УДК 534.647:621.432

О БАЗОВЫХ ПРИНЦИПАХ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ПОРШНЕВЫХ МАШИН

В.Н. Костюков, д.т.н., профессор, А.П. Науменко, к.т.н., доцент
Научно-производственный центр «Динамика»

Аннотация: В статье рассмотрены принципы формирования технологии диагностирования по параметрам виброакустического сигнала и мониторинга технического состояния поршневых машин. Рассматриваются методология обработки диагностического сигнала, функциональная схема системы технического диагностирования. Отдельно рассмотрена структура и принцип функционирования экспертной системы принятия решений.

Ключевые слова: мониторинг, диагностика, виброакустический сигнал, поршневая машина, поршневой компрессор.

The summary: The article deals with the principles of formation of the technology for diagnosing by vibroacoustic signal parameters and reciprocator condition monitoring. The methodology of diagnostic signal processing and the operating diagram of the system for technical diagnosing are considered. Particular attention has been paid to the structure and principle of operation of decision-making expert system.

Key words: monitoring, diagnostics, vibroacoustic signal, reciprocator, reciprocating compressor

В основе технологии мониторинга и диагностирования поршневых машин (ПМ) лежит сбор и обработка данных, которые должны обеспечить определение дефектов и неисправностей ПМ с заданной глубиной их детализации и достоверности, степени их опасности [2]. Реализация технологии мониторинга и диагностирования основывается на использовании моделей структуры виброакустических (ВА) сигналов при возникновении различных дефектов и неисправностей узлов и деталей ПМ [19, 21, 22, 24], совокупности диагностических признаков (ДП) неисправностей и параметров сигналов при возникновении неисправностей (ДПН) [5, 7, 10, 11, 12, 23], нормативных значений ДП и ДПН [4, 6, 9], способов преобразования ВА сигнала и системы оценок параметров ВА сигналов [12, 25, 15, 16, 14]. Одним из практических путей реализации технологии и решения задач мониторинга и диагностики ПМ является внедрение указанных методологических решений, которые лежат в основе базы знаний, связывающей ДПН и технические состояния (ТС) узлов и деталей ПМ, в алгоритмы функционирования системы диагностики и мониторинга (СДМ) КОМПАКС® [3, 5, 8, 13, 18].

Исходя из сформировавшейся базы знаний можно сформировать методологию обработки анализа диагностических параметров ВА сигналов и выделения ДП, которую в обобщенном виде можно представить в следующем виде (рисунок 1) [5, 20, 21, 25]:

- интегро-дифференциальное преобразование (напр., виброскорость);
- 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.

Описанная методология мониторинга и диагностирования основана на измерении параметров косвенных процессов (ВА колебаний), для чего устанавливается не более пяти датчиков на цилиндр, предусмотрено также измерение прямых структурных и термодинамических параметров.

