы	205

**Мендель Урьевич Кацнельсон, Альберт Брониславович Демский,
Михаил Давидович Руб, Борис Александрович Селяверстов,
Борис Михайлович Сергеев**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ МУКОМОЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

Зав. редакцией *Б. Ф. Дубинин*
Редактор *Г. Б. Чепорова*
Художник *В. А. Трифонов*
Художественный редактор *Е. Г. Прибегина*
Технический редактор *С. В. Фельдман*
Корректоры *А. И. Болдуева, Л. А. Котова, К. В. Шим*

ИБ № 3274

Сдано в набор 01.12.83. Подписано к печати 25.06.84. Т-12227. Формат 84×108^{1/32}.
Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 10,92.
Усл. кр.-отт. 11,13. Уч.-изд. л. 12,04. Изд. № 258. Тираж 2500 экз. Заказ
№ 662. Цена 60 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос»,
107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном
комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

