

Выводы.

На основании проведенных исследований по выглаживанию легированных чугунов можно сделать следующие выводы:

1. Процесс выглаживания положительно влияет не только на шероховатость поверхности, но и на геометрические характеристики деталей, позволяя исправить такие дефекты, как огранка до 0,07, а конусность и бочкообразность до 0,08.
2. Согласно полученным результатам по выглаживанию легированного чугуна алмазными выглаживателями с различными радиусами вершин, наилучшие результаты были получены для $r=4$ и $r=2.5$.

Список литературы: 1. ANALYSIS OF EXPERIMENTAL DATA FOR THE PROCESS OF SMOOTHING OF AN ALLOYED CAST IRON BY DIAMOND SMOOTHERS. ModTech 2011. New Faces of T.M.C.R.Editura ModTech publishing house. V.2 p.1093. 2. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник. Под ред. д-ра техн. Наук проф. А.Н. Резникова. М., «Машиностроение», 1977 391 с. с ил. 3. Храмков В.П., Гуляян Ю.А., Лаптев В.И. Формование изделий из стекла. – М.: Легкая промышленность, 1980.-176 с., ил.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Костюков В.Н., Науменко А.П. (НПЦ «Динамика», г. Омск, Россия)

Тел./Факс: +7(3812) 254244; E-mail: post@dynamics.ru

Abstract: Development of the principles of automatic diagnostics and real-time condition monitoring of reciprocating compressors is a topical problem. Polyvalent processing of vibroacoustic signals received in various points of reciprocating compressor enables to determine condition of most units and details. The paper presents the methodology and the system for real-time condition monitoring of the reciprocators. The block diagram of the system is described as well. This system enables automatic (without operator participation) diagnosing of the basic defects and malfunctions of reciprocating compressors through the analysis of vibroacoustic signal parameters and parameters of other physical processes. The paper deals with the examples of reciprocating compressor monitoring in real time mode which confirm high efficiency of the system.

Ключевые слова: vibration, monitoring, real-time, reciprocating compressor

Безопасная и безаварийная эксплуатация поршневых компрессоров (ПК) опасных производств неразрывно связана с развитием теории и средств диагностирования и мониторинга технического состояния машин возвратно-поступательного действия. Поэтому разработка методологии и принципов (технологии) контроля технического состояния, диагностирования и мониторинга ПК, в частности, методами вибраакустической (ВА) диагностики, а также алгоритмов автоматических систем мониторинга ПК, обеспечивающих безаварийную их эксплуатацию, является актуальной задачей.

Следует отличать системы мониторинга состояния (*condition monitoring*) от систем мониторинга «здоровья» (*health monitoring*). Системы мониторинга состояния измеряют параметры физических процессов, которые определяют техническое

состояние объекта мониторинга, однако они не определяют причины изменения технического состояния.

Системы мониторинга «здравья» определяют не только изменение технического состояния объекта мониторинга, но и определяют причины его изменения. Эти системы используют алгоритмы экспертной системы поддержки принятия решений реального времени с автоматическим диагностированием неисправностей узлов ПК. При этом системы автоматически определяют степень опасности неисправностей, автоматически указывают персоналу, какие действия он должен произвести, чтобы устранить неисправности. Термин «реальное время» (*real time*) свидетельствует о том, что диагностирование осуществляется в темпе измерения диагностических сигналов.

Узлы, неисправности и оценка их состояния. Анализ отказов и неисправностей поршневых компрессоров по данным опроса потребителей и производителей ПК из ряда стран [1, 6, 10] показал, что пять систем и составных частей компрессоров являются причиной около 76,5% всех незапланированных остановов компрессоров. При этом доля отказов клапанов составляет 36%, а стоимость их ремонта – 50% общих затрат на ремонт компрессора.

За счет поломок клапанов (главным образом пластин) происходит до 70-90% остановов шахтных и заводских компрессорных установок [6, 10]. Для компрессоров типа 5Г-100/8, 4М10-100/8 доля отказов клапанов может достигать 50% от общего числа ремонтируемых узлов ПК [10].

Статистический анализ данных по ремонтам ПК и данных систем мониторинга компрессоров, которые получены на одном из нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) России (табл. 1) показал, что статистики отказов клапанов и сальников совпадают с данными исследований [1, 6]. Однако существенный процент (более 30%) неисправностей приходится на узлы и детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ), при этом отказ колец составляет более 25% (по данным работ [1, 6] – 14%). Кроме того, весьма значимым является отказ деталей кривошипно-ползунного (КПМ) и кривошипно-шатунного (КШМ) механизмов.