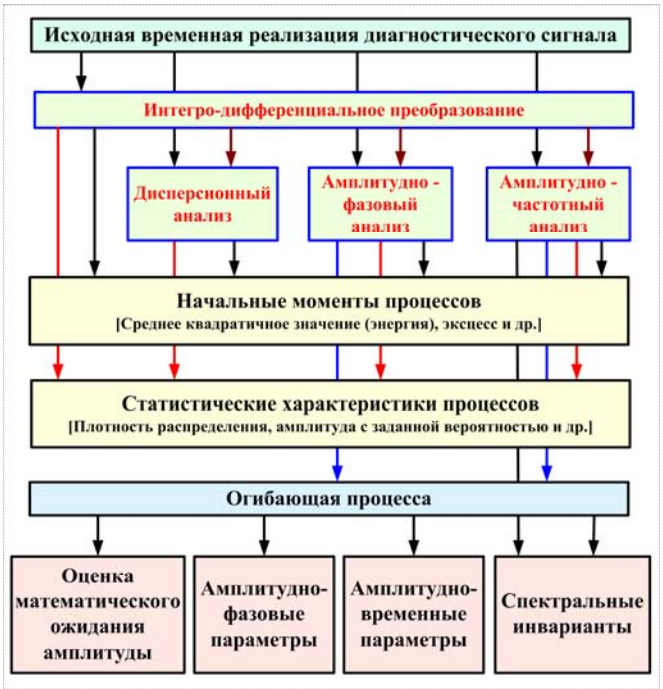

Рисунок 1 – Методология анализа диагностической информации

Данная методология позволяет реализовать алгоритмы экспертной системы поддержки принятия решений реального времени с автоматическим определением (постановкой диагноза в темпе измерения диагностических сигналов) более 20 неисправностей узлов, например, поршневых компрессоров (ПК) опасных производств, степени их опасности и выдачи целеуказующих предписаний персоналу по приведению компенсирующих мероприятий [5, 11, 12, 13, 17, 18, 25].

Алгоритм виброакустического диагностирования может быть представлен в виде функциональной схемы (рисунок 2), которая предложена на основе известной схемы [1].

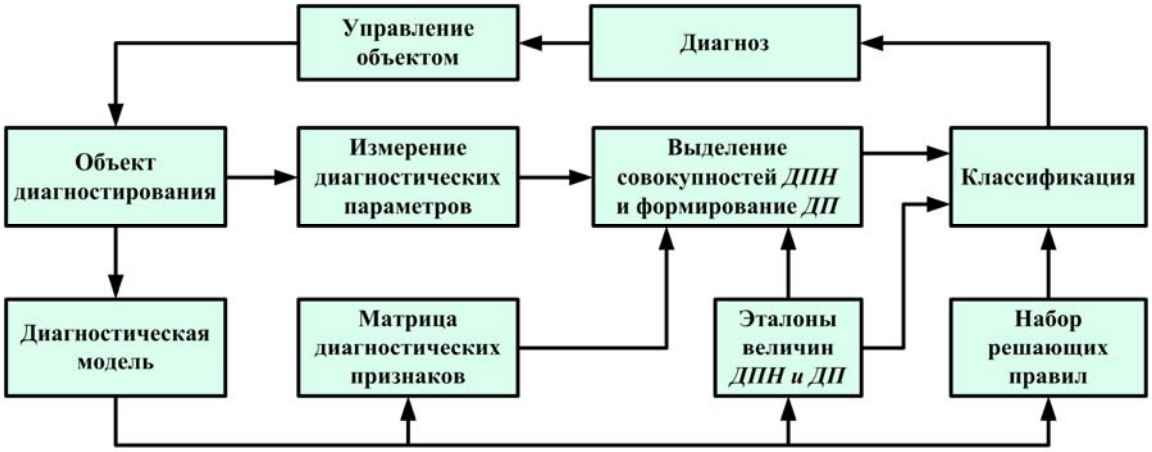

Рисунок 2 – Функциональная схема технического диагностирования

Как и любой алгоритм или схема распознавания образов, схема *ВА* диагностирования технического объекта состоит из собственно объекта диагностирования с набором технических состояний, подлежащих распознаванию, набора диагностических признаков и правил принятия решения. На основе всестороннего изучения объекта диагностирования, его источников диагностического сигнала и их реакций на изменение ТС, появления дефектов и неисправностей узлов и деталей объекта диагностирования разрабатывается диагностическая модель. Свойства диагностической модели определяют требования к диагностическому сигналу

и его параметрам, которые определяют возможности выделения диагностических параметров неисправностей в требуемом объеме, количестве и качестве, которые обладают требуемыми избирательными свойствами к заданным классам дефектов и неисправностей, подлежащих распознаванию, а также к свойствам и параметрам измерительного тракта.

Адекватность диагностической модели возможным ТС определяет возможность формирования совокупности ДПН и синтеза ДП, которые образуют матрицу ДП, определения количественных параметров ДПН, формирующих эталоны ДПН и ДП, а также формирования набора решающих правил, которые и определяют вид ТС, неисправности или дефекта и их опасности.

