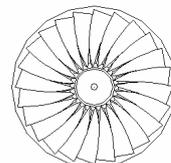
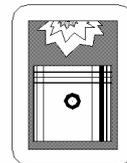


Міністерство Освіти і Науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»
Національний технічний університет «ХП»

ДП «Івченко-Прогрес»

ВАТ «АВТРАМАТ»



XVI

КОНГРЕС ДВИГУНОБУДУВНИКІВ



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Харків «ХАІ» 2011

XVI- міжнародний конгрес двигунобудівників: Тези доповідей. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2011. – 122 с.

Представлено матеріали пленарних та секційних доповідей XV Міжнародного конгресу двигунобудівників. Обговорено основні науково-технічні досягнення в галузі двигунобудування. Представлені роботи, які висвітлюють актуальні питання двигунобудування: робочі процеси, управління і діагностика, конструкція і міцність, технологія і виробництво, а також загальні тенденції розвитку двигунобудування, наукові дослідження вітчизняних і зарубіжних авторів.

Затверджено до друку вченою радою Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», протокол № 6 від 19.06.2011 р.

Голова: **Ректор** Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського, д-р техн. наук, професор, лауреат Державної премії України, заслужений діяч науки і техніки України **В.С. Кривцов**

Заступник голови: **Проректор** НТУ «ХП», д-р техн. наук, професор **А.П. Марченко**
Генеральний конструктор ЗМКБ «Прогрес», канд. техн. наук, доцент **И.Ф. Кравченко**

Члени програмного комітету:

С.О. Альохін	канд. техн. наук;
Амброзик Андж	д-р техн. наук, проф.;
К.В. Безручко	д-р техн. наук, проф.;
О.В. Біло губ	канд. тех. наук, доцент
Ю.С. Вороб'їов	д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України;
О.В. Гайдачук	д-р техн. наук., проф.
С.О. Дмитрієв	д-р техн. наук, проф.;
А.І. Долматов	д-р техн. наук, проф.
Ю.С. Єлисеєв	д-р техн. наук, проф. лауреат Державної премії України;
С.В. Єпіфанов	д-р техн. наук, проф.;
С.А. Єрощенко	д-р техн. наук, проф.
С.В. Єршов	д-р техн. наук, проф.;
М.А. Івашенко	д-р техн. наук, проф.;
Л.П. Кліменко	д-р техн. наук, проф.;
М.Е. Колотников	д-р техн. наук, проф.;
М.С. Кулік	д-р техн. наук, проф. лауреат Державної премії України;
Ю.М. Мацевитий	акад. НАНУ; лауреат Державної премії СРСР;
Мацик Ян	д-р техн. наук, проф.;
Ю.О. Ножницький	д-р техн. наук, проф.;
О.В. Пилипенко	д-р техн. наук, проф.;
Г.О. Попов	д-р техн. наук, проф.;
Д.Ф. Симбірський	д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії СРСР;
О.П. Строков	д-р техн. наук, проф.;
М.Д. Чайнов	д-р техн. наук, проф.;

Відповідальний секретар канд. техн. наук, доц. **О.В. Білогуб,**
ISSN 1727-73

© Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут", 2011 р.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ

- Б.Д. Билека, В.Я. Кабков, Р.В. Сергиенко**
ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕЗВОДНОГО ЦИКЛА РЕНКИНА
ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, УТИЛИЗИРУЮЩИХ СБРОСНУЮ ТЕПЛОТУ
ПРИВОДНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ 24
- Б.Д. Билека, В.Я. Кабков, Е.В. Складенко, В.Н. Погожев**
ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК С ПРИВОДОМ ОТ ГАЗОТУРБИННЫХ
И ГАЗОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ 24
- С.П. Кулманаков, С.С. Кулманаков**
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОПОРШНЕВЫХ МИНИ-ТЭЦ
С ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ПИТАНИЯ 24
- А.И. Крайнюк, А.А. Крайнюк, М.А. Брянцев**
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ КАСКАДНОГО
ОБМЕНА ДАВЛЕНИЕМ УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАВШИХ СРЕД 25
- А.К. Чередниченко, М.Р. Ткач**
К ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО
ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ 25
- Л. Енджевски, П. Лампарт**
МИКРОТУРБИНА ТЕСЛЫ ФРИКЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ МАЛОМАСШТАБНОЙ
КОГЕНЕРАЦИИ 25
- В.М. Горбов, М.А. Карпов**
КОНЦЕПЦИЯ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ
ГЕНЕРАТОРОМ 26
- М.А. Тарасенко, А.И. Тарасенко**
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕСУРСОВ В ГТД С ТУК
НА ЧАСТИЧНЫХ РЕЖИМАХ 26
- Е.В. Белоусов, М.С. Агеев, Н.Н. Кобяков**
КОМПЛЕКСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ СЕПАРАЦИИ ТОПЛИВА В СУДОВЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ 26
- Р.Н. Радченко, Т. Бохдаль, Н.И. Радченко**
ОХЛАЖДЕНИЕ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ МАЛООБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО
СУДНА ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ ЭЖЕКТОРНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНОЙ 26
- А.Н. Радченко, А. Стахель**
ЭЖЕКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ СУДОВОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА И
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА 27
- Р.Н. Радченко, Н.И. Радченко, С.А. Охотин, В.Е. Казанцева**
ЭКОЛОГОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕСНОЙ ВОДЫ НА
СУДАХ 27
- Р.Н. Радченко, Н.И. Радченко, Т. Бес, А.А. Сирота**
УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА УХОДЯЩИХ ГАЗОВ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ
ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА 27

А.Н. Радченко ЭЖЕКЦИОННАЯ СИСТЕМА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА И ЗОНАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ СУДОВОГО МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ	28
Д.В. Коновалов, А.Н. Радченко ТЕРМОЭЖЕКЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА И СУДОВОГО МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ	28
Р.Н. Радченко, Н.И. Радченко ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ВНУТРИЦИКЛОВАЯ ТРИГЕНЕРАЦИЯ В ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ	28
Н.И. Радченко, Рами Эльгерби ОХЛАЖДЕНИЕ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЛИВИИ	29
А.А. Гогоренко ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА ОХЛАДИТЕЛЕЙ НАДДУВЧНОГО ВОЗДУХА НА ИХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	29
Ф.Г. Сорогин, Ю.Ф. Басов, П.Д. Жеманюк, В.П. Трофимов, А.В. Минячихин, И.И. Петухов, Ю.В. Шахов АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГТП Д-336-2 С РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ ЦИКЛОВОГО ВОЗДУХА	29
И.И. Петухов, Ю.В. Шахов СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КРИОГЕННЫХ СТЕНДОВЫХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ СТРУЙНОГО ОХЛАДИТЕЛЯ ЖИДКОСТИ	30
Т.А. Пархоменко ПАРАМЕТРЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОСЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ	30
О.В. Ведерников, Р.А. Шевченко, А.А. Штыков ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МОЩНОСТИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ТВаД СО СВОБОДНОЙ ТУРБИНОЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НАРУЖНОГО ВОЗДУХА	30
Г.Ф. Романовский, А.А. Тарасенко МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА ПУСКА СУДОВОГО ГТД НА ЭВМ	31
В.Т. Матвеев, В.А. Очеретяный РАБОТА КОМБИНИРОВАННЫХ ГТУ С ВОЗДУШНЫМИ УТИЛИЗИРУЮЩИМИ ТУРБИННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ НА ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМАХ	31
О.В. Кислов О НЕПОДОБИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРА ГТД ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ	31
Ю.Ф. Ахтеменко, А.Ю. Куценко ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГТП СЕМЕЙСТВА Д-336	32
А.М. Грушенко, А.Л. Кирьянчук О ВЗАИМНОМ ВЛИЯНИИ ПОТОКОВ СМЕШИВАЕМЫХ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВИХРЕВЫХ ТРАКТАХ ЖИДКОСТЕЙ НА НЕСТАБИЛИЗИРОВАННОМ НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ТЕЧЕНИЯ	32

М.М. Кудин, В.Ю. Бережной РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ КОМПРЕССОРА НА ПУЛЬСАЦИИ ПОТОКА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ	32
А.С. Колядюк, Н.Г. Шульженко, И.Н. Бабаев ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ПАРА В РЕГУЛИРОВОЧНОМ КЛАПАНЕ ТУРБИНЫ	33
А.В. Русанов, Д.Ю. Косьянов, А.И. Косьянова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЯВНОЙ СХЕМЫ РАСЩЕПЛЕНИЯ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСЗВУКОВЫХ ТЕЧЕНИЙ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА	33
А.А. Трончук, В.Е. Афанасьевская, М.Л. Угрюмов, А.В. Меняйлов МОДЕЛИ И МЕТОД СТОХАСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ СИСТЕМНОГО АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТУРБОМАШИН	33
Л.Г. Бойко, Е.С. Барышева ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ В ВЫСОКОНАПОРНОМ ЦЕНТРОБЕЖНОМ РАБОЧЕМ КОЛЕСЕ	34
Л.Г. Бойко, А.Е. Демин, Д.А. Долматов, Ю.Ф. Басов МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЧЕНИЯ В РАБОЧЕМ КОЛЕСЕ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА С ПОМОЩЬЮ 2D И 3D ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ	34
Л.Г. Бойко, Е.С. Барышева, А.Е. Демин, Ю.П. Максимов, К.В. Фесенко МЕТОДЫ РАСЧЕТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ В ОСЕВЫХ И ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРАХ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	34
Л.Г. Бойко, А.Е. Демин, Ю.П. Максимов, Н.В. Пижанкова, Ю.Ф. Басов ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОНАПОРНОГО РАБОЧЕГО КОЛЕСА ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА НА ЕГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	35
С.А. Алехин, В.П. Герасименко, Е.Н. Овчаров, В.А. Опалев ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОЯРУСНЫХ РАБОЧИХ КОЛЕС ЦБК	35
А.А. Михалкин, А.В. Бунчук, Ф.Г. Сорогин ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШИРОКОХОРДНОГО ВЕНТИЛЯТОРА	35
Г.Ф. Романовский, А.А. Тарасенко ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРОВ С УСТРОЙСТВАМИ ПЕРЕПУСКА ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ ОБОБЩЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ	36
Е. Швирыдчук, М. Шыманяк ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОТОКА В МОДЕЛЬНОЙ ТУРБИНЕ RWTH ААХЕНА	36
А.В. Русанов, Ю.В. Городецкий, Д.Ю. Косьянов, П.Н. Сухоробрый, О.Н. Хорев ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСЕВОЙ ПОВОРОТНО-ЛОПАСТНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ	36
В.М. Лапотко, Ю.П. Кухтин, А.В. Лапотко ПОЛНЫЙ АНАЛИЗ CLOCKING-ЭФФЕКТОВ В 1.5 СТУПЕНИ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ОТСЛЕЖИВАНИЯ СТРУЙ ТЕЧЕНИЙ ГАЗА	37
Нгуен Минь Суан, Нгуен Ван Тхинь, Данг Ван Кхиен ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОВЫХ ТУРБИН С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ (ГТСВО)	37