Таблица 1. Отказы по типам узлов, механизмов, деталей ПК

| Узлы и причины ремонта | Соотношение по типам, % | |
|---|-------------------------|-------------------|
| | НПЗ РФ | Данные работы [1] |
| Ремонт и замена клапанов | 36,4 | 36 |
| Ремонт и замена деталей ЦПГ, в том числе: | | |
| сальников под давлением | 17,5 | 17,8 |
| колец | 25,8 | 13,9 |
| прочих деталей | 5,0 | Нет данных |
| Ремонт и замена деталей КПМ | 3,8 | |
| Ремонт и замена деталей КШМ | 4,0 | 32,3 |
| Другие ремонты | 7,5 | |
| Всего ремонтов, единиц | 772 | Нет данных |

В системах *real time* мониторинга [10, 9] места установки датчиков выбраны (табл. 2, рис. 1) с учетом минимального вмешательства в конструкцию компрессора при этом датчики обеспечивают максимальную глубину диагностирования при их минимально необходимом количестве. Кроме того, для анализа виброакустических (ВА) сигналов и использования когерентных методов обработки сигналов [5, 7] используется информация об угловом положении вала.

Критерии состояния. В понимании специалистов служб эксплуатации и ремонта техническое состояние – это состояние объекта, при котором он способен выполнять свои функции в допустимых пределах отклонений функциональных количественных и качественных показателей, при заданном риске возникновения отказа, приводящего к прекращению выполнения своих функций. Как правило, используют четыре категории таких состояний в соответствие с [2]:

- ✓ «ХОРОШО»;
- ✓ «ДОПУСТИМО»;
- ✓ «ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР» («ТПМ»);
- ✓ «НЕДОПУСТИМО» («НДП»).

В задачу систем мониторинга входит не только определение вида технического состояния, но и определение неисправного механизма, узла, детали, т.е. элемента технического объекта, а также прогнозирование технического состояния, что является общей задачей диагностики.

Из анализа статистики отказов узлов и деталей ПК (см. табл. 1) следует, что контролю технического состояния и диагностированию должны подвергаться все основные узлы компрессора: клапаны; детали ЦПГ, КПМ, КШМ; сальники (табл. 2). Также целесообразно контролировать или передавать из распределенной системы управления технологическим процессом в систему мониторинга параметры технологического процесса.

Методология диагностирования. Решение столь сложной задачи, как мониторинг технического состояния и диагностика, возможно на основе адекватного выбора методологии диагностирование и параметров, определяющих не только техническое состояние, но позволяющих осуществлять диагностирование.

Таблица 2. Расположение датчиков ВА сигнала и диагностируемые неисправности

| Место измерения вибрации | Узлы ПК | Вид неисправности |
|---|------------------------|--|
| На торце цилиндра (по оси движения поршня) | Детали ЦПГ, техпроцесс | Зазор между поршнем и гильзой, износ поршневых колец, износ поверхности гильзы, ослабление крепления штока к поршню, заброс конденсата, гидроудар (косвенно – клапаны) |
| Клапаны или на цилиндре в зоне расположения клапанов | Клапаны, техпроцесс | Поломка пластин, пружин, уменьшение параметра время–сечение; нарушение технологического процесса, заброс конденсата, гидроудар |
| Шток | Шток, сальники | Зазоры между штоком и уплотнениями, изгиб штока, ослабление крепления штока |
| Крейцкопф (вертикально, перпендикулярно оси движения) | КПМ | Зазоры, состояние поверхностей скольжения ползуна, состояние поверхности втулки и подшипника верхней головки шатуна, жесткость крепления штока |
| | КШМ | Зазоры, состояние шатунной шейки и её подшипников, жесткость крепления нижней головки шатуна, состояние коренных подшипников |
| Крышка коренных подшипников | Коренные подшипники | Зазоры (износ баббитового слоя) |

продолжение табл. 2.

| | | |
|--|---|--|
| Подшипник машины со стороны привода или маховика | ал, муфта Вал ПК, вал привода Муфта | Дисбаланс Несоосность Повышенные зазоры, ослабление крепления, жесткости |
|--|---|--|

