

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к проведению практических занятий по дисциплине вариативной части
по выбору студента профессионального цикла**

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**для студентов всех форм обучения
направления подготовки 15.04.02
«Технологические машины и оборудование»**

**Донецк
ДОННТУ
2017**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к проведению практических занятий по дисциплине вариативной части

по выбору студента профессионального цикла

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

для студентов всех форм обучения

направления подготовки 15.04.02

«Технологические машины и оборудование»

Рассмотрены на заседании
кафедры «Механическое оборудование
заводов черной металлургии»
им. проф. Седуша В.Я.
Протокол № 11 от 03.04.2017 г.

Утверждены на заседании
учебно-издательского совета ДОННТУ
Протокол № ____ от __.__. 20__ г.

Донецк
ДОННТУ
2017

УДК 669. (075.8)

Методические указания к проведению практических занятий по дисциплине вариативной части по выбору студента профессионального цикла «Моделирование неисправностей механического оборудования» для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» / сост.: В. А. Сидоров. – Донецк: ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2017. – 13 с.

Отображены цель и задачи практических занятий по курсу «Моделирование неисправностей механического оборудования», их структура, порядок подготовки к ним, последовательность действий преподавателя и студентов, направленных на достижение требуемых результатов в усвоении теоретического материала.

Составители: Сидоров В.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я.

Рецензенты: д.т.н., профессор А.П. Кононенко
к.т.н., доцент С.А. Бедарев

Ответственный за выпуск:
к. т. н., доцент Е. В. Ошовская

© В. А. Сидоров

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия проводятся преподавателем в каждой группе потока ИТМО после прочитанной лекции по курсу «Моделирование неисправностей механического оборудования». Проведение практического занятия включает следующие этапы:

- самостоятельная подготовка студентов к практическим занятиям;
- проверка степени усвоения студентами теоретического материала, изложенного на лекции;
- подведение итогов проведения занятия.

Во время самостоятельной подготовки к практическим занятиям студент изучает теоретический материал, обозначенный в методических указаниях. При этом кроме конспекта лекций следует использовать рекомендуемую основную и дополнительную литературу и акцентировать внимание на обозначенных в указаниях ключевых моментах.

Контроль степени готовности к проведению к занятиям состоит в проверке знания теоретического материала, имеющего непосредственное отношение к теме, которая изучается, а также умения находить достоинства и недостатки существующих машин и агрегатов металлургических предприятий.

В ходе проверки уровня теоретической и практической подготовки преподаватель фиксирует сосредоточенность каждого студента на поставленных вопросах, логику их мышления и активность при поиске ответов на них.

Для облегчения усвоения материала о конструктивных особенностях современного механического оборудования и понимания принципа его действия при проведении практического занятия целесообразно использовать действующие модели, физические аналоги устройств и разные другие наглядные материалы (анимационные ролики, демонстрационные схемы, плакаты и др.).

В конце практического занятия преподаватель вместе со студентами подводит результаты, которые были ими получены, отмечает характерные ошибки и дает рекомендации относительно их исправления в дальнейшем.

С целью углубления знаний студентов, проявляющих повышенный интерес к своей будущей профессии, целесообразно ознакомление их с публикациями в ведущих научно-технических журналах и описаниями изобретений преподавателей и научных сотрудников кафедры, в которых освещены последние достижения в области разработки перспективных образцов механического оборудования металлургических предприятий.

2. ТЕМЫ И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

Тема занятия: «Техническое задание».