В.А. Шкабура ИССЛЕДОВАНИЕ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ С ОБЩИМ РАБОЧИМ КОЛЕСОМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МАЛОРАЗМЕРНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ	37
К. Маравилла Эррера, С.В. Епифанов ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ НА ВХОДЕ В РАБОЧЕЕ КОЛЕСО ТУРБИНЫ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ВЫРАБОТКИ РЕСУРСА	38
В.А. Щукин, Ф.М. Валиев, О.В. Дунай, Ф.В. Щукин МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПЛАМЕНИ ОДНОРОДНОЙ СМЕСИ	38
А.Н. Маркушин, А.В. Бакланов ЭТАПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД СО СТУПЕНЧАТЫМ ПОДВОДОМ ВОЗДУХА ПО ДЛИНЕ ЖАРОВОЙ ТРУБЫ	38
В.Л. Швецов, В.П. Решитько, М.И. Гринштейн, В.Е. Костюк, Е.И. Кирилаш ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ГАЗА И ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТУ, ОСНАЩЁННОЙ СТРУЙНО-СТАБИЛИЗАТОРНЫМ ФРОНТОВЫМ УСТРОЙСТВОМ	39
А.А. Тропина ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛАМИНАРНОГО ПЛАМЕНИ	39
С.И.Сербин, А.Н. Маринец ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАПУСКА ГТД ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ	39
Д.А. Долматов ГОРЕНИЕ НИЗШИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В СТАЦИОНАРНОМ ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ	40
Д.А. Долматов РАЗРЯДНОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ГОРЕНИЯ В ЗОНЕ БЕДНОГО ПЛАМЕНИ	40
Д.А. Долматов РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ГОРЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ДУГОВЫМИ РАЗРЯДАМИ МАЛОЙ ДЛИНЫ	40

КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ

В.Н. Доценко, С.В. Никитин, Е.А. Кононыхин АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА ТЕЛ КАЧЕНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ И ПОТЕРИ НА ТРЕНИЕ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ СО СТАЛЬНЫМИ И КЕРАМИЧЕСКИМИ ШАРИКАМИ	41
С.В. Никитин КРИТЕРИАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ГИБРИДНОМ ПОДШИПНИКЕ ПРИ СТРУЙНОЙ СМАЗКЕ	41
В.И. Назин АНАЛИЗ РАБОТЫ ДВУСТОРОННЕГО УПОРНОГО ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА	41
Б.В. Днистрян, С.И. Пшеничных ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ЗУБЬЕВ ГИБКОГО КОЛЕСА ВОЛНОВОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ	42

Ю.В. Рублевский УМЕНЬШЕНИЕ ИЗНОСА РАБОЧЕГО ДИАМЕТРА ЩЕТОЧНЫХ УПЛОТНЕНИЙ	42
М.Л. Воловодюк, Л.П.Кравченко МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННЫХ ЦИКЛОВ С УЧЕТОМ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ И ХАРАКТЕР РАЗВИТИЯ ВРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗАКАЛИВАЮЩИХСЯ СТАЛЯХ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ НАГРЕВЕ	42
С.И. Сербин, С.В. Вилкул ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ СТенок ЖАРОВОЙ ТРУБЫ ЖИДКОТОПЛИВНОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ИНСТРУМЕНТАМИ CFD И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	42
Н.Н. Салов, А.А. Харченко, В.М. Бубенцов К РАСЧЕТУ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	43
М. А. Щербаков ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАДАЧ В ANSYS CFX	43
И.Е. Евдокимов РАСЧЁТ СЛОЖНОГО ТЕПЛООБМЕНА В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ANSYS CFX	43
В.В. Ананьев, П.М. Бывальцев, В.А. Властовский, Л.Ф. Ивчик РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛЁНОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА ТУРБИННЫХ ЛОПАТКАХ МЕТОДАМИ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ	44
К.С. Епифанов, А. Сафи ОХЛАЖДЕНИЕ ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ВЗЛЕТНОМ РЕЖИМЕ ПАРОВОЗДУШНОЙ СМЕСЬЮ	44
А.А. Ермолаев, А.В. Игнатъев, А.В. Стародумов ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПОДВОДА ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА К РАБОЧИМ ЛОПАТКАМ НА ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТУРБИНЫ	44
А.Р. Лепешкин, С.А. Лепешкин ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ЭФФЕКТА ПРИ НАГРЕВЕ ДИСКОВ, ВРАЩАЮЩИХСЯ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ	45
А.Р. Лепешкин, Н.Г. Бычков ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ЭФФЕКТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ В ПОЛЕ ДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ УСКОРЕНИЙ И СИЛ НА РАЗГОННОМ СТЕНДЕ	45
А.Р. Лепешкин НОВЫЙ МЕТОД НАГРЕВА ВРАЩАЮЩИХСЯ ДИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ	45
Р.Л.Зеленский, Ф.Ф. Сиренко, Т.В. Кулик ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ И ФОРМЫ ДИСКА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕГО РАДИАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	46
К.Б. Исаев, В.В.Ремесло КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСПЛАВА МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ	46

В.В Щепетов, А.Ю. Сидоренко ДЕТОНАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ FEAL2 ДЛЯ ЗАЩИТЫ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ОТ ИЗНАШИВАНИЯ	46
С.В. Бучаков, Ю.И. Евдокименко, К.Б. Исаев, В.М. Кисель, В.В. Ремесло, В.В. Фролов Г.А. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ	47
Е.В. Войнич, Г.А. Фролов, В.С. Цыганенко КВАРЦЕВАЯ СТЕКЛОКЕРАМИКА ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	47
А. П. Грубой, П.Г. Гакал, А. В. Третьяк ПРОБЛЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ БОЛЬШОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ	47
В.О. Повгородний ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ НЕСВЯЗАННОЙ ТЕРМОУПРУГОСТИ	48
Д.Ф. Симбирский, Г.Д. Симбирский ПЛАНИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	48
Е.Р. Голубовский, Н.Г. Бычков, А.Ш. Хамидуллин, О.А. Базылева ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТАЛОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ СПЛАВА НА ОСНОВЕ Ni ₃ Al ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕТАЛЕЙ АГТД*	48
В.Н. Толорайя, А.Н. Петухов, М.Е. Колотников, С.В. Харьковский, Г.А. Остроухова НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОТЛИВОК НА ПРИМЕРЕ БЕЗУГЛЕРОДИСТОГО СПЛАВА ВЖМ5	49
Н.П. Великанова, П.Г. Великанов, А.С. Киселёв ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАРАБОТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА ДЛЯ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИН АВИАЦИОННЫХ ГТД	49
С.В. Щепак, Д.Н. Костенюк, Г.С. Сейдаметова, М.В. Лисовская ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЖИВУЧЕСТИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ПО ПАРАМЕТРАМ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА У КОНЦЕНТРАТОРА НАПРЯЖЕНИЙ	49
Ю.С. Воробьев, В.Н. Романенко, Л.Г. Романенко, В.А. Потанин, В.В. Тарасов КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ ДЛЯ ТУРБОНАДДУВА МОЩНЫХ ДИЗЕЛЕЙ	50
А.М. Локощенко СПЛЮЩИВАНИЕ ДЛИННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО РАВНОРАСПРЕДЕЛЕННОГО ДАВЛЕНИЯ	50
Д.В. Калинин, В.М. Ананьев, Е.В. Кожаринов, А.М. Плущевский РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В КОНЦЕНТРАТОРАХ НАПРЯЖЕНИЙ ВАЛОВ НЕСУЩИХ ВИНТОВ ВЕРТОЛЕТОВ	50
Р.П. Придорожный, А.В. Шереметьев, А.П. Зиньковский СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОХЛАЖДАЕМЫХ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ С ПОМОЩЬЮ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ	51

А.Р. Лепешкин, Н.Г. Бычков, П.А. Ваганов МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРЫВОМ ЛОПАТОК РАБОЧИХ КОЛЕС ПРИ ИСПЫТАНИЯХ КОРПУСОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА НЕПРОБИВАЕМОСТЬ	51
А.И. Дубин О РЕЛАКСАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА	51
С.А. Букатый РАСЧЁТ СТЯЖНОГО БОЛТА И ВАЛА РОТОРА КОМПРЕССОРА ГТД МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ЖЁСТКОСТЕЙ	52
В.П. Квасников, В.Н. Селенков ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ СТАНКА ДЛЯ РЕЗАНИЯ КЕРАМИКИ	52
И. И. Мележик, П. П. Гонтаровский, Н. Г. Шульженко ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНО-ПАРОВОЙ СРЕДЫ НА КИНЕТИКУ ТРЕЩИН В СОСУДАХ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ	52
А.Н Михайленко, Т.И. Прибора ПРОВЕДЕНИЕ ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ НА ПОЛНОРАЗМЕРНОМ ДВИГАТЕЛЕ	53
А. В. Шереметьев ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЧНОСТНОЙ НАДЁЖНОСТИ АВИАЦИОННЫХ ГТД НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ КОНСТРУКТИВНОГО ПОДОБИЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ	53
Н.А.Шимановская, Д.Ф.Симбирский, И.Л.Гликсон, С.И. Шанькин УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД МОНИТОРИНГА ВЫРАБОТКИ РЕСУРСА АВИАЦИОННЫХ ГТД	53
С.Р. Игнатович, М.В. Карускевич, Е.Ю. Дорошенко МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАСТЕРОВ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА НА ПОВЕРХНОСТИ ПЛАКИРУЮЩЕГО СЛОЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	54
П.Г. Круковский, М.А. Метель, В.Г. Новиков МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНИХ РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ЛОПАТОК ГТД	54
В.В. Веденеев, М.Е. Колотников, П.В. Макаров ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА РАСЧЕТНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОЧИХ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРОВ К ФЛАТТЕРУ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ В 3D ПОСТАНОВКЕ	54
А.А. Хориков, С.Ю. Данилкин, В.А. Телешев ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАТОК ВЕНТИЛЯТОРА АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ОБЛЕДЕНЕНИЯ	55
А.И. Боровков, В.С. Модестов, И.Б. Войнов, М.С.Грицкевич, Н.О. Симин, В.В. Кривоносова, В.В. Завгородний ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ПОСЛЕДНЕЙ СТУПЕНИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ГАЗОВОГО ПОТОКА	55
А.Е.Занин, А.П. Зиньковский, А.В. Шереметьев О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРА СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ И ВИБРОНАПРЯЖЕННОСТИ РАБОЧИХ КОЛЕС ТУРБИН АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	56