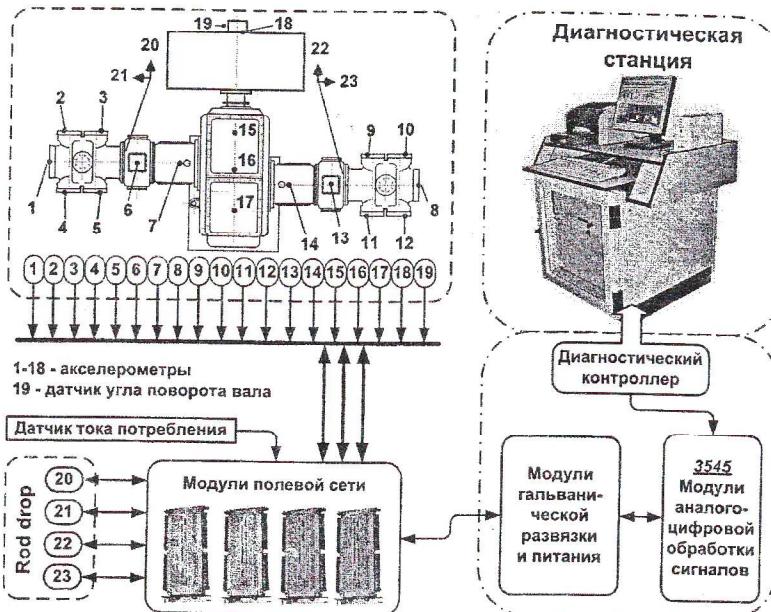


Рис. 1. Структура системы мониторинга ПК в реальном времени

Использование характеристик ВА сигналов, которые являются функциями состояния узлов и деталей, позволило разработать ряд методов и алгоритмов обработки ВА сигнала и других физических процессов [3, 8, 12, 11], которые дали возможность создать автоматическую экспертную систему поддержки принятия решений. Поэтому диагностирование узлов и деталей ПК осуществляется в темпе измерения диагностических сигналов. При этом период измерения не превышает времени развития неисправностей и дефектов, обусловленных объективными процессами изнашивания и накопления усталостных повреждений. Период измерения параметров диагностических сигналов, свидетельствующих о возникновении субъективных повреждающих факторах, обусловлен временем реакции системы управления ПК и персонала на сигнал о необходимости выполнения корректирующих действий по устранению деструктивных факторов вплоть до остановки машины.

Обобщенно можно выделить следующую методологию анализа параметров диагностического сигнала [3, 12, 11]:

- интегро-дифференциальное преобразование (напр., резкость, ускорение, скорость);
- дисперсионный анализ;
- амплитудно-фазовый анализ (напр., анализ параметров сигнала по углу поворота вала);
- амплитудно-частотный анализ (напр., выделение и анализ параметров сигнала в характерной области частот);
- анализ параметров огибающей сигнала, выделенной в характерных диапазонах частот, которые определяются свойствами диагностируемых узлов и деталей.

Технология *real time* мониторинга основывается на измерении таких параметров, которые обеспечивают максимально безопасную эксплуатацию ПК с максимально возможной глубиной диагностирования. При этом мониторингу подвергаются все основные узлы, обеспечивающие безопасное работоспособное состояние ПК (рис. 1) [3, 8, 9, 12, 11].

Алгоритмы диагностирования. Автоматические алгоритмы диагностирования построены, в частности, на основе анализа циклограммы работы ПК, учитывающей для различных узлов такие характерные моменты работы ПК, как открытие и закрытие клапанов, изменение направления движения поршня. Такой подход позволяет увеличить глубину диагностирования каждого узла, что коренным образом отличает разработанные алгоритмы от других, в которых производится анализ, например, амплитуды виброускорения крейцкопфа через каждые 10 градусов по углу поворота вала. Это дает возможность в общем виде оценить перераспределение энергии ВА колебаний по углу поворота вала, однако существенно затрудняет постановку диагноза [10].

В качестве основных диагностических признаков, по которым оценивается общее ТС диагностируемого узла, используется среднеквадратические значения (СКЗ) виброускорения (A), виброскорости (V), виброперемещения (S). Амплитудные характеристики вибропараметров, определенные как за цикл измерения, так и согласно циклограмме работы ПК, спектральные инварианты как в совокупности так и отдельно используются для повышения глубины и достоверности постановки диагноза.