В Африку «Азовмашем» были поставлены топливозаправщики по общим техническим требованиям, но через полгода пришла рекламация, которая гласила, что вся электропроводка вышла из строя. Причиной оказались насекомые, которые живут в этом районе и с удовольствием съели всю защитную диэлектрическую часть проводки. Когда начали разбирать причину, определять и выявлять виновных, то каждая из сторон настаивала на том, что ими были выполнены все требования договора и другой документации на основании, которой производилась поставка. Решение этого вопроса основывалось на выяснении правильности предоставления документации в соответствии с ЕСКД и нормативными документами страны, куда должна была производиться поставка. Нашей стороне, в частности конструкторам, было неизвестно, какая фауна населяет данный регион Африки. Им также неизвестно, что входит в рацион питания обитателей. Поэтому в техническом задании «Т.З.» на проектирование должно было быть указано особенности территории или мест эксплуатации заказываемого оборудования. В направленном в наш адрес техническом задании особых условий на эту тему не было. Поэтому поставка осуществлялась по техническим условиям, которые предусматривали тропическое исполнение. Согласно чему и была произведена поставка. В зависимости от этого могла быть сформулировано окончательное решение, так как некоторое оборудование поставлялось, как поддержка братскому народу и производилась бесплатно. В результате электропроводка и испорченное оборудование были заменены на новое, обеспечивающее условия эксплуатации в этой местности. Следует обратить внимание на важность исполнения ГОСТов и нормативно-технической документации при проектировании. Так отсутствие одной фразы в техническом задании привело к тому, что целый комплекс машин в короткий промежуток времени был приведен в негодность.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Тема занятия: «Авария конвертера».

Авария конвертора с донной продувкой на Днепропетровском металлургическом комбинате. 1983 год.

Новизна проекта состояла в том, что продувка чугуна в конверторе осуществлялась через дно, в которое были установлены фурмы в количестве 12...24 штуки ДУ-50...60мм. Попадая в нижнюю часть расплавленного чугуна, кислород под давлением 16 кгс/см² разбрызгивался и далее под действием силы образованной за счет разницы удельных весов всплывал к поверхности, соединяясь

с углеродом образовывал соединение CO или CO₂. К доньшку конвертора, вернее к коллектору, установленному на доньшке, подавался кислород по трубопроводу диаметром 400 мм. Труба проходила через центральную часть цапфы конвертора и огибала саму грушу. В случае необходимости по этому трубопроводу можно было направить азот и он, вытесняя кислород, останавливал процесс окисления. В соответствии с требованиями работы оборудования с кислородом, одно из них требовало отсутствие в движущемся потоке кислорода тонких элементов (заусенцев, нитей, тонких сеточек и др.), что может привести к возгоранию вследствие трения частиц проходящего потока о препятствия в трубопроводе. При первом пуске были приглашены представители всех заинтересованных научно-исследовательских и учебных институтов, министерства черной металлургии из Москвы и украинского министерства. Все стояли и смотрели на начинающийся процесс. Цапфа конвертора находится на уровне человеческого роста и вход в нее кислородной трубы виден хорошо. Рядом была расположена кабина оператора. У пульта находился и заместитель главного инженера Борисов Ю.Н. Вдруг на трубе, по которой подается кислород, недалеко от входа в цапфу, образовался маленький огонек, как у горящей свечи. Стоящие в этом месте ученые институтов, министерства четко поняли, что происходит и не сговариваясь бросились бежать к воротам цеха. Борисов перебросил ручку управления и по кислородной трубе пошел азот. Инертный газ быстро вытеснил кислород, но за этот короткий промежуток времени, исчисляющийся секундами, труба успела частично сгореть, а пламя от факела достало фермы перекрытия цеха и немного их оплавил. Никто не погиб, но страху натерпелись все присутствующие. После разбора аварии выяснилось, что в трубопроводе были не зачищены заусенцы или застрявшая в зазоре сварочная проволока от полуавтомата. Это и послужило причиной воспламенения. При изготовлении нового комплекта оснащения доньшка фурмами были учтены все недостатки и разработаны мероприятия, позволяющие исключить аварийную ситуацию на конверторе. Монтаж проходил под наблюдением шеф-персонала и конструктора-проектировщика.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Тема занятия: «Авария скруббера».

Любая авария есть следствие действия или бездействия технологического или эксплуатационного персонала. Авария – внезапное разрушение или резкое изменение условий эксплуатации с последующим негативным, вредным воздействием на объект.