Ю.С. Воробьев, М.А. Чугай, В.Н. Романенко, С.Б. Кулишов, А.Н. Скрицкий АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ГТД С МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ЛОПАТКАМИ	56
Ю.С. Воробьев, М.А. Чугай ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛОПАТКАХ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ	56
М. Р. Ткач, Ю. Г. Золотой, Д.В. Довгань, И. Ю. Жук ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ГТД МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	57
Р.Х. Макаева, А.Х. Каримов, А.М. Царева, Э.М. Фатыхова ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ГТД С ПРИМЕНЕНИЕМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ	57
Е.В. Марценюк, А.И. Гаркуша, В.С. Чигрин ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТА ТИПА «ЗАБОИНА» НА ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧИХ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА	57
С.В. Филипковский НЕЛИНЕЙНЫЕ КОЛЕБАНИЯ РОТОРА НА ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ ПРИ ЗАДАННОЙ ВИБРАЦИИ ОСНОВАНИЯ	58
А.Н. Горбенко ОБЩАЯ СТРУКТУРА УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ РОТОРНЫХ МАШИН С АВТОБАЛАНСИРОМ ПАССИВНОГО ТИПА	58
Ю.Б. Назаренко ПЛОСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ РОТОРОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА АНИЗОТРОПНО УПРУГИХ ОПОРАХ	58
А.Г. Костюк, В.Ф. Шатохин, С.Д. Циммерман ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОСЛЕ ВНЕЗАПНОЙ РАЗБАЛАНСИРОВКИ МНОГООПОРНОГО РОТОРА С ОБКАТОМ НЕУРАВНОВЕШЕННОГО РОТОРА ПО СТАТОРУ	59
С.М. Белобородов, И.В. Шибанов БАЛАНСИРОВКА РОТОРОВ КОМПРЕССОРОВ И ТУРБИН С НЕСОВПАДАЮЩИМИ РАБОЧИМИ И БАЛАНСИРОВОЧНЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ	59
З. Г. Ершова, В. И. Ершов ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ИНТЕГРИРОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ КОЛЕБАНИЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПАНЕЛИ	59
В.Н. Мельник, В.В. Карачун ЦИКЛИЧЕСКИ ДЕФОРМИРУЕМОЕ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБОЛОЧЕК В АКУСТИЧЕСКОМ ПОЛЕ	60
В.В. Карачун, В.Н. Мельник РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ АКУСТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ	60
О.Я. Ковалец ОСЕНЕСИММЕТРИЧНОЕ АКУСТИЧЕСКОЕ НАГРУЖЕНИЕ ОБОЛОЧЕК	60

Ю.А. Жулай, С.И. Долгополов ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИЙ КОНСТРУКЦИИ И ПУЛЬСАЦИЙ ЖИДКОСТИ НА КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ ПИТАЮЩЕГО ТРУБОПРОВОДА	61
Е.А. Игуменцев, Е.А. Прокопенко МОМЕНТ ИМПУЛЬСА ЗАРЯЖЕННОГО ГИРОСКОПА	61
ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	
И. П. Васильев, А. Меркле ДВЕ СУДЬБЫ: РУДОЛЬФ ДИЗЕЛЬ И РОБЕРТ БОШ	62
А.А. Лисовал, А.В. Вербовский, С.В. Кострица ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЯ	62
А.А. Прохоренко ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ДИНАМИКИ ДИЗЕЛЯ С АККУМУЛЯТОРНОЙ СИСТЕМОЙ ТОПЛИВОПОДАЧИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ	62
А.А. Прохоренко, Д.В. Мешков, Д.Е. Самойленко, И.В. Рыкова ВЫБОР ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ФОРСУНКИ ДИЗЕЛЯ	62
Ф.И. Абрамчук, А.Н. Кабанов, А.П. Кузьменко, М.С. Липинский МНОГОКРЕТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПРОЦЕСС СГОРАНИЯ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ	63
А.В. Грицюк, А.Н. Врублевский, Г.А. Щербаков, А.А. Овчинников ОТРАБОТКА ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ АВТОМОБИЛЬНОГО МАЛОЛИТРАЖНОГО ДИЗЕЛЯ СО ВСЯЗАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ	63
А.В. Грицюк, А.А. Мотора, Е.В. Шаповалов, А.С. Жуков АВТОНОМНЫЙ ДВУХРЕЖИМНЫЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОАГРЕГАТ ДЛЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	63
С.А. Ерошенков, В.А. Корогодский, А.А. Хандримайлов, О.В. Василенко ОПЕРЕДЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСТАТОЧНЫХ ГАЗОВ В ДВУХТАКТНОМ ДВИГАТЕЛЕ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ	64
И.В. Парсаданов, А.А. Теплицкий, В.В. Солодовников, С.Ю. Белик ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ	64
С.П. Кулманаков, С.В. Яковлев ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ ВПРЫСКА НА ПРЕДПЛАМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДВИГАТЕЛЯ 1СН 13/14 С ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ АППАРАТУРОЙ «COMMON RAIL»	64
С.П. Кулманаков ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ 1СН 13/14 С СИСТЕМОЙ ТОПЛИВОПОДАЧИ «COMMON RAIL» ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА	65
А.В. Иващенко, В.Н. Горячкин ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА КАПЕЛЬ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	65

- Н.И. Мищенко, В.Г. Заренбин, Т.Н. Колесникова, Ю.В. Юрченко, В.А. Субочева**
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ЦИКЛА БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ.
Часть 2. Расчет, эксперимент, анализ 65
- Н.И. Мищенко, В.Г. Заренбин, Т.Н. Колесникова, В.Л. Супрун, М.А. Бондаренко**
РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ИЗМЕНЕНИЯ
СТЕПЕНИ СЖАТИЯ В БЕСШАТУННОМ БЕНЗИНОВОМ ДВИГАТЕЛЕ 65
- И.П. Васильев, А. Хейлиг, М. Кайзер, Ф. Динкелакер**
ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ БИОТОПЛИВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВПРЫСКА В КАМЕРУ С
ПОСТОЯННЫМ ДАВЛЕНИЕМ 66
- А.М. Левтеров**
ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ДВС,
РАБОТАЮЩИХ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВАХ 66
- А.В. Белогуб, А.А. Зотов, Е.К. Гордиенко, Е.А. Сергеев, Ю.В. Чистяков**
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ «БЕЗОПАСНОГО» ПОРШНЯ ДЛЯ
ДВИГАТЕЛЯ ВАЗ-21126 66
- Б.Г. Тимошевский, М.Р. Ткач, А.С. Митрофанов, А.С. Познанский, А.Ю. Проскурин**
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОРШНЕВОГО ДВС С
СИСТЕМОЙ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ БИОЭТАНОЛА 67
- Б.Г. Тимошевский, М.Р. Ткач, А.С. Митрофанов**
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА В
ЦИЛИНДРЕ ДВС 67
- В.И. Алёхин, А.В. Белогуб, О.В. Акимов**
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ ЛИТЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ НА НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОРШНЯ 67
- А.Н. Ганжа, Н.А. Марченко**
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАЦИОНАРНОЙ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ С
УЧЕТОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В РЕГЕНЕРАТОРЕ-ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕ 68
- А.П. Марченко, В.В. Шпаковский, В.В. Стариков**
ПОЛУЧЕНИЕ КОРУНДОЭЛЕКТРЕТА ПРИ ГАЛЬВАНОПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ
ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ 68
- А. П. Марченко, В.В. Шпаковский**
ВЛИЯНИЕ КОРУНДОВОГО СЛОЯ НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПОРШНЕЙ НА ПРОЦЕСС
СГОРАНИЯ В ДВС 68
- В.В. Матвеев, В.А. Пылев, А.В. Матюха**
РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОЙ ПРОЧНОСТИ ПОРШНЯ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ
ПРИ УЧЕТЕ ЛОКАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ 68
- С.Б. Таран, О.В. Акимов, А.П. Марченко**
ПОВЫШЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ ЧУГУННЫХ ПОРШНЕЙ ДИЗЕЛЬНЫХ
ДВС ПУТЕМ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДНИЩА 69
- С. Б. Таран**
К ВОПРОСУ АНАЛИЗА СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ ЧУГУНА ДЛЯ ПОРШНЕЙ
ВЫСОКОФОРСИРОВАННЫХ ДВС 69

А.В. Тринев, В.Т. Коваленко, С.В. Обозный, А.Н. Клименко ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКАЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГОЛОВКИ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЯ КАМАЗ В БЕЗМОТОРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ	69
А.И. Тарасенко КРУТИЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В СУДОВЫХ ВАЛОПРОВОДАХ С МАЛООБОРОТНЫМИ ДИЗЕЛЯМИ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ	70
А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ	70
С. И. Тырловой ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО РЕГУЛЯТОРА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ	70
А.Н. Радченко, Д.В. Коновалов РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩАЯ УСТАНОВКА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ДИЗЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА	71
Р.А. Варбанец, Ю.М. Кучеренко, А.И. Головань ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУДОВОЙ ГЛАВНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ	71
Р.А. Варбанец, Ю.М. Кучеренко, А.И. Головань ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	71
А.И. Крайнюк, С.В. Алексеев, А.С. Ковтун РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ НАДДУВА КОД С ГЛУБОКИМ ОХЛАЖДЕНИЕМ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА	72
А. П. Строков, А. Н. Кондратенко РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МОДУЛЯ ФИЛЬТРА ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ БЫСТРОХОДНОГО ДИЗЕЛЯ. Часть 2	72
А.П. Поливянчук, Е.А. Холкина, Е.А. Гречишкина, И.Н.Свистун СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО И КОМПЕНСАЦИОННОГО СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ В МИКРОТУННЕЛЕ	72
В.А. Жуков РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ДВС	72
В. А. Жуков, Е. Н. Николенко АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОБАЛАНСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	73
Ю.Л. Мошенцев, А.А. Гогоренко, Д.С. Минчев СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВОЗОВ	73
Д. С. Минчев, Ю. Л. Мошенцев, А. В. Нагорный ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИАЛЬНЫХ ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНЫХ ТУРБИН ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	73

Ю.Л. Мошенцев, Б.А. Тягнирядно, А.А. Гогоренко, Д.С. Минчев ВЫПАДЕНИЕ ВЛАГИ В ОХЛАДИТЕЛЯХ ВОЗДУХА СОВРЕМЕННЫХ ДВС	74
К. Н. Осипов, Е. Л. Первухина, Ю. Л. Рапацкий МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРШНЕВЫХ ДВС В ХОДЕ ПРИЕМОСДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	74
Г.П. Подзноев, У.А. Абдулгасис ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ДВУХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ГИДРИДА АЛЮМИНИЯ	74
В.Н. Волошин, А.Р. Миська СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ГЛАВНЫХ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	75
Н.И. Муха, А.О. Дранкова, В.Н. Волошин, А.Р. Миська, С.А. Дудко ТРЕНАЖЕР СУДОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	75
А.Г. Гацуц СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	75
А.А. Зотов, А.В. Белогуб, Ю.А. Гусев РЕШЕНИЕ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОРШНЕЙ ЛЕГКОТОПЛИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	76
Д.В. Коновалов ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧНОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В СИСТЕМАХ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА ДВС	76
Д.В. Коновалов ТЕРМОПРЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА СУДОВЫХ ДВС	76
ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ДЛЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ	
А.А. Белик, Ю.Г. Егоров, В.М. Кульков, В.А. Обухов АНАЛИЗ ПРОЕКТНО-БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМБИНИРОВАННОЙ СХЕМЫ ВЫВЕДЕНИЯ КА НА ГСО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ СРЕДНЕГО КЛАССА	77
Н.М. Дронь, П.Г. Хорольский, Л.Г. Дубовик СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХ МАНЕВРОВ ОЧИСТКИ ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА КОСМИЧЕСКИМ ТРАЛЬЩИКОМ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ЕГО ВЫВЕДЕНИЯ НА ТРЕБУЕМУЮ ОРБИТУ	77
В.Н. Шнякин, В.А. Шульга, В.И. Конох, А.И. Животов, А.В. Дибривный РАЗРАБОТКА МНОГОРЕЖИМНОГО ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПНЕВМОНАСОСНОЙ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА ДЛЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ МОДУЛЕЙ	77
А.В. Хитько, А.М. Черкун ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОЛОГО КАТОДА С ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ РАЗРЯДОМ	78