Анализ параметров ВА сигнала поршневых машин показал, что вибративность ПК определяется:

- гармониками частоты вращения вала, которая, как правило, совпадает с полным циклом работы поршневой машины;
- высокочастотной шумовой составляющей вибрации, которая, как правило, промодулирована гармониками частоты вращения вала.

Для автоматического диагностирования узлов и деталей ПК хорошо зарекомендовал себя алгоритм, основанный на анализе спектральных инвариантов ВА сигнала [4], который позволяет однозначно выявлять ряд дефектов и неисправностей ПК. Практически оказывается, что одноименные спектральные инварианты, определенные по амплитудно-частотному спектру ВА сигналов с датчиков, установленных в различных точках ПК, позволяют получать информацию о состоянии различных узлов и механизмов ПК.

Спектральные инварианты в общем виде можно представить в виде отношений суммы дисперсий гармоник A_m с номерами $m = p, \dots, r, \dots, s$ к сумме дисперсий гармоник A_i с номерами $i = 1, \dots, k, \dots, l$. При этом автоматически производится нормирование уровней диагностических признаков неисправностей в диапазоне от 0 до 1 [4].

Статистическая обработка нескольких сотен реализаций ВА сигналов позволила выявить закономерности изменений параметров ВА сигналов и технических состояний узлов и деталей ПК. В результате определены нормы и предельные значения

параметров ВА сигналов, которые надежно определяют состояние ПК. Эти нормы имеют градации «ДОПУСТИМО», «ТПМ» и «НДП».

Наряду с измерением параметров ВА сигнала для контроля состояния ПК и режимов его работы используются и параметры других физических процессов, например, при необходимости (в зависимости от состояния, условий эксплуатации ПК, сложности, с точки зрения обслуживания и эксплуатации ПК) предусматривается возможность измерения и использования для мониторинга и постановки диагноза давления в полостях нагнетания (индикаторной диаграммы), на приеме и нагнетании каждого цилиндра, температуры газа на приеме и нагнетании, положение штока, утечек через сальники и другие.

Система мониторинга в реальном времени Многолетний опыт эксплуатации систем диагностики и мониторинга центробежного насосно-компрессорного оборудования (НКО) и поршневых машин КОМПАКС® [3, 9] позволил разработать методологию и средства диагностирования дефектов и неисправностей насосно-компрессорного оборудования и ПК в реальном времени (рис. 1) [3, 9, 12]. Принципиальным отличием систем *real time* мониторинга от систем *on-line* мониторинга является величина периода постановки диагноза [2]. Так, обычные системы *on-line* мониторинга не учитывают период развития неисправности и период измерения устанавливается пользователем или разработчиком системы исходя из собственного опыта. Постановка диагноза осуществляется специалистами в соответствующей области диагностики по мере необходимости. Это не позволяет предотвратить аварийные остановки НКО и ПК, т.к. не учитываются скорости развития неисправностей и дефектов. Таким образом, системы *on-line* мониторинга относятся к системам с высокой величиной статической и динамической ошибок распознавания состояния оборудования [2]. Поэтому подобные системы можно использовать только для мониторинга состояния оборудования опасных производственных объектов второй, третьей и более низких категорий опасности [2].

В заключение рассмотрим несколько примеров реакции различных параметров ВА сигналов на изменении состояний различных узлов поршневых компрессоров.

Неисправности клапанов. Тренды вибропараметров системы мониторинга состояния ПК (рис. 2 участок 1) имеют большое количество выбросов, что свидетельствует о частом повышении уровня вибрации, являющимся следствием появления неисправностей клапанов и разрушения их деталей.

За 5 месяцев эксплуатации клапанов с заводскими регулировками было заменено 17 клапанов (рис. 2, участок 2). После ревизии, ремонта всех клапанах, их регулировки примерно за четыре месяца до окончания наблюдения, уровень вибрации существенно снизился и стал ниже предупредительного уровня. Разрушения клапанов прекратились (рис. 2, участок 3).