На одном из заводов Донбасса доменная печь простаивала двое суток из-за аварии на шлаковой лётке. В течение этого времени в скруббер высокого давления подавался пар при почти закрытой свече, газ из скруббера был вытеснен, и пар

занял весь его объём, постепенно охлаждаясь и приближаясь к точке росы. Обратив внимание на низкое давление пара в скруббере, работник цеха газоочистки дал в него воду вместо того, чтобы увеличить пар высокого давления. Первые же порции воды сконденсировали пар, и в скруббере образовался вакуум. Наружным атмосферным давлением скруббер был смят и обрушился, повредив находившиеся вблизи газопроводы. Из-за их ремонта печь простояла ещё сутки. Она была задута на «свечи» на дутье, в два раза меньше нормального. Полный эксплуатационный режим был восстановлен только через полмесяца после подключения к системе газоочистки нового скруббера.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

Тема занятия: «Аварии аммиакопроводов».

6 августа 2013 года, в результате взрыва на аммиакопроводе на горловском заводе концерна «Стирол» произошел выброс в атмосферу аммиака. Пять человек погибли, еще 25 человек пострадали.

Предполагаемая причина. При проведении газосварочных работ, для повышения надёжности перекрытия были закрыты две задвижки на относительно небольшом расстоянии. При нагреве трубопровода, давление аммиака в трубах начало увеличиваться, из-за чего трубопровод деформировался, появилась трещина, утечка газа и взрыв.

13 февраля 2015 года. Один человек погиб, еще трое получили ранения в результате взрыва трубопровода с аммиаком на заводе, производящем мороженое и другие молочные продукты в городе Намянчжу к востоку от Сеула. По информации аварийных служб, взрыв произошел на заводе Binggrae во второй половине дня. В результате в атмосферу было выброшено около 1,5 тонн аммиака. Сотрудники аварийных служб заявили, что дальнейшую утечку аммиака удалось остановить спустя полчаса после аварии. Полиция проводит расследование возможных причин случившегося. По предварительным данным, взрыв мог произойти из-за изношенности труб.

22 июня 2015 года произошла разгерметизация магистрального аммиакопровода «Тольятти – Одесса» с последующим выбросом аммиака, из населенного пункта Липяги в Воронежской области эвакуирован 771 человек, в том числе 154 ребенка. Пострадавших нет.

Причина аварии не в том, что оборудование аммиакопровода изношено и из-за этого произошел разрыв трубы. Во время прошлогоднего ремонта был неправильно установлено «фланцевое соединение шарового крана байпаса обратного клапана», который через год дал утечку аммиака.

Ремонт – это замена старых неисправностей новыми.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Тема занятия: «Разрушение роторного экскаватора».

Роторный экскаватор - это уравновешенная конструкция, центральной опорной частью служит пилон с блоками, через которые протянут стальной канат. С одной стороны, он крепится к стреле с роторным колесом, а в качестве противовеса на противоположной стороне используется платформа, на которой размещаются шкафы электрооборудования и управления. Стрела ротора имеет возможность поворачиваться вокруг оси экскаватора, подниматься вверх и опускаться вниз. При этом роторное колесо не прекращает вращения, осуществляя процесс добычи. Платформа также имеет возможность поворачиваться вокруг центральной оси экскаватора, но находится всегда в горизонтальном положении. Концы каната крепятся согласно НТД и обслуживаются и проверяются в соответствии с инструкциями на техническое обслуживание. Четкость исполнения этих документов неизвестна, но при ведении работ канат оборвался, и уравновешенная конструкция разрушилась. Восстанавливать ее было невозможно. Разборка велась с применением взрывов, разрезки автогеном и утилизации.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

Тема занятия: «Ошибки в затяжке резьбовых соединений».

Запуск Челленджера. Потерпел катастрофу при десятом запуске 28 января 1986 года. Причиной трагедии была неисправность кольцевого уплотнителя твердотопливного ускорителя, вызвавшую утечку раскалённых газов, которые разрушили крепление, а также и то, что запуск осуществлялся при температуре 2 градуса ниже нуля по Цельсию, в то время как рекомендованной температурой воздуха для взлётов является 11 и более градусов тепла.

17.08.2009 в 8 ч. 13 мин. местного времени персонал, находившийся в машинном зале СШГЭС, услышал громкий хлопок в районе гидроагрегата № 2 и увидел выброс столба воды. На Центральном пульте управления сработала светозвуковая сигнализация, пропали оперативная связь, электропитание освещения, автоматики, сигнализации, защит и приборов. Через окно ЦПУ персонал зафиксировал, что из здания машинного зала идет поток воды, несколько пролетов здания разрушено.