Выделение совокупностей ДПН из параметров диагностического сигнала и формирование ДП производится на основе матрицы ДП, эталонов ДПН и ДП. В результате формируется совокупность ДП, содержащихся в диагностическом сигнале, с количественной оценкой как каждого ДПН, так и в целом ДП. На основе наборов решающих правил, которые определяют степени опасности и серьезности выявленных неисправностей, производится классификация состояний и осуществляется постановка диагноза по данным текущих измерений диагностических параметров. Глубина диагностирования определяется свойствами диагностической модели и объемом измеряемых диагностических параметров. Последнее является весьма важным фактором, т.к. ограничение на объем измеряемых диагностических параметров в реальных условиях эксплуатации СДМ, может при адекватной диагностической модели существенно уменьшить глубину диагностирования.

Функция управления объектом в соответствии с принятым решением о его фактическом состоянии обеспечивает: аварийное отключение, перевод на щадящий режим, включение резервов и т.д.

Алгоритм функционирования автоматической экспертной системы (рисунок 3) включает вычисление величин ДПН на основе данных об их нормативных значениях, формирование совокупностей ДП, соответствующих отдельным классам неисправностей, формирование сообщений экспертной системы.

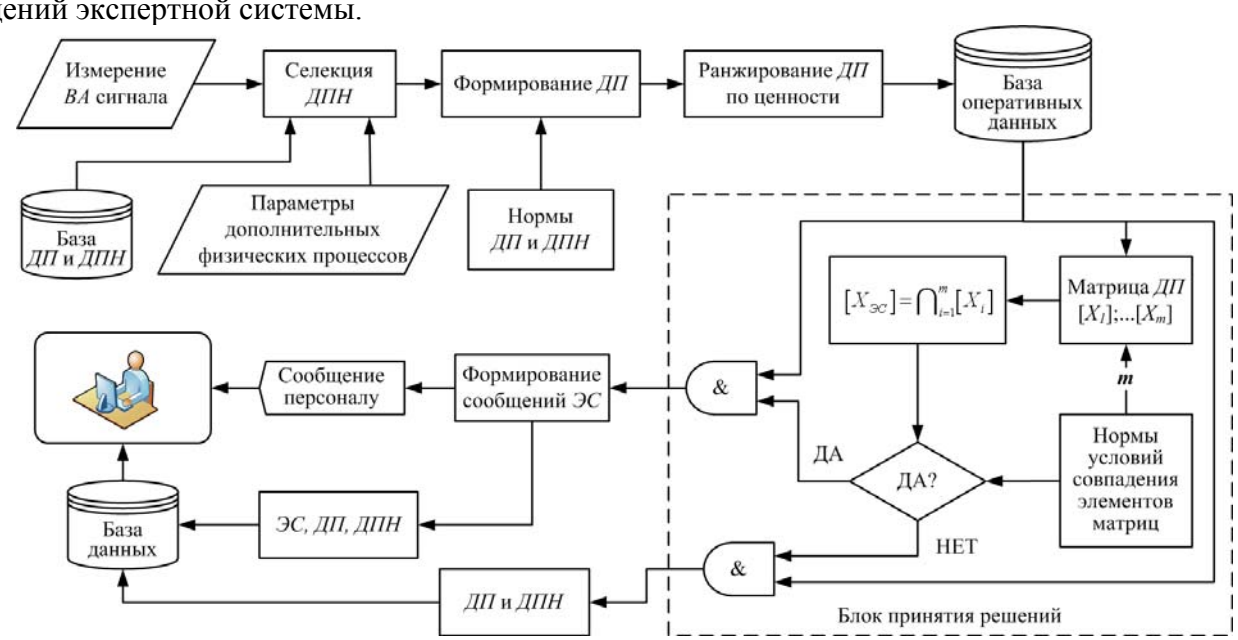

Рисунок 3 – Алгоритм функционирования экспертной системы

Одной из проблем разработки алгоритмов функционирования является разделение ДПН, входящих в пересекающиеся и непересекающиеся классы неисправностей. Например, в ВА диагностике широко используется средние квадратичные значения (СКЗ) таких вибропараметров, как виброускорение (A_{rms}), виброскорость (V_{rms}), виброперемещение (S_{rms}) [4]. Однако использование при диагностировании ПМ только признака [A_{rms}] позволяет судить о широком классе неисправностей, охватывающих ряд подклассов неисправностей.