Тренды параметров ВА сигналов систем *real time* мониторинга в отличие от трендов периодического контроля, эффективно отражают изменение состояния клапанов, наглядно отображают процесс возникновения и развития неисправностей, а также последствия действий персонала. На рисунке (рис. 3) параметры виброакустического сигнала адекватно отреагировали на изменения состояния клапанов. После их замены – выбросостояние пришло в норму. При этом абсолютное значение параметра ВА сигнала снизилось более чем в 4 раза

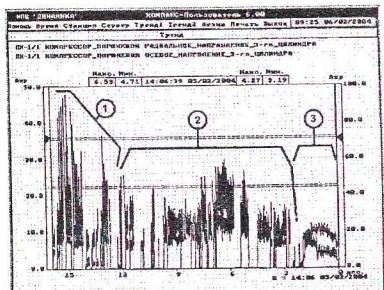


Рис. 2. Тренд вибрации клапанов

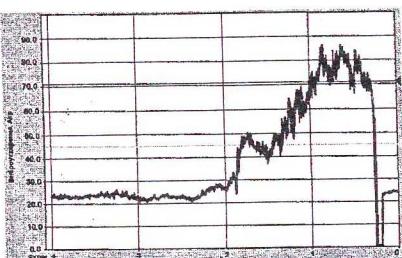


Рис. 3. Тренд вибрации клапанов

Неисправности деталей цилиндропоршневой группы. На рисунке 4 приведен классический мультиmodalный тренд [3] параметра ВА сигнала при возникновении и развитии неисправностей деталей цилиндропоршневой группы. Система *real time* мониторинга при достижении ПК состояния «НДП» предупредила внезапную аварийную остановку компрессора, указав причины – неисправность деталей цилиндропоршневой группы.

Неисправности деталей кривошипно-ползунного механизма. Тренд параметров виброакустического сигнала на рисунке 5 показывает, что система *real time* мониторинга при достижении ПК состояния «НДП» предупредила внезапную аварийную его остановку, указав причины – неисправность деталей кривошипно-ползунного механизма.

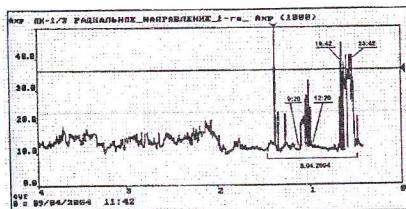


Рис. 4. Тренд вибрации цилиндра

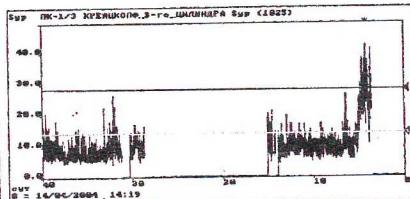


Рис. 5. Тренд вибрации крейцкопфа

По тренду параметра ВА сигнала (рис. 6) с вибродатчика, установленного над штоком поршня, видно, что ПК был остановлен в состоянии «ТПМ» с предписанием «Проверь крепление, проверь зазоры». После проведения ремонта – заменены сальниковых уплотнений – состояние данного узла компрессора стало «ДОПУСТИМЫМ».

Нарушение технологического режима. Одной из основных причин отказов ПК является нарушение технологического режима компримирования. Попадание конденсата или жидкости в полости сжатия приводят к возникновению гидроударов. А это приводит к повышенным динамическим нагрузкам на узлы и детали компрессора. Повышенные динамические нагрузки приводят к преждевременным неисправностям. Тренд на рисунке 7 отражает реакцию ВА сигнала на попадание конденсата в полость сжатия. Поэтому по параметрам ВА сигнала можно контролировать правильность ведения режима компримирования и предотвращать неожиданные отказы ПК.

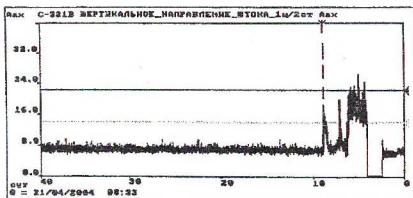


Рис. 6. Тренд вибрации штока

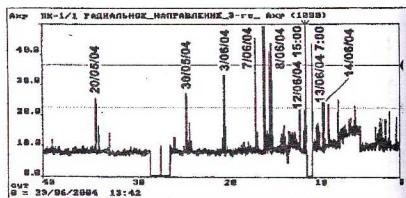


Рис. 7. Тренд при гидроударах

Неисправности коренных подшипников. Мультимодальный тренд параметра ВА сигнала на рисунке 8 свидетельствует о деградации вкладышей коренного подшипника. Система *real time* мониторинга предупреждала об изменении состояния ПК и переходе его в состояние «ТПМ». После перехода субъекта в состояние «НДП» персонал своевременно провел ремонт. В момент пуска после ремонта виден процесс приработки.