Произошел сброс нагрузки с 4100 МВт до 0 МВт с полной потерей собственных нужд СШГЭС и затоплением машинного зала.

Установлено, что 17.08.2009 г. вследствие многократного возникновения дополнительных нагрузок переменного характера на гидроагрегат, связанных с переходами через не рекомендованную зону, образовались и развились усталостные повреждения узлов крепления гидроагрегата, в том числе крышки

турбины. Вызванные динамическими нагрузками разрушения шпилек привели к срыву крышки турбины и разгерметизации водоподводящего тракта гидроагрегата.

Кроме разрушенных, обнаружены шпильки, на которых отсутствуют следы срыва гаек. Это свидетельствует о том, что на момент аварии гайки на шпильках отсутствовали. Нормативы по контролю состояния и сроку службы узлов крепления, обеспечивающих герметичность гидротурбины, в документах завода-изготовителя и в эксплуатационных документах СШГЭС отсутствуют.

В ходе регламентных работ на СШГЭС контроль осуществлялся визуальным способом, не применялись методы неразрушающего дефектоскопического контроля в сроки обеспечивающие безопасную эксплуатацию оборудования.

Система непрерывного виброконтроля, установленного на гидроагрегате № 2 в 2009 г. не была введена в эксплуатацию и не учитывалась оперативным персоналом и руководством станции при принятии решений.

В период с 21.04.2009 по 17.08.2009 наблюдался рост показаний вибрации турбинного подшипника гидроагрегата № 2, примерно в 4 раза. Система постоянного контроля вибрации, уставленная на гидроагрегате №2, выполняла информационную задачу для эксплуатационного персонала, не имела блока спектрального анализа вибрации и быстродействующей буферной памяти для сохранения параметров вибрации при ненормальных режимах работы.

Согласно «Методики оценки технического состояния основного оборудования гидроэлектростанций» сказано: «при постоянном контроле состояния крышки гидротурбины во время работы гидроагрегата фиксируют визуально и измеряют при помощи штатных и переносных измерительных средств состояние крепежа, закладных и крепежных элементов». Инструкция по эксплуатации гидрооборудования СШГЭС предусматривает постоянный контроль технического состояния оборудования оперативно-ремонтным персоналом. Данный контроль не был организован должным образом.

По результатам комплексных исследований элементов крепления крышки турбины, проведенных ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»:

- обнаружены многочисленные дефекты в виде усталостных трещин на поверхности резьбовых канавок шпилек. Обнаруженные трещиноподобные дефекты характеризуются как недопустимые, поскольку являются очагами развития разрушения шпилек, снижают прочность и несущую способность этих деталей, а также, конструкции разъемного соединения в целом.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

Тема занятия: «Колебания как причина аварий».

На практике значения низших собственных частот систем могут быть весьма малыми. Например, бельевая веревка, подвешенная на двух столбах, может в

случае достаточного провисания совершать свободные колебания с частотой 1-2 Гц. Колебания такого типа были обнаружены осенью 1959 г. у проводов линии электропередачи, пересекавшей реку Северн (см. фото 9); частота этих колебаний была весьма низкой - около 1/8 Гц. Провода диаметром 43 мм, протянутые над рекой, были прикреплены к двум большим пилонам, расстояние между которыми превышало 1,6 км. Было обнаружено, что когда ветер дул с небольшой силой, но в определенном направлении, возникали столь интенсивные низкочастотные колебания проводов, что эти провода, номинальное расстояние между которыми составляло 8,2 м, входили в соприкосновение, вызывавшее короткое замыкание в системе электропередачи. (Была найдена вероятная причина этих колебаний, и в дальнейшем их удалось предотвращать путем покрытия тросов тонкой пластиковой лентой: благодаря этому изменялась геометрия поверхности, обтекаемой воздушным потоком.)

Колебания проводов над рекой Северн не представляют собой свободных колебаний, поскольку в этом случае пассивная система находилась под действием внешнего источника энергии - ветра. Однако характерно, что при решении этой проблемы инженерам, как обычно, потребовалась информация относительно значений собственных частот системы, близких к частоте наблюдавшихся колебаний.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

Тема занятия: «Разрушение шевронного вала».