Использование в качестве ДП амплитудных величин вибропараметров AVS (A_{peak}, V_{peak}, S_{peak}) дает возможность выделить другие классы неисправностей, отдельные подклассы которых могут пересекаться с подклассами СКЗ AVS. Однако появление в диагностическом сигнале, например, признаков [A_{rms}] и [A_{peak}] совместно свидетельствует о возникновении непересекающегося подкласса неисправностей. Автоматическое разделение классов неисправностей и соответствующих им экспертных сообщений основывается на присвоении ценности диагностическим признакам, возникающим как совместно, так и раздельно с учетом соответствия одинаковых классов неисправностей ДП, полученых с других датчиков. Экспертные сообщения ДП с более высокой ценностью вытесняют экспертные сообщения с более низкой ценностью, что позволяет исключить появление сообщений о пересекающихся классах неисправностей при наличии совокупностей ДПН, позволяющих разделить их на непересекающиеся классы.

На основе многолетнего опыта диагностирования и мониторинга состоянии ПК опасных производств сформирована совокупность ДП дефектов, неисправностей, нарушений технологического режима компримирования и других причин виброактивности ПК, и сформирована база знаний причинно-следственных связей ДП (ДПН) и классов пересекающихся и непересекающихся неисправностей, а также соответствующих им экспертных сообщений с учетом ценности ДП (ДПН)

Анализ предложенных принципов технологии диагностики и мониторинга ПМ, подтвержденных многолетним опытом практической эксплуатации СДМ, свидетельствует о том, что при использовании всего 5 датчиков ВА сигнала на ПК (на цилиндре в осевом направлении, нагнетательных и впускных клапанах, крейцкопфе, коренном подшипнике), датчика углового положения вала и датчика на ПК со стороны привода или на подшипнике привода, формируется 15 ДПН по параметрам ВА сигналов, с помощью которых СДМ по безусловному алгоритму в автоматическом режиме определяет 36 причин виброактивности ПК. При этом обеспечивается контроль возникновения почти 80% отказов от общего объема наиболее часто возникающих [25].

Библиографический список

1. Вибрация в технике: Справочник. В 6-ти т. [ред. совет: В.Н. Челомей (пред.)]. М.: Машиностроение, 1981. Т. 5. Измерения и испытания [под ред. М.Д. Генкина]. 1981. 496 с.
2. ГОСТ Р 53563-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. 8 с.
3. ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. 20 с.
4. ГОСТ Р 53565-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. 8 с.
5. *Костюков В.Н.* Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение. 2002. 224 с.
6. *Костюков В.Н.* Нормирование параметров вибрации при диагностике поршневых компрессоров // Потребители-производители компрессоров и компрессорного оборудования: тр. VII междунар. симпозиума. С-Пб: СПбТГУ, 2001. С. 90-93
7. *Костюков В.Н.* Синтез инвариантных диагностических признаков и моделей состояния агрегатов для целей диагностики// Омский науч. вестн. 2000. Вып. 12. С. 77–81.
8. *Костюков В.Н.,* Бойченко С.Н., Костюков А.В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР - КОМПАКС®) [под ред. *В.Н. Костюкова*]. М.: Машиностроение. 1999. 163 с.

9. *Костюков В.Н.*, *Науменко А.П.* Нормативно-методическое обеспечение мониторинга технического состояния поршневых компрессоров. // Контроль. Диагностика. 2005. №11. С. 20-23.

10. *Костюков В.Н.*, *Науменко А.П.* Практика виброакустической диагностики поршневых машин: сб. науч. тр. по проблемам двигателестроения, посвящ. 175-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана [под ред. Н.А. Иващенко, Л.В. Грехова]. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. С. 30-35.

11. *Костюков В.Н.*, *Науменко А.П.* Проблемы и решения безопасной эксплуатации поршневых компрессоров // Компрессорная техника и пневматика. 2008. №3. С. 21-28.

12. *Костюков В.Н.*, *Науменко А.П.* Решения проблем безопасной эксплуатации поршневых машин // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2009. №03. С. 27-36, 1-ая, 4-ая стр. обл.