Спектральная инвариантная. Анализ гармонических составляющих амплитудно-частотного спектра вибрации корпуса ПК с датчиков, установленных на крыльце цилиндра, диагностируемого ПК и спектрального инварианта показывает, что уровень спектрального инварианта от 0,57 до 0,87 соответствует состоянию деталей цилиндропоршневой группы «ТПМ» для машин типа 4M16-22,4/23-64, 2M10-11/42-60. Превышение уровня инварианта величины 0,87 соответствует состоянию деталей ЦПГ «НДП». Тренд спектрального инварианта, приведенный на рисунке 9, показывает его реакцию на возникновение неисправностей деталей ЦПГ.

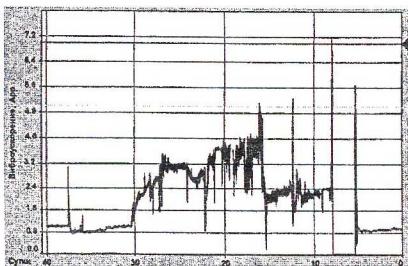


Рис. 8. Тренд вибрации подшипника

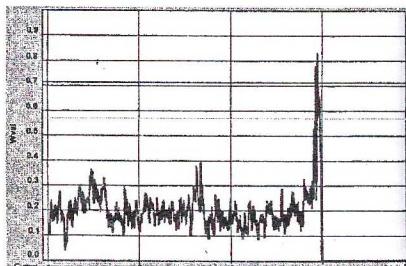


Рис. 9. Тренд спектрального инварианта

Заключение. Под контролем системы эксплуатируется более 50 компрессоров различных типов, среди которых компрессоры ВДСВ-30/30/20/20x16 (Worthington), 4HF/2 серии HF (Nuovo Pignone), 2TV2 (Neuman & Esser), а также – 4M16M-45/35-55, 2ГМ16-20-42/60, 2M10-11-42/60, 5Г-600-42/60 и другие.

Таким образом, многолетние исследования в области диагностики и мониторинга состояния ПК позволили реализовать современную методологию и достижения в области диагностирования и мониторинга состояния поршневых машин, позволяющие обеспечить автоматическую диагностику и мониторинг в реальном времени на основе многопараметрической обработки диагностических сигналов и алгоритмов автоматического функционирования, экспертной системы поддержки принятия решений:

- методология *real-time* мониторинга и диагностирования основана на измерении параметров косвенных процессов (ВА колебаний), для чего устанавливается не более 5 датчиков на цилиндр, предусмотрено также измерение прямых структурных и термодинамических параметров;

- реализованы алгоритмы *экспертной системы поддержки принятия решений реального времени с автоматическим определением* (постановкой диагноза в темпе измерения диагностических сигналов) более 23 неисправностей узлов ПК, степени их опасности и выдачи целеуказующих предписаний персоналу по приведению компенсирующих мероприятий;

- научно обоснованный период постановки диагноза [3] позволяет получить величину статической и динамической ошибок распознавания состояния оборудования менее 5%, что дает возможность осуществлять мониторинг состояния ответственного оборудования первой и других категорий и производственного объекта в целом [2];

- система *real-time* мониторинга КОМПАКС® [3, 9] имеет распределенную параллельно-последовательную структуру, требует во много раз меньше датчиков и кабеля и, соответственно, затрат на монтаж и обслуживание, обеспечивает низкую стоимость владения, перевод ПК на эксплуатацию по фактическому техническому состоянию и высокую экономическую эффективность внедрения.