Клеть шестерённая «480» черновой линии сортопрокатного стана предназначена для разделения и передачи крутящего момента на рабочую клеть. Количество валков — 3, число зубьев — 27, модуль — 16 мм, межцентровое расстояние — 480 мм.

При прокатке полосы 45 × 6 мм из заготовки сечением 140 × 140 мм произошло разрушение среднего шевронного вала шестерённой клетки черновой линии сортопрокатного стана со стороны рабочей клетки по галтели в плоскости, перпендикулярной продольной оси, за посадочным местом подшипника. Нарушений температурного режима и режима обжатий, согласно показаниям технологического персонала, не было. В ходе прокатки выполнялась обрезка обоих концов заготовки. Замечаний по работе клетки не отмечалось. Вибрация и шум не превышали обычный уровень.

После демонтажа при обследовании поверхности излома установлено, что разрушение вызвано воздействием высоких повторно-переменных нагрузок на фоне неудовлетворительного качества изготовления вала. Наличие многочисленных очагов разрушения в виде рубцов и ступенек по окружности сечения детали свидетельствует о зарождавшихся с поверхности усталостных

трещинах. Зона начала разрушения, занимающая примерно 65% поверхности излома, имеет сглаженное, притёртое строение с намечающимися линиями усталости, сильно окислена, что указывает на наличие в изломе старой трещины. Зона долома, находящаяся в центре детали и занимающая примерно 35% площади, имеет крупнокристаллическое строение, покрыта грубыми рубцами. Такое строение излома свидетельствует о микронеоднородности металла и отсутствии необходимой по требованиям чертежа термообработки (категория прочности поковки КП 636, согласно ГОСТ 8479-70, обеспечивается только после закалки и отпуска материала детали). При осмотре зубьев шевронного вала отмечено наличие наплывов, что также свидетельствует о недостаточном качестве изготовления шевронного вала.

Контрольным химическим анализом установлено, что материал вала не соответствует марке стали 30Х2ГМТ, причём при проведении спектрального химического анализа наблюдался разброс данных по ряду элементов, что подтверждает наличие химической неоднородности. Твёрдость образцов (163...170 НВ) значительно ниже требуемой по чертежу (248-293 НВ).

Шевронный валок был приобретен четырьмя годами ранее, установлен за полтора года до выхода из строя в период капитального ремонта. С пуска стана после капитального ремонта осуществлялась прокатка непрерывно литой заготовки, которая имеет худшие технологические характеристики по сравнению с традиционно использовавшейся ранее катаной заготовкой (на заготовке, полученной путём горячего реза на МНЛЗ, отсутствует скругление края, характерное для холодного реза, что приводит к повышенным ударным нагрузкам при задаче такой заготовки в клеть; «рыхлая» сердцевина приводит к дополнительной деформации концов заготовки, что влечёт необходимость обрезки их в процессе прокатки). Применяемые в настоящее время температурные режимы прокатки соответствуют использованию нижних пределов интервала допустимых температур, что также ведёт к повышенным нагрузкам на оборудование сортовых станов.

Причина аварии — разрушение среднего шевронного вала вследствие низкой эксплуатационной стойкости, обусловленной:

- несоответствием марки стали требованиям чертежа;
- значительной химической неоднородностью материала;
- отсутствием термообработки, обеспечивающей необходимую категорию прочности материала детали.

Технические факторы, определившие возникновение и развитие аварии:

- повышенные нагрузки при осуществлении прокатки, связанные с особенностями применяемой технологии и используемой заготовки;

отсутствие возможности выявления зарождающихся трещин в валках при проведении периодических работ по техническому обслуживанию и ремонтам оборудования.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9

Тема занятия: «Авария на шахте имени В.М. Бажанова».

29 июля 2011 года в 9 часов 39 минут обрушился 70-ти метровый башенный копер скипового ствола № 1. В момент возникновения аварийной ситуации в шахте находились 538 человек. Они были оповещены об аварии и выведены на поверхность. В 9 часов 50 минут на шахте было сосредоточено 4 отделения 3-го ВГСО и реанимационно-противошоковая группа, прибыли подразделения МЧС Донецка, Макеевки и Старобешеве. Они приступили к разбору завала, поиску пострадавших и оказанию им медицинской помощи.