13. *Костюков В.Н.*, *Науменко А.П.* Система контроля технического состояния машин возвратно-поступательного действия // Контроль. Диагностика. 2007. № 3. С. 50-59

14. *Костюков В.Н.*, *Науменко А.П.* Способ вибродиагностики объектов: пат. 2 363 936 Рос. Федерация. 2008121486/28; заявл. 27.05.2008. опубл. 10.08.2009. Бюл. № 22.

15. *Костюков В.Н.*, *Науменко А.П.*, Бойченко С.Н. Способ вибродиагностики машин: пат. 2 314 508 Рос. Федерация. 2006135874/28; 10.10.2006; опубл. 10.01.2008. Бюл. № 1.

16. *Костюков В.Н.*, *Науменко А.П.*, Бойченко С.Н. Способ вибродиагностики технического состояния поршневых машин по спектральным инвариантам: пат. 2 337 341 Рос. Федерация. № 2007113529/28; заявл. 11.04.2007; опубл. 27.10.2008. Бюл. № 30.

17. *Науменко А.П.* Diagnostics and Condition Monitoring of piston compressors // CM2010/MFPT (The Seventh International Conference on Condition Monitoring and Machinery Failure Prevention Technologies) (June 22-24, 2010): materials of a conference. England, Stratford-upon-Avon, 2010. Pp. 1-11. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

18. *Науменко А.П.* Real-time condition monitoring of reciprocating machines (полный текст доклада) // CM2009 / MFPT20090 (The sixth international conference on condition monitoring and machinery failure prevention technologies): materials of a conference (June 23-25, 2009). Irish, Dublin, 2009. Pp. 1202-1213.

19. *Науменко А.П.* Виброакустическая модель диагностического сигнала поршневого компрессора // Динамика систем, механизмов и машин: матер. VII Междунар. науч.-техн. конф. 10-12 ноября 2009 г. Омск. Изд-во ОмГТУ, 2009. Кн. 2. С. 39-44.

20. *Науменко А.П.* Исследование виброакустических параметров поршневых машин // Двигатель – 2007: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-техн. конф. [под ред. Н.А. Иващенко, *В.Н. Костюкова*, *А.П. Науменко*, Л.В. Грехова]. М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. С. 518-525.

21. *Науменко А.П.* Методология виброакустической диагностики поршневых машин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Специальный выпуск. Серия Машиностроение. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007. С. 85-95.

22. *Науменко А.П.* Модели виброакустических сигналов поршневых компрессоров // Наука, образование, бизнес: материалы регион. науч.-практ. конф., посвящ. Дню радио. Омск: Изд-во КАН, 2010. С. 114-120.

23. *Науменко А.П.* О выборе вибродиагностических параметров // Наука, образование, бизнес: материалы регион. науч.-практ. конф., посвящ. Дню радио. Омск: Изд-во КАН, 2008. С. 106-115.

24. *Науменко А.П.* О некоторых моделях структуры виброакустических сигналов поршневых машин // Двигатель – 2010: сб. науч. тр. междунар. конф., посвящ. 180-летию МГТУ им. Н.Э.Баумана [под. ред. Н.А.Иващенко, В.А.Вагнера, Л.В.Грехова] М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010. С. 75-79.

25. *Науменко А.П.* Современные методы и средства real-time мониторинга технического состояния поршневых машин / Компрессорная техника и пневматика. №8, 2010. С. 27-34.

УДК 629.11.012.8

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ШАССИ ПОДВИЖНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

Н.А. Кузнецов старший преподаватель кафедры № 10
Военный учебно-научный центр Сухопутных войск «Общевойсковая академия Вооруженных сил Российской Федерации» (филиал, г. Омск)

Аннотация: в статье приводятся основные направления развития шасси подвижных средств технического обслуживания и ремонта, их агрегатов и систем. Описаны способы повышения надежности автомобилей многоцелевого назначения.

Ключевые слова: автомобиль многоцелевого назначения(АМН), надежность, военная автомобильная техника(ВАТ), проходимость, живучесть.

Summary: the paper reads about the main aspects of the maintenance and repair means in developing of chassis, its, and systems. Methods of multi-purpose vehicles reliability increasing are described.