А.В. Лоян, С.Ю. Нестеренко, Ш. Рошанпур, А.И. Цаглов МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ИНДУКЦИОННЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИСТОЧНИКАХ ПЛАЗМЫ И ЭЛЕКТРОНОВ	78
А.В. Лоян, Т.А. Максименко, Н.Н. Кошелев ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ В КАНАЛЕ МСПД ПРИ ПОВЫШЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ РАЗРЯДА	78
А. И. Цаглов, А. В. Лоян, Н. Н. Кошелев, О. П. Рыбалов ИСПЫТАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ МОДЕЛИ БЕЗЭЛЕКТРОДНОГО ЭРД МАЛОЙ МОЩНОСТИ С ВЧ ИОНИЗАЦИЕЙ РТ	79
М.Ю. Титов, А.В. Лоян, Т.А. Максименко РАСЧЕТ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЯ С АНОДНЫМ СЛОЕМ МАЛОЙ МОЩНОСТИ С УЧЕТОМ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ	79
А.В. Лоян, Н.Н. Кошелев, Е.П. Солонинко ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕССОВАННЫХ W-Ba-Sc ЭМИТТЕРОВ	79
А.Л. Азарнов, К.В. Безручко, А.О. Давидов, В.И. Лазненко, С.В. Синченко, С.В. Ширинский, А.А. Харченко ОБЗОР И АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ АККУМУЛЯТОРОВ	80
В.С. Рева, К.Н. Земляной, Е.Ю. Шевченко ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НАЗЕМНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	80
А.О. Давидов ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ АККУМУЛЯТОРОВ	80
В.И. Рябков, Н.Г. Толмачев БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР – АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВЗГЛЯД	81
В.И. Рябков, Н.Г. Толмачев РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВА	81
Я.А. Кумченко ЗЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАТОРНО-РЕЗОНАНСНОГО МЕХАНИЗМА ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ	81
Я. А. Кумченко ВЗРЫВНОЙ МЕХАНИЗМ ГЕНЕРИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ, ПРИРОДА ИХ УСКОРЕНИЯ И ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ РАКЕТНО- КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЛЬКО ЗА СЧЕТ ЭНЕРГИЙ КОСМОСА Теория, эксперимент. Сообщение 1	82
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ	
Н.А. Гачегов, А.А. Лопатин, А.О. Костенко, В.Т. Шепель СЕРТИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ АВИАЦИОННОГО ГТД НА ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ МОДЕЛЕЙ	83

В.В. Нерубасский О СИСТЕМАХ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ПРАВИЛАХ НАИМЕНОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	83
С.М. Степаненко КРИТЕРИИ И МЕТОДЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ	83
С.М. Степаненко, В.Г. Харченко СТРУКТУРИРОВАНИЕ СТАНДАРТА организации ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ С ЦЕЛЬЮ его ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ СЕРТИФИКАЦИИ	84
Е.Ю. Иленко ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ АВИАРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ХОЗРАСЧЕТНОЙ ФОРМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ	84
О.Н. Билякович, Е.В. Богайская, О.А. Гуменюк СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВЛИЯНИИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАСЕЛ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ СМАЗОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ	84
В.Г. Семенов БИОКЕРОСИН-АЛЬТЕРНАТИВНОЕ АВИАЦИОННОЕ ТОПЛИВО	85
К. В. Бондаренко, С. В. Бойченко, В. Г. Семенов ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА В АВИАЦИИ	85
Я.А. Кумченко, В.А. Габринец, В.И. Коновалов, Ю.В. Данчук АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА ДЛЯ ДВС И АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. КОНЦЕПЦИЯ «КАШТУЛ». Сообщение 1	85
Я.А. Кумченко, В.И. Коновалов, А.А. Березняк, П.А. Егоров РЕЗОНАНСНЫЙ МЕХАНИЗМ АКТИВАЦИИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА. КОНЦЕПЦИЯ «КАШТУЛ»	86
Я.А. Кумченко НОВЫЙ КЛАСС ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ШИРОКОГО СПЕКТРА ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ	86
М.В. Пятницкая ПРИНЦИПЫ И ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО МУЗЕЯ НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ (ОПЫТ РАБОТЫ)	86
И.В. Шостак, В.А. Демьяненко, Г.А. Фролова ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОРГАНИЗАЦИИ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ САМОЛЕТОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	87
И.В. Шостак, В.А. Демьяненко, Г.А. Фролова РАЗРАБОТКА ТИПОВОГО ФРАГМЕНТА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ CALS-СИСТЕМЫ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА САМОЛЕТОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	87
И.В. Шостак, И.В. Груздо АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА В РАБОТАХ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ	87
И.В. Шостак, И.В. Груздо МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА В РАБОТАХ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА	88

И.В. Шостак, А.С. Носиков КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ	88
И.В. Шостак, А.С. Носиков СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЯ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ	88
И.Ф. Кравченко ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ОБЛИКА И КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ТРДД ДЛЯ УТС–ЛБС	89
В.В. Логинов, Е.Ю. Иленко ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПАРАМЕТРИЧЕСКОМУ ОБЛИКУ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА	89
В.А. Григорьев, В.М. Радько, Д.С. Калабухов АППРОКСИМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОРАЗМЕРНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ВЕРТОЛЕТА	89
В.П. Парафейник, А.В. Смирнов, И.Н. Тертышный, А.Н. Нефедов АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГПА С ГАЗОТУРБИННЫМ ПРИВОДОМ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АГРЕГАТА	90
А.И. Тарасов, В.А. Щипаков ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ДЕТОНАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ	90
Э.В. Заремба, И.П. Ковалев, С.П. Бирюков, А.В. Головатенко ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ РЕВЕРСА-НЕЙТРАЛИЗАТОРА ТЯГИ НА МАРШЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ Д-436ТП САМОЛЕТА-АМФИБИИ БЕ-200	90
Л.В. Капитанова АНАЛИЗ УЧАСТКОВ ПОСАДОЧНОЙ ДИСТАНЦИИ С УЧЕТОМ МОДИФИКАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В СТОЙКАХ ШАССИ САМОЛЕТА	90
А. Ж. Мурзагалиев, В. Г. Некрасов ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТУРБИНЫ ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ	91
О.Г. Кучер, П.О. Власенко ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. ЕЁ КОНТРОЛЬ И АНАЛИЗ В АВИАКОМПАНИИ	91
А.В. Томашевский, А.А. Тевс АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	91
А.А. Тамаргазин, И.И. Линник, Т.Ю. Крамаренко, М.В. Олег ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПОСЛЕПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	92

САУ И ДИАГНОСТИКА

Д.И. Волков, В.М. Грудинкин, В.В. Данилов, Г.С. Ранченко СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ	93
--	----

Л.А. Борковская, А.В. Борковский, О. Ильницкая, Д.А. Тюпа СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ПОТОКЕ	93
С.И. Шанькин, А.А. Ступаков, Ф.Ф. Сиренко, С.В. Епифанов РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ФАЗОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	93
И.И. Неяченко, Ф.М. Гаджиев ПРОГРАММНАЯ ФУНКЦИЯ «ВИРТУАЛЬНЫЙ ВОДИТЕЛЬ» В АВТОМОБИЛЕ С РУЧНОЙ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ И СИСТЕМОЙ «EGAS»	94
Е.В. Павлюк, С.В. Епифанов, С.И. Суховой, Р.Л. Зеленский СОГЛАСОВАНИЕ КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗАЦИЕЙ СЛУЖЕБНОГО КОМПРЕССОРА С КОНТУРОМ УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГДУ КОМПРЕССОРА ВСУ	94
Н.И. Бурау, А.М. Павловский, В.Н. Харитонов, Л.Л. Яцко РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА AT91SAM7X	94
А.И. Хлистун, В.П. Бочаров, А.З. Ганиев, Т.А. Терещенко ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА, ОТБИРАЕМОГО ОТ КОМПРЕССОРА ГТД	95
В.Н. Жариков ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДКС С ГАЗОТУРБИННЫМ ПРИВОДОМ ПРИ ДВУСТУПЕНЧАТОМ СЖАТИИ ГАЗА	95
Г.П. Михнева ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ РОБОТОМ	95
Т.С. Мицай ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА	96
С. П. Ярмоленко, В.П. Квасников АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ	96
Т. М. Пирог ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ МЕРЫ СЛУЧАЙНОСТИ ПРИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН	96
Ю.П. Лещенко СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО РОБОТА	97
С.С. Михнев ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ	97
С.Г. Семенов, С.Ю. Гавриленко, В.В. Давыдов БЕЗОПАСНОСТЬ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ	97
В.М. Грудинкин, В.Ф. Миргород, В.А. Качура СРЕДСТВА МОДЕЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ И ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	98

В.Ф. Миргород, И.М. Гвоздева, А.Ю. Кузьменко НОВЫЕ ФОРМЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	98
О.П. Сташинский МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ ГАЗОПРОВОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ОПЕРАТИВНЫХ ДЕЙСТВИЙ	98
В.Ф. Миргород, Н.Д. Багаутдинов, И.М. Гвоздева НОВЫЙ КРИТЕРИЙ РАЗЛИЧИЯ ТРЕНДОВ ДВУМЕРНЫХ ВЫБОРОК ПАРАМЕТРОВ РЕГИСТРАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	99
С.В. Елифанов, Б.А. Щербань, Н.Д. Багаутдинов, Ю.В. Черкасов СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ АЛГОРИТМА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ	99
М.В. Шевченко, С.В. Елифанов МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ГТД	99
Р.А. Варбанец, Ю.Н. Кучеренко, А.И. Головань ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СУДОВОЙ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ	100
В.В. Голикова, П.К. Сопин, Т. Л. Степанченко ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ ОПЕРАТИВНОГО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИЕМОСДАТОЧНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВС	100
Д.М. Фёдоров ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ	100
М. Н. Наказненко НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО НАКОПИТЕЛЯ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ГАРАНТИРОВАННОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ	101
А.Н. Рева, П.Ш. Мухтаров, С.В. Недбай, С.И. Корж ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫЯВЛЕНИЯ ОСНОВНОЙ ДОМИНАНТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАЦИОННОГО ОПЕРАТОРА В УСЛОВИЯХ РИСКА	101
Ю.Ю. Бирюков КЛАССИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРУППОВЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ НА ФАКТОРАХ ОПАСНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	101
Ш.Ш. Насиров ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВАЖНОСТИ ХАРАКТЕРНЫХ ОШИБОК АВИАДИСПЕТЧЕРОВ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ	102
О.Н. Дмитриев, В.А. Шульгин УЧЕТ СТАТИСТИКИ ОТКАЗОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В ПРОГРАММАХ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ЛЕТНЫХ ЭКИПАЖЕЙ (на примере самолета Ан-24)	102
Б.Б. Коровин, О.Н. Былинкина, М.В. Кузьмин ВИБРОАКТИВНОСТЬ ТРДД С МЕЖРОТОРНЫМ ПОДШИПНИКОМ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ	102