Остальных пострадавших спасти не удалось. По состоянию на 16 часов 31 июля были найдены все 15 человек, из них 11 — без признаков жизни.

Экспертная комиссия по изучению причин обрушения, введенного в эксплуатацию в 1960 году копра назвала причиной обрушения уменьшение несущей способности его стен. Станислав Толчин, занимавший должность генерального директора ГП «Макеевуголь», заявил, что авария могла произойти из-за некачественного бетона в основании башенного копра.

В ходе исследования качества стен копра было установлено наличие множества зон с низкой прочностью бетона. Так, минимальная прочность бетона была зафиксирована на уровне 3 МПа, тогда как проектное значение должно составлять не менее 20 МПа.

Возможным фактором, приведшим к обрушению, экспертная комиссия считает отсутствие контроля качества бетона при сооружении копра. В пятидесятые годы прошлого века, когда возводился данный копер, ещё не было норм, регулирующих качество бетона и технических возможностей проведения соответствующих экспертиз. Одним из негативных факторов являлась замена в 1981 году шведских подъемных машин на произведенные в СССР, которые имели большую мощность и массу.

В ходе расследования экспертная комиссия также установила наличие в стенах копра трещин, из-за которых вследствие атмосферных осадков могли ускориться износ бетонных стен и коррозия их составляющих.

Обнаружена разгерметизация вентиляционного канала в месте его примыкания к стволу копра. В результате этого грунтовые воды могли ослабить основание фундамента копра. Специалисты Научно-исследовательского института горной механики имени Федорова в сентябре 2010 года проверили копёр и выдали разрешение на его эксплуатацию до января 2013 года.

Премьер-министр Николай Азаров, посетив место трагедии в воскресенье, 30 июля 2011 года заявил, что нет другой причины падения копра кроме халатности, безответственности и невыполнения своих обязанностей должностными лицами шахты. Обвиняемым в уголовном деле, возбужденном по факту обрушения копра на шахте им. Бажанова, является главный инженер шахты.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

Тема занятия: «Недостаток смазки».

Дымосос ГД-20 на металлургическом предприятии использовался для отвода пара из зоны вторичного охлаждения МНЛЗ вертикального типа. После проведения ремонта, связанного с заменой подшипников 3530 и 3540, было проведено уравнивание рабочего колеса дымососа в собственных опорах. Уровень виброскорости, достигнутый после балансировки не превышал 3,0 мм/с. Включение дымососа в работу в штатном режиме привело, через три часа, к повышению температуры и вибрации подшипника 3530 со стороны муфты. Это потребовало аварийной остановки дымососа. В результате осмотра установлено, что подшипник 3530 разрушен. Признаки повреждений.

1. Цвета побежалости на валу под подшипником со стороны соединительной муфты, образовавшиеся из-за проворачивания внутреннего кольца подшипника по валу. На посадочной поверхности внутреннего кольца присутствуют следы схватывания второго рода, образующиеся при высоких давлениях на площадках контакта, значительной скорости относительного движения 5...20 м/с и при отсутствии смазки. Это свидетельствует о значительном моменте сопротивления между телами качения и беговой дорожкой, превышающем момент сопротивления в посадке внутреннего кольца на вал.

2. На телах качения подшипника присутствуют:

- следы окисления в виде красного порошка окиси железа красного цвета;
- абразивный износ, происходивший при скольжении не вращающихся роликов, относительно беговой дорожки наружного кольца.
- следы окисления, не пропитанные маслом.

3. На деформированной поверхности внутреннего кольца присутствуют участки белого цвета. При наличии смазки в аналогичных обстоятельствах следы поврежденных участков имеют вид темной поверхности.

Подшипник 3540, расположенный на этом валу, со стороны рабочего колеса не имеет следов повреждения из-за недостатка смазочного материала. Причина – больший диаметр. Следовательно, масло в редукторе дымососа присутствовало, но его количество было достаточным для смазывания подшипника большего диаметра 3540 и недостаточным для смазывания подшипника 3530.