Key words: multi purpose vehicle, reliability, military automobile technic, capacity, cross-country ability, survivability.

В настоящее время большая часть имеющихся на вооружении подвижных ремонтных мастерских морально устарели. Автомобильная база, на которой установлено ремонтное оборудование мастерской уже не отвечает современным требованиям.

От современных армейских автомобилей сегодня как никогда требуется надежность и долговечность, способность безотказно работать в различных климатических условиях. Они должны быть просты в обслуживании и при ремонте в полевых условиях, обладать исключительной проходимостью на пересеченной местности и высокой скоростью движения по шоссе. А в последние годы, когда армиям многих государств пришлось столкнуться с международным терроризмом, к этим требованиям добавились еще защищенность и живучесть.

Основная масса армейских автомобилей изначально проектируется в первую очередь как многоцелевые (АМН). В последнее десятилетие завершен процесс перехода армейского автотранспорта на дизельные двигатели, причем большинство моделей имеют взаимозаменяемую силовую установку. В настоящее время перед российским автопромом стоит задача добиться максимальной унификации запасных частей, узлов и агрегатов для армейских автомобилей.

Грузоподъемность таких образцов, которая варьирует от 4 до 14 тонн, позволяет обеспечивать части и подразделения автомобилями одной марки, но разных модификаций. Именно на их базе будут устанавливаться мастерские нового поколения.

В настоящее время автомобильные заводы «УралАвто» и «КамАЗ» заняты разработкой опытных образцов, которые прежде всего должны отвечать самым жестким требованиям заказчиков МО к конструкции и обеспечивать способность к использованию в качестве оружейных платформ и базовых шасси для подвижных средств ремонта.

Опыт действия войск в «горячих точках» и при проведении миротворческих операций говорят о необходимости повышения защищенности и живучести транспортных средств, в том числе и автомобилей. В настоящее время задача увеличения живучести военного автотранспорта в условиях обстрела из стрелкового оружия успешно решается: нашла

ВЕСТНИК
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ ВОЕННЫХ НАУК

ВТТВ

Международная выставка
высокотехнологичной техники и вооружения

ОМСКИЙ РЕГИОН

ВЕСТНИК

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ ВОЕННЫХ НАУК №10 2011

Приложение к Вестнику Академии военных наук ISSN 2073-8641

Состав редакционной коллегии:

В.И. Белов, кандидат экономических наук, г. Омск
М.А. Гареев, доктор военных наук, доктор исторически наук, профессор, главный редактор, г. Москва;
А.А. Корабельников, академик АВН, **,** доктор военных наук, профессор, г. Москва
С.Д. Коровин, кандидат технических наук, профессор АВН, доцент, г. Омск
А.Н. Леонтьев, кандидат технических наук, доцент, г. Омск
И.Л. Макарчук, кандидат технических наук, доцент, г. Омск
В.А. Рябошапко, доктор военных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, г. Москва;
А.А. Соловьёв, кандидат физ.-мат. наук, профессор, г. Омск
А.Э. Фёдоров, начальник филиала ВУНЦ, г. Омск
В.Р. Эдигаров, кандидат технических наук,, доцент, профессор АВН, г. Омск

Сибирское отделение академии военных наук представляет специалистам, научным сотрудникам, преподавателям вузов, а также аспирантам и магистрантам очередной выпуск трудов участников Межрегиональной научно-практической конференции **"Производство, модернизация, эксплуатация многоцелевых гусеничных и колёсных машин. Подготовка специалистов".** В Вестнике нашли отражение исследования, разработки и практические достижения в области военного искусства, бронетанковой и автомобильной техники, двигателестроения, военного образования.

Ответственность за достоверность информации, точность фактов, цитат и цифр несут авторы статей.