О.Н. Былинкина, Б.Б. Коровин, Е.В. Брычева К ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ МЕЖРОТОРНОГО ПОДШИПНИКА ПО ВИБРОСИГНАЛУ	103
Б.Б. Коровин, А.А. Стасевич, О.Н. Былинкина АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ МЕЖРОТОРНОГО ПОДШИПНИКА ТРДД В ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ШТАТНОМУ ВИБРОСИГНАЛУ	103
В.В. Панин, С.В. Енчев, А.В. Попов, А.Ю. Сидоренко, В.В. Щепетов ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОМПАЖА В КОМПРЕССОРАХ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА	104
Т.В. Киприч, В.Н. Харитонов СПОСОБ АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИЗА ВИБРОСИГНАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ ГТД	104
Е.И. Оксень, Д.Е. Оксень ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	104
Т. П. Грызлова, А. О. Балыкина СИСТЕМА ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ И ПРИЗНАКОВЫХ ПРОСТРАНСТВ	105
Т.П. Грызлова МЕТОД АНАЛИЗА ПОЛУВОЛН ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНОГО ИСТОЧНИКА ПО ЦИФРОВЫМ СИГНАЛАМ	105
А. А. Облеухов, Д. С. Шалаев, Т. П. Грызлова АНАЛИЗ ИНФОРМАТИВНОСТИ WAVELET-ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ВИБРОСИГНАЛОВ В ЗАДАЧЕ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ	106
А.В. Масловский, М.Г. Бакулин ИНФОРМАТИВНОСТЬ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ ПРИ МИКРОВОЛНОВЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	106
А.В. Масловский, М.Г. Бакулин МИКРОВОЛНОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ. ПРИНЦИПЫ, ВОЗМОЖНОСТИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	106
D. Kwapisz, M. Hafner, V.Spitsyn, A.Mykhaylov, V. Bereznoy TEST AND VALIDATION OF A MICROWAVE TIP CLEARANCE SENSOR ON A 25MW GAS TURBINE ENGINE	107
Л.М. Покидько КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРЕЦИЗІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	107
В.В. Кулалаев, А.В. Кулалаев СИГНАТУРА ТЕПЛОВЫХ СИГНАЛОВ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕННОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПОЛЕ, КАК «СИЛОВОЙ» ФАКТОР УПРАВЛЕНИЯ ОПТИКО- ЭЛЕКТРОННЫМИ СЛЕДЯЩИМИ СИСТЕМАМИ	107

В.В. Кулалаев, А.В. Кулалаев, ПРОСТРАНСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ КАНАЛАМИ СВЯЗИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА В ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЯХ. Часть 1	108
В.В. Кулалаев, А.В. Кулалаев ПРОСТРАНСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ КАНАЛАМИ СВЯЗИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА В ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЯХ. Часть 2	108
ТЕХНОЛОГИЯ	
А.С. Букатый, С.А. Букатый, А.А. Иванов ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРОЧНЕНИЯ МЕТОДОМ ВЫГЛАЖИВАНИЯ ШАРИКОМ НА ОБРАЗОВАНИЕ ЗАБОИН КРОМОК ЛОПАТОК ГТД	109
В.Ф. Ивануха, Ф.В. Новиков, А.В. Медведев ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОРШНЕЙ	109
Ю.И. Евдокименко, В.М. Кисель, Г.А. Фролов ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГОРЕЛОК ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ	109
А.М. Смыслов, А.А. Быбин, Р.Р. Невьянцева, Е.В. Парфенов, О.Г. Смольникова, П.В. Тарасов ОСОБЕННОСТИ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ В ТЕХНОЛОГИЯХ УДАЛЕНИЯ ДЕФЕКТНЫХ ПОКРЫТИЙ ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ЛОПАТОК ГТД	110
Е.В. Парфенов, А.А. Быбин, Р.Р. Невьянцева ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИТНО- ПЛАЗМЕННОГО УДАЛЕНИЯ ДЕФЕКТНЫХ ПОКРЫТИЙ с деталей ГТД	110
М.К. Смыслова, Д.Р. Таминдаров, А. Б. Самаркина ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН ИЗ СТАЛИ 20Х13	110
К.С. Селиванов, Р.Ф. Галиакбаров ПОВЫШЕНИЕ ФРЕТТИНГ-СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН КОМПЛЕКСНОЙ ВАКУУМНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ	111
С.В. Сергеев, К.А. Данько МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТЕЧЕНИЯ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА ПРИ НАНЕСЕНИИ	111
С.В. Сергеев, К.А. Данько ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА ПРИ НАНЕСЕНИИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ	111
М.Г. Маслюков, С.В. Сергеев ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЯХ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ДЕТОНАЦИОННО ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ	112
Ю.А. Сысоев ПРОБЛЕМЫ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ВАКУУМНО-ДУГОВОГО РАЗРЯДА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	112

М. С. Стороженко, А. П. Уманский, С. С. Чупров ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ TiB ₂ -SiC ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ HVOF-ПОКРЫТИЙ	112
В.А.Панасенко, А.Я.Качан, В.Ф.Мозговой ЧЕРНОВАЯ ОБРАБОТКА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МОНОКОЛЁС ГТД С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛУНЖЕРНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРАХ С ЧПУ	113
С.Н. Соловьев, А.Н. Гурский МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСТАЧИВАНИЯ С АКТИВНОЙ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКОЙ МУФТОЙ-ДЕМФЕРОМ	113
С.Н. Нижник ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ОРИЕНТАЦИИ РЕЖУЩЕГО ЗЕРНА ОТНОСИТЕЛЬНО ВЕКТОРА СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ ПРИ КРУГЛОМ НАРУЖНОМ И ВНУТРЕННЕМ ШЛИФОВАНИИ	113
С.Н. Нижник, М.А. Курин ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИНЕМАТИКИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ НА КОНТАКТНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ШЛИФОВАНИИ	114
А.Х. Сакаев, В.Ф. Макаров СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШЛИФОВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ НА ТОКАРНО-ЛОБОВОМ МК163М И СТАНКЕ ELB-SCHLIFF MICRO CUT4-520	114
В.И. Белоус МОДИФИЦИРОВАНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ	114
В. Ф. Макаров, Е. Н. Бычина, А. О. Чуян МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛИРОВАНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	115
А.А. Жуков, Л. А. Хасанова АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АЗОТИРОВАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ГТД	115
Л. А. Хасанова ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АЗОТИРУЕМЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ГТД	115
Г.В. Снежной ИДЕНТИФИКАЦИЯ НИЗКИХ СОДЕРЖАНИЙ ФЕРРИТА И МАРТЕНСИТА В АУСТЕНИТНЫХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЯХ	116
Г.В. Снежной КОНТРОЛЬ КОЛИЧЕСТВА δ-ФЕРРИТА В СТАЛЯХ ТИПА 18-10 МЕТОДОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАПРОЦЕССНОЙ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ	116
Н.Е. Калинина, З.В. Вилищук, В.Т. Калинин ОСОБЕННОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Mg	116
Л.П. Клименко, В.И. Андреев, О.Ф. Прищепов, Л.М. Дыхта, В.Ю. Голдун ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР РАБОТЫ КОКИЛЕЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНОВОЙ ГУБКИ	117

А.О. Титарчук, Є.М. Осінній АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ САПР T-FLEX ПРИ СТВОРЕННІ ПАРАМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СКЛАДНИХ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ	117
В.В. Третьяк, С.А. Стадник, А.Ю Комаров ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ВЗРЫВНОЙ ШТАМПОВКИ	117
В.В.Третьяк, В.Д. Сотников, С.А. Мирошниченко, А.С. Ивакин РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУППОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	118
В.В.Третьяк МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ГАЗО-ВЗРЫВНОЙ ШТАМПОВКИ	118
В.В.Третьяк, А.В.Онопченко, Т.В. Лоза РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОБЪЕКТНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ	118
В.В. Драгобецкий, В.М. Шмандий, Е.В. Харламова КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, УЧИТЫВАЮЩИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	119
Я.С. Жовноватюк ПУТИ СТАБИЛИЗАЦИИ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПОЛЕЙ НАГРУЖЕНИЯ УДАРНЫМИ ВОЛНАМИ ПРИ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКЕ ЗА СЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ	119
О.В. Мананков, Я.С. Жовноватюк ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «КОРОБКИ»	119
М.К. Князев, Р.В. Варнас, В.Ю. Беспалый ОТЛАДКА ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКИ В СИСТЕМЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА	120
М.К. Князев, Д.Н. Ткаченко, Я.С. Жовноватюк ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ СПЛАВА Д16Т	120
В.В. Комбаров, Е.А. Аксенов, Е.А. Криживец ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОРГАНОВ СТАНКОВ С ЧПУ	120
В.С. Кривцов, Е.В. Комбарова, Р.В. Варнас, Е.А. Аксенов ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ И ПРОЦЕССОВ В СТАНКАХ С ЧПУ	121
В.В. Комбаров, Е.А. Аксенов, Е.В. Комбарова ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ В КОНТУРЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ СИСТЕМЫ ЧПУ	121
М.А. Голованова ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	121

ТЕОРИЯ И РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ

УДК 621.438:621.564:621.643

Б.Д. Билека, В.Я. Кабков, Р.В. Сергиенко

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕЗВОДНОГО ЦИКЛА РЕНКИНА ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, УТИЛИЗИРУЮЩИХ СБРОСНУЮ ТЕПЛОТУ ПРИВОДНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Энергетическая утилизация сбросной теплоты компрессорных станций (КС) газопроводов, учитывая огромный потенциал такой теплоты, может стать серьезным фактором повышения эффективности работы КС. Существенные достоинства в реализации таких проектов имеют безводные технологии с использованием в качестве рабочего тела цикла Ренкина низкокипящих рабочих тел (НРТ), в частности пентана. Проведенные расчетные исследования паросилового цикла Ренкина теплоутилизующей энергетической установки (ТУЭУ) на пентане позволили определить влияние изменения начальных параметров НРТ при начале процесса истечения пара в турбине из разных областей состояния пара – с граничной линии сухого насыщенного пара, из области перегретого пара и из сверхкритической области на эффективность ТУЭУ.

УДК 621.182

Б.Д. Билека, В.Я. Кабков, Е.В. Складенко, В.Н. Погосев

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК С ПРИВОДОМ ОТ ГАЗОТУРБИННЫХ И ГАЗОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В статье изложены результаты исследований способов снижения выбросов оксидов азота и углерода, а также улучшения тепловых характеристик когенерационных установок (КГУ) с газотурбинными установками (ГТУ) и газопоршневыми двигателями (ГПД) с прямым сбросом выхлопных газов из двигателя в котел, а также из котла-утилизатора (К-У) в активный котел. Исследования проведены расчетным путем с использованием современных компьютерных программ. Для модульных КГУ с К-У, работающих автономно, исследования проводились на специальном экспериментальном стенде с дожигающим устройством, устанавливаемым между двигателем и К-У.