Список литературы: 1. Leonard S.M. Increasing the reliability of reciprocating compressors on hydrogen services / National Petroleum Refiners Association Maintenance Conference. New Orleans, LA, 1997. 2. ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. – 20 с. 3. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. – М.: Машиностроение, 2002. – 224 с. 4. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Науменко А.П. Способ вибродиагностики технического состояния поршневых машин по спектральным инвариантам. Патент на изобретение RU 2 337 341 C1. Опубликован 27.10.2008. Бюллетень № 30. 5. Костюков В.Н., Науменко А.П. Практические основы вибраакустической диагностики машинного оборудования: учеб. пособие [под ред. В.Н. Костюкова]. – Омск: ОмГТУ, 2002. – 108 с. 6. Костюков В.Н., Науменко А.П. Проблемы и решения безопасной эксплуатации поршневых компрессоров // Компрессорная техника и пневматика. – 2008. №3. – С. 21-28. 7. Костюков В.Н., Науменко А.П. Вибродиагностика поршневых компрессоров // Компрессорная техника и пневматика. – 2002. №3. – С. 30-31. 8. Костюков В.Н., Науменко А.П. Нормативно-методическое обеспечение мониторинга технического состояния поршневых компрессоров. // Контроль. Диагностика. – №11. 2005 г. - С. 20-23. 9. Костюков В.Н., Науменко А.П. Система мониторинга технического состояния поршневых компрессоров нефтеперерабатывающих производств // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. №10. 2006 г. – С. 38-48. 10. Науменко А.П. Современные методы и средства *real-time* мониторинга технического состояния поршневых машин //Компрессорная техника и пневматика. – №8. – 2010. – С 27-34. 11. Науменко А.П. Исследование вибраакустических параметров поршневых машин / Междунар. науч.-техн. конф. «Двигатель-2007», посвященная 100-летию школы двигателестроения МГТУ им. Н.Э.Баумана: сб. науч. тр. [под ред. Н.А. Иващенко, В.Н. Костюкова, А.П. Науменко, Л.В. Грехова] – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – С. 518-525. 12. Науменко А.П. Методология вибраакустической диагностики поршневых машин. // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Специальный выпуск. Серия Машиностроение. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – С. 85-94.

| | |
|--|----|
| ПОЛУЧАЕМЫХ ПОКРЫТИЙ..... | 42 |
| Кардаполова М.А., Девойно О.Г., Лукашевич О. Н., Спиридонов Н.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ЛУЧОМ..... | 45 |
| Карпуш В.Е., Іванова М.С. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ щодо ПРИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ КОМБІНОВАНИМИ ОСЬОВИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ..... | 49 |
| Книга А.И., В.И. Кравченко, Андрикевич В.В. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ..... | 53 |
| Ковалев С.А., Агаркова И.И., Николаенко Д.В., Бабаков Р.М. ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ КЭШ-ПАМЯТИ В КОМПОЗИЦИОННОМ МИКРОПРОГРАМНОМ УСТРОЙСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ. | 57 |
| Ковальчук Г.Ф., Басинюк В.Л., Мардосевич Е.И., Григорьев А.Я., Папина С.С., Ломако В.Г., Усс И.И. ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЕ ПРИВОДЫ ТЕХНИКИ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ..... | 61 |
| Кольцов В.П., Попова Е.С., Герасимова Е.О., Куницын А.Г. ЭЛАСТИЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ В ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЕ..... | 69 |
| Комаров А.И. СТРУКТУРА И ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕТЕРОГЕННЫХ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ, АРМИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОМ МИКРО- НАНОАПОЛНИТЕЛЕЙ | 75 |
| Комаровская В.М.. Иващенко С.А ВЛИЯНИЕ МЕТОДА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛА НА КАЧЕСТВО ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ..... | 79 |
| Контелев В.А., Петряева И.А. ПОШАГОВЫЙ ПРИНЦИП УСКОРЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРЕССИВНОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ..... | 84 |
| Косовский П.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ВЫГЛАЖИВАНИЯ АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОВЕРХНОСТИ ЛЕГИРОВАННЫХ ЧУГУНОВ..... | 88 |
| Костюков В.Н., Науменко А.П. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОРШНЬЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ..... | 91 |

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Донецкая областная и городская администрации
Международный союз машиностроителей
Фонд поддержки прогрессивных реформ
Донецкий и Севастопольский национальные технические университеты
Брянский государственный технический университет
Московский государственный индустриальный университет
Таганрогский технологический институт Южного федерального университета
Жеппувский, Остравский, Силезский, Яссский технические университеты
Политехника Любельская, Технический университет Молдовы,
Политехника Ченстохова, Магдебургский, Портсмутский, Тульский университеты
Бухарестская военно-техническая академия
Институт международного сотрудничества, Российско-Украинский университет
Институт механики и сейсмологической стабильности АН РУ
Севастопольский центр профессионально-технического образования
Донецкий институт холодильной техники
Научно-технический союз машиностроения Болгарии
Научный центр проблем механики машин НАН Беларусь
Издательство «Машиностроение», ОАО НИИ «Изотерм», ОАО «ДЗГЛ»
АО «НОРД», ЗАО «НКМЗ», ЧП «Технополис»
Снежинский машиностроительный завод ОАО «Мотор-Сич»

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА XXI ВЕКА

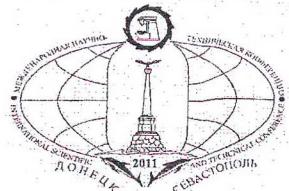
Сборник трудов

XVIII

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Том 2

12 - 17 сентября 2011 г. в городе Севастополе



Донецк-2011

**ББК К5я54
УДК 621.01(06)**

Машиностроение и техносфера XXI века // Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции в г. Севастополе 12-17 сентября 2011 г. В 4-х томах. – Донецк: ДонНТУ, 2011. Т. 2. – 293 с.