Ссылка при перепечатке материалов сборника частично или полностью обязательна

Подписано в печать 30.06.2011
Формат 60×84 1/8
Печать оперативная. Усл. печ. л. 32
Тираж 50 экз
Отпечатано в филиале
ВУНЦ СВ «ОВА ВС РФ»

Содержание

Приветственное слово М.Гареева 9
Приветственное слово А.Фёдорова 11

СЕКЦИЯ 1. «ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ПРОИЗВОДСТВО, МОДЕРНИЗАЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ГУСЕНИЧНЫХ И КОЛЁСНЫХ МАШИН» 12

С.В. Абдулов
СПЕЦИФИКА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ ТРАНСМИССИИ С ТРЕМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ 12

В.И. Анисимов; В.В. Русин, А.Г. Шевелюхин; В.В. Фомин
МЕТОДИКА ОТБОРА ДВОИЧНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ С ЗАДАННЫМИ КОРРЕЛЯЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМАНД РАДИОЛИНИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ 19

В.В. Бартош; П.В. Озеров; Д.А. Харламов
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЩИХ БОЕВЫХ СВОЙСТВ ПОЛЕВЫХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ И СВЯЗИ 23

С.Е. Бебинов, В.А. Сальников,
СТРУКТУРА ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ ВОДИТЕЛЬСКИМИ НАВЫКАМИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ОБУЧЕНИЯ 28

П.П.Бегунов
БРОНЕВАЯ КЕРАМИКА И ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА ОБЪЕКТАХ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ 31

В.П. Безбородов
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ С ЗАЩИТНЫМИ ИЗНОСО- И КОРРОЗИОННОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ 35

В.В. Беляев; И.М. Вандяев; В.В. Шаповалов
О ПУТЯХ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИИ В ГУСЕНИЧНОМ ДВИЖИТЕЛЕ 43

В. В. Бенсон, А. В. Тихов
АВТОМАТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ САМОХОДНОЙ АРТИЛЛЕРИЙСКОЙ УСТАНОВКИ 46

ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

С.В. Демихов; А.Н. Пахомов; В.Н. Гордивский
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ УПРАВЛЯЕМОСТИ МАШИН С КОМБИНИРОВАННЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ 129

С.В.Дениско, В.С. Лукаш; В.Т. Сорокин; Е.О. Штурман; В.И.Юрченко
ЗЕРКАЛЬНЫЙ СВЕТИЛЬНИК 132

Держанский В.Б., Тараторкин И.А.
АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ КОРПУСА ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ДОРОГЕ С МАЛОДЕФОРМИРУЕМЫМ ОСНОВАНИЕМ 134

Держанский В.Б., Тараторкин И.А.
МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БЫСТРОХОДНОСТИ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН ПО ИХ ДИНАМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ 147

П.А. Дульнев; Л.Н. Ильин
НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ СИСТЕМЫ ВООРУЖЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ НОВОГО ОБЛИКА СУХОПУТНЫХ ВОЙСК 153

Г.Д. Еремеев
СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ГУСЕНИЧНОГО МИННОГО ЗАГРАДИТЕЛЯ КАССЕТНОГО 165

Е.Н. Еремин, Ю.О. Филиппов, Г.Н. Миннеханов
ТОПОГРАФИЯ И МОРФОЛОГИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ФАЗ В МОДИФИЦИРОВАННОМ ЖАРОПРОЧНОМ НИКЕЛЕВОМ СПЛАВЕ 168

Н. В. Захарова; А.С. Татевосян
ОПТИМИЗАЦИЯ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ДАТЧИКА СКОРОСТИ В ПРИБОРАХ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ УДАРА МАШИН И МЕХАНИЗМОВ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА МАССЫ АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ 173

Р.А. Зейнетдинов
ОЦЕНКА ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПОВ НЕРАВ-НОВЕСНОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ 176

А.Е. Казанцева
ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ГУСЕНИЧНЫХ И КОЛЕСНЫХ МАШИН МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ 184

В.В.Кольб, А.А.Смолин
ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ ТУРБОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ 188

Д.Н. Коротаев; Б.Ш. Алимбаева
ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ТРИБОСИСТЕМ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ 191

Р. И. Косаренко; В. П. Пивоваров; А.С. Шудыкин
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОГО ГЕРМЕТИЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА 194

В.Н. Костюков, А.П. Науменко
О БАЗОВЫХ ПРИНЦИПАХ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ПОРШНЕВЫХ МАШИН 198

Н.А. Кузнецов
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ШАССИ ПОДВИЖНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА 203