УДК 621.43

С.П. Кулманаков, С.С. Кулманаков

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОПОРШНЕВЫХ МИНИ-ТЭЦ С ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ПИТАНИЯ

В данной статье рассмотрена возможность повышения энергоэффективности газопоршневых двигателей на частичных режимах за счет отключения части цилиндров. Данная возможность достигается благодаря оснащению двигателя индивидуальными газовыми форсунками с электронным управлением. Описана теоретическая возможность достижения поставленной задачи. Приведены результаты расчёта мощности и расхода топлива при отклю-

чѐнных цилиндрах на режимах частичной мощности. В качестве объекта исследования выступает газопоршневой рядный двигатель 1Г6 производства ОАО ХК «Барнаултрансмаш».

УДК 621.43

А.И. Крайнюк, А.А. Крайнюк, М.А. Брянцев

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ КАСКАДНОГО ОБМЕНА ДАВЛЕНИЕМ УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАВШИХ СРЕД

Рассмотрены основные направления повышения энергетических показателей работы газотурбинного двигателя каскадного обмена давлением утилизацией теплоты отработавших сред. Приведены результаты расчетного исследования эффективности использования различных схем утилизации теплоты в одно- и двухступенчатых газотурбинных двигателях каскадного обмена давлением. Показаны возможность и резерв повышения энергетической эффективности ГТД КОД за счет регенерации теплоты отработавших сред и перерасширения рабочих сред в турбине. Даны направления для дальнейшего совершенствования показателей газотурбинных двигателей КОД.

УДК 621.438

А.К. Чередниченко, М.Р. Ткач

К ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Приведены результаты исследования характеристик газотурбинной установки, оснащенной теплообменником – регенератором с промежуточным жидкометаллическим теплоносителем. Предложено выбирать относительный температурный напор из диапазона 0,35...0,5 для обеспечения заданных постоянных значений коэффициентов восстановления полного давления в теплообменниках при условии минимизации габаритов теплообменников. Показано, что варьирование относительного температурного напора в этом диапазоне позволяет изменять отношение площадей теплообменников в диапазоне 1,0...3,0 при практически постоянной суммарной площади.

УДК 621.165

Л. Енджевски, П. Лампарт

МИКРОТУРБИНА ТЕСЛЫ ФРИКЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ МАЛОМАСШТАБНОЙ КОГЕНЕРАЦИИ

Турбины Теслы редко используются в коммерческих энергетических установках из-за их своеобразных рабочих характеристик и относительно низкого внутреннего КПД. Однако они располагают некоторым потенциалом для их применения в распределенных когенерационных системах энергоустановок малой мощности, а также для работы в органическом цикле Ренкина. В данной статье представлены результаты расчетов течения в трех моделях дисковых турбин Теслы, использующих азот в качестве рабочего тела. Показано, что модели турбин Теслы могут обеспечить приемлемую гидродинамическую эффективность порядка 30-40% и поэтому могут использоваться в энергетических установках малой мощности.

УДК 629.122:621.352

В.М. Горбов, М.А. Карпов

КОНЦЕПЦИЯ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ГЕНЕРАТОРОМ

Предложена концепция судовых энергетических установок, работающих на природном газе и дизельном топливе, с электрохимическими генераторами на основе расплавно-карбонатных и твердооксидных топливных элементов. Рассмотрены основные принципы и методы конверсии углеводородного топлива. Разработаны методы утилизации вторичных энергетических ресурсов в судовой электрохимической энергоустановке с целью повышения её эффективности и приведены схемные решения. Показаны возможности сопряжения основной судовой энергетической установки с электрохимической энергоустановкой.

УДК 621.438:

М.А. Тарасенко, А.И. Тарасенко

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕСУРСОВ В ГТД С ТУК НА ЧАСТИЧНЫХ РЕЖИМАХ

Рассматривается газотурбинный двигатель (ГТД), имеющий теплоутилизационный контур (ТУК) и промежуточный теплообменный аппарат между компрессорами. Компрессор считается состоящим из двух агрегатов. Компрессор до промежуточного теплообменного аппарата может иметь отдельный привод. Меняя температуру воздуха на выходе из промежуточного теплообменного аппарата можно поддерживать КПД установки достаточно высоким в широком диапазоне мощностей. Приведены результаты расчета для ГТД на базе одновальной схемы с использованием промежуточного теплообменного аппарата в режиме подогревателя воздуха.

УДК.621.43: 62-66: 62-62

Е.В. Белоусов, М.С. Агеев, Н.Н. Кобяков

КОМПЛЕКСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ СЕПАРАЦИИ ТОПЛИВА В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Рассмотрены вопросы комплексной утилизации отходов сепарации тяжелого моторного топлива в аппаратах имеющих общий тепло- и массообмен с другими элементами судовой энергетической установки. Выполнена укрупненная математическая модель процесса парогазовой газификации шламов с химической регенерацией теплоты и рециркуляцией отработавших газов на впуск двигателя. На основании численных экспериментов показана техническая выполнимость и экономическая целесообразность использования комплексной утилизации шламов при эксплуатации судовых установок с дизельными двигателями.

УДК 621.577

Р.Н. Радченко, Т. Бохдаль, Н.И Радченко

ОХЛАЖДЕНИЕ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ МАЛООБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА ТЕПЛОИСПОЛЗУЮЩЕЙ ЭЖЕКТОРНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНОЙ

Проанализировано использование теплоты уходящих газов и наддувочного воздуха судовых малооборотных дизелей для охлаждения воздуха на входе турбокомпрессоров теп-

лоиспользуемыми холодильными машинами. Рассчитаны величины снижения температуры воздуха, достижимые исходя из располагаемой сбросной теплоты при разных тепловлажностных условиях на входе. Определены границы эффективного применения комплексной утилизации сбросной теплоты малооборотных дизелей для охлаждения воздуха на входе турбокомпрессоров.

УДК 621.577

А.Н. Радченко, А. Стахель

ЭЖЕКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ СУДОВОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА

Предложены эффективные системы эжекционных вентиляции судового электрогенератора и кондиционирования вентиляционного воздуха. Эжекционные системы могут применяться для вентиляции электрогенератора наружным воздухом как простейшего варианта кондиционирования воздуха, а также для кондиционирования вентиляционного воздуха судового электрогенератора с его охлаждением теплоиспользующей холодильной машиной. Циркуляция воздуха в эжекционных системах осуществляется за счет энергии выпускных газов приводного дизеля. При этом исключаются энергетические затраты на циркуляцию вентиляционного воздуха. Приведены напорно-циркуляционные характеристики эжекционных устройств и схемные решения эжекционных систем.

УДК 621.57

Р.Н. Радченко, Н.И. Радченко, С.А. Охотин, В.Е. Казанцева

ЭКОЛОГОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕСНОЙ ВОДЫ НА СУДАХ

Проанализировано возможность получения пресной воды в результате конденсации водяных паров из влажного воздуха в процессе его охлаждения в поверхностном теплообменнике на входе наддувочного турбокомпрессора судового дизеля. Для охлаждения воздуха применена теплоиспользующая холодильная машина, утилизирующая теплоту уходящих газов и наддувочного воздуха. Рассчитаны количество получаемого конденсата и снижение температуры воздуха на входе турбокомпрессора при температуре и влажности наружного воздуха, меняющихся в течение рейса, а также достигаемое при этом сокращение потребления дизелем топлива.

УДК 621.577

Р.Н. Радченко, Н.И. Радченко, Т. Бес, А.А. Сирота

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА УХОДЯЩИХ ГАЗОВ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА

Проанализировано использование теплоты уходящих газов судового малооборотного дизеля для охлаждения воздуха на входе турбокомпрессора эжекторной теплоиспользующей холодильной машиной. Рассчитаны величины снижения температуры воздуха на входе турбокомпрессора и соответствующего сокращения удельного расхода топлива судового дизеля, достижимые исходя из располагаемой теплоты уходящих газов при разных температуре и влажности воздуха на входе на конкретной рейсовой линии. Показано изменение эффектив-

ности использования теплоты уходящих газов для охлаждения воздуха на входе судового дизеля на разных участках рейсовой линии.

УДК 621.577

А.Н. Радченко

ЭЖЕКЦИОННАЯ СИСТЕМА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА И ЗОНАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ СУДОВОГО МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Предложены эффективные эжекционные системы воздушного охлаждения электрогенераторов и локальной вентиляции судового машинного отделения в зонах расположения дизель-генераторов с повышенной интенсивностью тепловыделения. Циркуляция воздуха в эжекционных системах осуществляется за счет энергии выпускных газов приводного дизеля. При этом исключаются энергетические затраты на циркуляцию вентиляционного воздуха. Эжекционные системы могут применяться для вентиляции электрогенератора воздухом из машинного отделения и с его охлаждением теплоиспользующей холодильной машиной. Приведены напорно-циркуляционные характеристики эжекционных устройств и схемные решения эжекционных систем.

УДК 621.577

Д.В. Коновалов, А.Н. Радченко

ТЕРМОЭЖЕКЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА И СУДОВОГО МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Предложена термоэжекционная система вентиляции электрогенератора и судового машинного отделения в зонах интенсивного тепловыделения. Циркуляция воздуха в системе осуществляется путем использования эжектором энергии уходящих газов приводного дизеля. Для повышения давления на входе эжектора и, соответственно, производительности эжекционной системы вентиляции применен эффект тепловой компрессии, состоящий в увеличении давления газового потока в результате испарения воды, впрыскиваемой в перегретый газовый поток, предварительно ускоренный до скорости, близкой скорости звука. Приведены характеристики термopрессора и эжектора, а также схемные решения термоэжекционных систем.

УДК 621.57

Р.Н. Радченко, Н.И. Радченко

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ВНУТРИЦИКЛОВАЯ ТРИГЕНЕРАЦИЯ В ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Проанализировано целесообразность применения внутрициклового тригенерации в газотурбинных установках (ГТУ) компрессорных станций, когда холод, производимый эжекторной теплоиспользующей холодильной машиной, утилизирующей теплоту уходящих газов ГТУ, используется для предварительного охлаждения циклового воздуха, т.е. в термодинамическом цикле самих ГТУ. Охлаждение воздуха на входе ГТУ обеспечивает сокращение удельного расхода топливного газа. Определены значения снижения температуры воздуха на входе ГТУ и экономия газа для конкретных климатических условий эксплуатации компрессорных станций.

УДК 621.57

Н.И. Радченко, Рами Эльгерби

ОХЛАЖДЕНИЕ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЛИВИИ

Проанализирована эффективность использования тепла уходящих газотурбинных двигателей для охлаждения воздуха на входе теплоиспользующей эжекторной холодильной машины на низкокипящем рабочем теле, которая включает силовой и холодильный контуры. Показана зависимость теплового коэффициента и коэффициента эжекции, удельной холодопроизводительности холодильной машины и достигаемого снижения температуры воздуха от температуры кипения низкокипящего рабочего тела в силовом контуре машины. Значения снижения температуры воздуха на входе газотурбинных двигателей рассчитаны с учетом изменения климатических условий эксплуатации.

УДК 621.436

А.А. Гогоренко

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА ОХЛАДИТЕЛЕЙ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА НА ИХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Представлен способ определения влияния термического сопротивления слоев загрязнений поверхности теплообмена охладителя наддувочного воздуха на коэффициент теплопередачи. В эксперименте уточнены физические особенности загрязнителей со стороны воздуха. Экспериментально проверено, что влияние слоя загрязнителя на поверхности теплообмена со стороны воздуха на КПД охладителя наддувочного воздуха будет сравнительно небольшим. Установлено более значительное влияние загрязнения со стороны воды на изменение теплотехнической эффективности охладителя наддувочного воздуха с развитой поверхностью теплообмена и дан анализ причин изменения этого влияния.