ISSN 2079-2670

В сборник включены материалы XVIII международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века», отражающие научные и практические результаты в области обработки изделий прогрессивными методами, создания нетрадиционных технологий и оборудования. Представлены современные достижения и перспективные направления развития технологических систем, металлорежущего инструмента и оснастки. Освещены современные проблемы материаловедения в машиностроении. Рассмотрены вопросы механизации и автоматизации производственных процессов, управления качеством и диагностики технических систем. Приведены сведения об особенностях моделирования, экономических проблемах производства, вопросах инженерного образования и других актуальных проблемах техносферы.

Предназначен для научно-технических работников, ИТР и специалистов в области машиностроения и техносферы.

Издается при содействии Международного союза машиностроителей

Адрес международного организационного комитета:

Украина, 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58, ДонНТУ, кафедра ТМ.
Тел.: +38 (062) 305-01-04, факс: +38 (062) 305-01-04

E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua
<http://www.dgtu.donetsk.ua>

ISSN 2079-2670

© Донецкий национальный
технический университет, 2011 г.

**XVIII международная
научно-техническая конференция**

«МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА XXI ВЕКА»

Сборник трудов

Том 2

ISSN 2079-2670

Компьютерная верстка сборника – асс. Лахин А.М.

Пописано к печати 01.07.2011.
Ризографическая печать
Уч.-из. л. 18,13

Формат 60x84 $\frac{1}{16}$
Усл. печ. л. 16,48
Тираж 350 экз.

Бумага XEROX
Заказ № 1

Издательство ЧП “Технополис”
Свидетельство о внесении в государственный реестр субъекта
издательского дела ДК № 1221 от 05.02.2003.

83001, г. Донецк, пр. Дзержинского 1
Тел. +38 062 305-01-04
E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Звягинцева А.В. ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССОВ ВЗАЙМОДЕЙСТВИЯ ВОДОРОДА С МЕТАЛЛАМИ ПРИ ИХ КАТОДНОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ..... | 3 |
| Звягинцева А.В., Шалимов Ю.Н. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПОЗИЦИЙ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРОДА.... | 7 |
| Иванов И. А., Орлова Е.П. РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ОСАЖДЕНИЯ ИОННО – ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ..... | 14 |
| Ивченко Т.Г., Витохина Д.В. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ЧЕРНОВОМ ТОЧЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ... | 16 |
| Ионов А.О., Прейс В.В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОТОРНОГО БУНКЕРНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА С ВРАЩАЮЩИМИСЯ ВОРОНКАМИ ДЛЯ ТОНКИХ СТЕРЖНЕВЫХ ЗАГОТОВОВОК..... | 19 |
| Исрафилов И.Х., Галиакбаров А. Т., Исрафилов Д.И., Габдрахманов А.Т., Самигуллин А.Д ПРИМЕНЕНИЕ ИПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ГЕНЕРАТОРА В МАШИНОСТРОЕНИИ В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ | 23 |
| Ишин Н.Н., Гоман А.М., Скороходов А.С., Гаврилов С.А. ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА УДАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАЦЕПЛЕНИИ..... | 27 |
| Казначеева О.К., Бакулин В.Н. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ..... | 31 |
| Калина А.А., Шилов В.В., Пашник А.В., Сунин В.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ТРАНСМИССИЙ АВТОТРАКТОРНОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ..... | 35 |
| Каплюхин А.А., Кузнецова З.П. ЗАДАЧА УСИЛЕНИЯ КОНКУРЕНТНОЙ ПОЗИЦИИ УКРАИНЫ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И МЕТОДЫ ЕЕ РЕШЕНИЯ..... | 38 |
| Кардаполова М.А., Дьяченко О.В., Николаенко В.Л., Девойно Д.Г. ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ | |

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА ХХІ ВЕКА

Сборник трудов XVIII международной
научно-технической конференции

Том 2



2011 ДОНЕЦК