УДК 621.515.003

*Ф.Г. Сорогин, Ю.Ф. Басов, П.Д. Жеманюк, В.П. Трофимов, А.В. Минячихин,
И.И. Петухов, Ю.В. Шахов*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГТП Д-336-2 С РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ ЦИКЛОВОГО ВОЗДУХА

Рассмотрены различные способы охлаждения циклового воздуха как средство повышения энергетической эффективности газотурбинных приводов. Обоснованы преимущества для этих целей мелкодисперсного распыла охлаждающей воды при высокой температуре входного воздуха. В этом случае проточная часть привода остается без изменений, а незначительные доработки выполняются только в воздухозаборном тракте. Определены допустимые расходы воды, преимущества жидкостной и пневматической форсунок. Приводятся расчетные данные о влиянии распыла воды на входе в компрессор на климатическую характеристику газотурбинного привода Д-336-2 с номинальной мощностью 6,3 МВт.

УДК 621.59:04

И.И. Петухов, Ю.В. Шахов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КРИОГЕННЫХ СТЕНДОВЫХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ СТРУЙНОГО ОХЛАДИТЕЛЯ ЖИДКОСТИ

Рассмотрены варианты модернизации наземной системы хранения, охлаждения и заправки жидким водородом блока Ц сверхтяжелой ракеты-носителя (РН) "Энергия" путем использования вместо традиционных теплообменных устройств струйного охладителя жидкости. Помимо значительного упрощения конструкции стенда и снижения его материалоемкости это позволяет реализовать замкнутую схему циркуляции жидкого водорода при термостатировании топливного бака РН. Таким образом обеспечивается не только экономия криокомпонента, но и повышается безопасность процессов заправки и термостатирования.

Предложенные в данной статье технические решения могут быть использованы при создании новых и модернизации существующих системы хранения, охлаждения и заправки жидким водородом топливных баков ракет-носителей.

УДК 621.548.5

Т.А. Пархоменко

ПАРАМЕТРЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОСЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Целью данной работы было определение качественных геометрических соотношений лопастной системы вертикально-осевой ветроустановки на этапе проектирования. На базе опытного образца были проведены испытания различных геометрических вариантов лопастей, определены оптимальные углы их установки и составлены необходимые соотношения для проектирования ветроколеса. Отмечено, что самозапуск ВЭУ практически невозможен при величине хорды, меньшей 10 % значения диаметра ветроколеса.

УДК

О.В. Ведерников, Р.А. Шевченко, А.А. Штыков

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МОЩНОСТИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ТВАД СО СВОБОДНОЙ ТУРБИНОЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Рассмотрена возможность обеспечения максимальных значений мощности ТВаД в условиях высоких температур окружающего воздуха путем использования закона регулирования с косвенным определением (пересчетом через измеряемые параметры) полной температуры газа перед турбиной компрессора. Определена целесообразность и сфера применения данного закона регулирования. Описана использованная на практике методика расчета параметров косвенного определения температуры газа перед турбиной компрессора через измеряемые параметры для одного из ТВаД, разрабатываемого на ОАО «Мотор Сич».

УДК 629.124:

Г.Ф. Романовский, А.А. Тарасенко

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА ПУСКА СУДОВОГО ГТД НА ЭВМ

Предлагается алгоритм моделирования динамики процесса пуска газотурбинного двигателя (ГТД). При моделировании процессов пуска используются, разработанные авторами, обобщенные характеристики компрессоров, турбин, устройств типа «газодинамическое сопротивление» и устройств перепуска полученные на основе использования газодинамических функций и общих соотношений. В качестве исходных данных используются параметры номинального режима. Приведен пример расчета процесса запуска. Процесс изображен на характеристике компрессора при различных мощностях стартера.

УДК 621.438

В.Т. Матвеевко, В.А. Очеретяный

РАБОТА КОМБИНИРОВАННЫХ ГТУ С ВОЗДУШНЫМИ УТИЛИЗИРУЮЩИМИ ТУРБИНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ НА ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМАХ

Представлены результаты исследований и разработок комбинированных газотурбинных установок (КГТУ) с воздушными утилизирующими турбинами на переменных режимах работы. В работе рассмотрены различные конструктивные схемы формирования КГТУ с утилизирующей воздушной турбиной (ВТ) в сочетании с основным ГТД, который может быть простого цикла, а также в двухконтурном исполнении. Показано, что как на номинальных, так и на переменных нагрузках эффективный КПД КГТУ выше, чем в ГТД простого цикла. Выбор конструктивной схемы КГТУ с ВТ зависит от области применения установки и условий ее функционирования. Для работы на всех режимах более приспособлена КГТУ с основным двухконтурным ГТД.

УДК 629.735

О.В. Кислов

О НЕПОДОБИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРА ГТД ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ

Рассмотрены линии совместной работы компрессора и турбины газогенератора при разных температурах воздуха перед ним. Показана зависимость их положения от температуры воздуха перед газогенератором. Смещение линии совместной работы при неизменной площади критического сечения за газогенератором объяснено нарушением подобия режимов работы газогенератора. Показано, что неподобие режимов работы газогенератора при разных температурах воздуха перед ним вызвано изменением относительного расхода топлива. Выявлены другие причины смещения линии совместной работы при изменении температуры воздуха перед газогенератором. Сформулированы условия подобия режимов газогенератора. Полученные результаты могут быть использованы при пересчете результатов испытаний газогенераторов в атмосферных условиях на условия, соответствующие условиям работы газогенератора в составе ГТД.

УДК 621.45.

Ю.Ф. Ахтеменко, А.Ю. Куценко

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГТП СЕМЕЙСТВА Д-336

В докладе представлены результаты исследования особенностей эксплуатации газотурбинных приводов (ГТП) разработки ГП "Ивченко – Прогресс" Д-336 мощностей (4, 6 и 10 МВт) в различных климатических условиях. Экспериментальные исследования ГТП проведены непосредственно на компрессорных станциях, расположенных в разных странах (Россия, Азербайджан, Узбекистан) и, соответственно, в различных климатических поясах (влажный субтропический, умеренный континентальный, резко континентальный). Проведенное численное моделирование процессов в турбовальном газотурбинном двигателе позволило оценить влияние климатических условий с учетом влажности и объяснить некоторые из имеющихся особенностей работы ГТП.

УДК 621.453.034.3:621.646.7

А.М. Грушенко, А.Л. Кирьянчук

О ВЗАИМНОМ ВЛИЯНИИ ПОТОКОВ СМЕШИВАЕМЫХ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВИХРЕВЫХ ТРАКТАХ ЖИДКОСТЕЙ НА НЕСТАБИЛИЗИРОВАННОМ НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ТЕЧЕНИЯ

Представлены результаты экспериментальных исследований взаимного влияния потоков двух смешиваемых жидкостей при их подаче в смесительные устройства гидродинамического типа на основе трактов с взаимно перекрещивающимися каналами. Приведены экспериментальные зависимости для цилиндрических вихревых трактов (ЦВТ) с различными геометрическими параметрами проточной части, которые связывают относительные массовые расходы смешиваемых жидкостей, поступающих на входы групп каналов корпуса и втулки тракта, с отношением их давлений подачи. Обобщение полученных результатов позволяет определить диапазон углов скрещивания каналов корпуса и втулки трактов, которые наиболее целесообразно использовать при создании двухкомпонентных смесительных устройств на основе ЦВТ.

УДК 621.45.01

М.М. Кудин, В.Ю. Бережной

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ КОМПРЕССОРА НА ПУЛЬСАЦИИ ПОТОКА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

Приведена расчетная оценка влияния основных геометрических размеров компрессора на прохождение через него в камеру сгорания пульсаций потока от работы входного устройства или при открытии клапанов перепуска воздуха. Для оценки разработана двухмерная линеаризованная нестационарная модель течения на основе уравнений Эйлера в цилиндрической системе координат. Аналитическая зависимость амплитуды пульсаций давления от геометрических параметров компрессора, а также компонент скорости и плотности воздуха была получена решением этих уравнений с использованием преобразования Лапласа. Расчетные оценки сопоставлены с результатами измерений пульсаций давления на двух двигателях.

УДК 629.735

А.С. Колядюк, Н.Г. Шульженко, И.Н. Бабаев

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ПАРА В РЕГУЛИРОВОЧНОМ КЛАПАНЕ ТУРБИНЫ

Приводятся результаты численного моделирования процессов течения пара в регулировочном клапане паровой турбины на стационарном режиме работы. Рассматривается совместная задача турбулентного течения пара и теплопроводности в корпусе клапана. Для численного решения используется программный комплекс ANSYS/CFX. Процессы турбулентности моделируются полуэмпирической моделью Ментера. Определяются линии тока пара по проточной части, температура корпуса и давление на его стенках. Устанавливаются области отрыва потока и завихрений, особенности его протекания через паровое сито. Результаты приводятся в виде рисунков.

УДК 519.63

А.В. Русанов, Д.Ю. Косьянов, А.И. Косьянова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЯВНОЙ СХЕМЫ РАСЩЕПЛЕНИЯ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСЗВУКОВЫХ ТЕЧЕНИЙ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Выполнено обобщение неявной разностной схемы расщепления для численного интегрирования уравнений Эйлера на неструктурированных сетках при моделировании невязких течений сжимаемого газа. Высокий порядок точности по пространству и отсутствие существенных осцилляций решений на разрывах обеспечивается с помощью специального способа построения кусочно-полиномиальной реконструкции. Апробация разностной схемы выполнена при решении задачи численного моделирования трансзвукового течения идеального сжимаемого газа в решетке профилей Хобсона. Показано улучшение согласования численных результатов и точного решения при увеличении степени полинома реконструкции.

УДК 517.977.5:519.23:62-135:533.6

А.А. Трончук, В.Е. Афанасьевская, М.Л. Угрюмов, А.В. Меняйлов

МОДЕЛИ И МЕТОД СТОХАСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ СИСТЕМНОГО АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТУРБОМАШИН

В работе предложен подход к системному совершенствованию, методология и реализующая их информационная технология робастного оценивания основных переменных и соответствующих им эксплуатационных допусков для турбомашин на основе применения методов стохастической оптимизации.

Рассмотрен метод построения квазирешений задачи системной модификации в условиях неопределенности входных данных при наличии ограничений на класс допустимых решений. Синтез квазирешения осуществлялся путем регуляризации поиска минимума сглаживающего функционала с использованием метода А.Н. Тихонова. Разработан эволюционный метод численного решения задач модификации в условиях неопределенности входных данных, основанный на использовании генетического алгоритма.

На основе разработанной методологии выполнено системное аэродинамическое совершенствование компрессора турбореактивного двухконтурного двигателя (ТРДД).

УДК 621.452.3:621.515

Л.Г. Бойко, Е.С. Барышева

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ В ВЫСОКОНАПОРНОМ ЦЕНТРОБЕЖНОМ РАБОЧЕМ КОЛЕСЕ

Представлено исследование трансзвукового течения в модельном осерадиальном рабочем колесе высоконапорного центробежного компрессора с промежуточными лопатками с помощью метода поперечного расчета и соответствующего программного комплекса AxSvm, разработанных в Национальном аэрокосмическом университете "ХАИ". Получена структура течения и суммарные характеристики рабочего колеса. Представлено сопоставление результатов расчета с опытными данными и результатами расчетов других авторов. Приведены результаты модернизации геометрических параметров модельного рабочего колеса.

УДК 621.45.037: 533.6

Л.Г. Бойко, А.Е. Демин, Д.А. Долматов, Ю.Ф. Басов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ В РАБОЧЕМ КОЛЕСЕ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА С ПОМОЩЬЮ 2D И 3D ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ

Проведен анализ информационной согласованности методов расчета различного уровня сложности и соответствующих комплексов программ, используемых в процессе проектирования для численного моделирования течения в рабочем колесе осевого компрессора NASA ROTOR 37. Получено удовлетворительное согласование между собой результатов расчета суммарных характеристик и экспериментальных данных, а также осредненных по шагу полей параметров потока в межлопаточных каналах. Показано, что метод 2D расчета и соответствующий комплекс программ AxSym_M может применяться при проектировании и усовершенствовании ступеней осевых компрессоров как самостоятельно при проведении многовариантных расчетов или параметрических исследованиях, так и вместе с 3D методами при проведении оптимизации лопаточных венцов осевого компрессора.

УДК 621.45.037: 533.6

Л.Г. Бойко, Е.С. Барышева, А.Е. Демин, Ю.П. Максимов, К.В. Фесенко

МЕТОДЫ РАСЧЕТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ В ОСЕВЫХ И ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРАХ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Представлены методы поперечного расчета до-, транс- и сверхзвукового течения в ступенях осевых и центробежных компрессоров и их элементах. Показано место методов расчета двумерного течения в процессе проектирования компрессорной техники. Представлены метод расчета дозвукового течения в многоступенчатом осевом компрессоре (МОК) с учетом турбулентного обмена между струйками тока, метод расчета трансзвукового осесимметричного течения в МОК ($M_{W1} < 1.3$) и метод расчета течения в высоконапорной осевой компрессорной ступени ($M_{W1} < 1.6$), а также метод расчета до-, транс- и сверхзвукового течения в компрессорных решетках профилей. Также представлены метод расчета дозвукового течения в центробежных нагнетателях и метод расчета до- и трансзвукового ($M_{W1} < 1.3$) течения в высоконапорных компрессорных ступенях. Проведена верификация представленных методов путем сопоставления результатов расчета с опытными данными и приведены ее результаты

УДК 621.45.037: 533.6

Л.Г. Бойко, А.Е. Демин, Ю.П. Максимов, Н.В. Пижанкова, Ю.Ф. Басов

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОНАПОРНОГО РАБОЧЕГО КОЛЕСА ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА НА ЕГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Представлены результаты численного исследования с помощью программного комплекса AxSym_M влияния на структуру течения в высоконапорном рабочем колесе (РК) осевого компрессора стреловидности лопатки и формы меридиональных обводов проточной части. Показано, что смещение линии центров тяжести профилей периферийного сечения вдоль линии хорды в направлении противоположном течению позволяет уменьшить по сравнению с исходным вариантом РК значение M_w на входе и его максимальное значение в межлопаточном канале, что приводит к повышению КПД. Использование конической и S-образной формы поверхности втулки дает возможность повысить нагруженность втулочных сечений, а поджатие потока за счет формы поверхности корпуса позволяет изменять положение скачка уплотнения в межлопаточном канале и степень диффузорности течения.

УДК 621.43.031.3

С.А. Алехин, В.П. Герасименко, Е.Н. Овчаров, В.А. Опалев

ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОЯРУСНЫХ РАБОЧИХ КОЛЕС ЦБК

Рассмотрены основные проблемы повышения напоров центробежных компрессоров. Представлен анализ влияния числа рабочих лопаток, относительного диаметра входа и угла выхода лопатки $\beta_{2л}$ на коэффициент мощности. Дано обоснование увеличения коэффициента мощности за счет применения многоярусных рабочих колес. Предложены рекомендации оптимального проектирования многоярусных рабочих колес ЦБК. Приведены результаты исследований двух- и трехъярусных рабочих колес в составе ЦБК. Переход к многоярусным колесам позволил повысить напор и КПД центробежных компрессоров. Применение таких рабочих колес существенно улучшает турбонаддув дизелей.

УДК 621.452

А.А. Михалкин, А.В. Бунчук, Ф.Г. Сорогин

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШИРОКОХОРДНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Были проведены сравнительные испытания двигателя с серийным колесом вентилятора и с широкохордными рабочими лопатками вентилятора. Выполнен анализ полученных данных измерения характеристик потока. Построены сравнительные характеристики по расходу воздуха через вентилятор и степени повышения полного давления для серийного вентилятора и вентилятора с широкохордными рабочими лопатками. Определены границы устойчивой работы двигателя с широкохордными рабочими лопатками вентилятора. Определена топливная эффективность двигателя с разными колесами вентилятора на различных режимах работы двигателя.

УДК 629.124:

Г.Ф. Романовский, А.А. Тарасенко

ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРОВ С УСТРОЙСТВАМИ ПЕРЕПУСКА ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ ОБОБЩЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Предлагается алгоритм построения характеристики компрессора с устройствами перепуска воздуха или системы компрессоров. При построении характеристик используются обобщенной характеристики компрессора и устройств перепуска полученные на основе использования газодинамических функций и общих соотношений. В качестве исходных данных используются следующие параметры номинального режима: степень повышения давления; адиабатический КПД компрессора; газодинамическая функция лямбда на входе в компрессор; газодинамическая функция лямбда на выходе из компрессора. Характеристика получена в системе координат, степень повышения давления–относительный приведенный расход на входе в компрессор и представлена в виде изодром.

УДК 629.735

Е. Швирыдчук, М. Шыманяк

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОТОКА В МОДЕЛЬНОЙ ТУРБИНЕ RWTH ААХЕНА

В статье рассматривается течение через модельную турбину RWTH, которая в прошлом неоднократно использовалась как контрольный пример исследований ERCOFTAC. Структура течения исследуется численно с помощью двух программ: FlowER и Fine TURBO Numesa. Результаты сравниваются с соответствующими экспериментальными данными, полученными для модельной турбины. Анализ позволил обнаружить основные вторичные вихри в течении за ротором турбины и приближенно сравнить их характеристические параметры: интенсивность и положение, с реальными структурами. Проведенное исследование подтвердило возможности использованных программ для качественного изучения явлений при нестационарном течении в турбомашине.

УДК 621.224

*А.В. Русанов, Ю.В. Городецкий, Д.Ю. Косьянов,
П.Н. Сухоревый, О.Н. Хорев*

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСЕВОЙ ПОВОРОТНО-ЛОПАСТНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

Представлены результаты расчетного исследования пространственного течения вязкой несжимаемой жидкости в проточной части вертикальной осевой поворотной лопастной гидротурбины, разработанной на напор 20 м. Проточная часть включала трапециевидную спиральную камеру, направляющий аппарат, рабочее колесо и отсасывающую трубу. Моделирование течения проведено на основе численного интегрирования уравнений Рейнольдса с двухпараметрической моделью турбулентности Ментера (SST) с помощью программного комплекса FlowER-U. Выполнен анализ структуры потока во всех элементах проточной части.

УДК 621.44.533.697

В.М. Лапотко, Ю.П. Кухтин, А.В. Лапотко

ПОЛНЫЙ АНАЛИЗ CLOCKING-ЭФФЕКТОВ В 1.5 СТУПЕНИ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ОТСЛЕЖИВАНИЯ СТРУЙ ТЕЧЕНИЙ ГАЗА

Выполнен полный анализ явлений clocking-эффекта с использованием метода отслеживания струй течений газа на примере 1.5 ступени газовой турбины. В качестве исследуемых параметров рассмотрены эффективность, акустические свойства турбины, аэромеханические условия эксплуатации рабочих лопаток, а также тепловая нагрузка лопаток второго соплового аппарата. Представленные результаты анализа свидетельствуют о том, что при использовании явлений clocking-эффекта особое внимание следует уделять анализу аэромеханических условий эксплуатации рабочих лопаток турбины

УДК 629.7.036.3

Нгуен Минь Суан, Нгуен Ван Тхинь, Данг Ван Кхиен

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОВЫХ ТУРБИН С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ (ГТСВО)

При работе авиационного газотурбинного двигателя детали турбины охлаждаются воздухом, вследствие чего обеспечивается прочность конструкции и технический ресурс. Однако при этом эффективность турбины и двигателя уменьшается. Причиной этого является расход воздуха, отбираемого от компрессора для охлаждения конструктивных элементов турбины, в том числе для охлаждаемых лопаток турбины. Для повышения эффективности турбины необходимы исследования влияния различных факторов связанных с выходом охлаждающего воздуха в проточную часть турбины. Исследование выполнено на модели современного авиационного газотурбинного двигателя АЛ-31Ф.

УДК 621.438:621.515

В.А. Шкабура

ИССЛЕДОВАНИЕ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ С ОБЩИМ РАБОЧИМ КОЛЕСОМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МАЛОРАЗМЕРНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

В рамках развития двигателей и энергетических установок рассмотрены вопросы совершенствования газотурбинных двигателей путём применения в их составе перспективных и новых типов турбомашин, в частности, турбокомпрессора с общим рабочим колесом (ТКО). Приведена схема ГТД с ТКО, позволяющая увеличить температуру газа перед турбиной и степень повышения давления в компрессоре ГТД, которая при обеспечении высокого уровня эффективности ТКО приведёт к росту удельной тяги двигателя и снижению удельного расхода топлива. Для определения эффективности применения ТКО в составе малоразмерного ГТД представлены результаты термодинамического расчета. В данной статье приведены некоторые положения теории влияния фактора размерности и степени парциальности на эффективность работы компрессорной и турбинной частей ТКО.

УДК 621.452.3.03:621.438.001:532.57-192

К. Маравилла Эррера, С.В. Епифанов

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ НА ВХОДЕ В РАБОЧЕЕ КОЛЕСО ТУРБИНЫ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ВЫРАБОТКИ РЕСУРСА

Рассматривается проблема учета индивидуальных особенностей двигателей при мониторинге выработки ресурса газотурбинных приводов наземного оборудования. Одним из параметров, определяющих температурное состояние деталей турбины, является значение коэффициента теплоотдачи в текущих условиях на входе в рабочее колесо. Его значение зависит от скоростей газа (в относительном и абсолютном движении). Для определения значения скоростей по известным значениям измеряемых параметров предложено восемь моделей, основанных на уравнениях рабочего процесса двигателя. Присутствующие в этих уравнениях значения неизмеряемых параметров предложено связать с параметрами, определяющими режим работы, регрессионными соотношениями. Для получения этих соотношений, выбора наилучшей из рассмотренных моделей и ее верификации использована поузловая термогазодинамическая модель рабочего процесса. Дополнительные исследования выполнены для обеспечения устойчивости модели скоростей к изменению технического состояния проточной части и условий работы двигателя. Рассмотрено десять возможных дефектов. В результате обоснован выбор наилучшей модели для определения скоростей.

УДК 629. 194. 34: 536. 468.

В.А. Щукин, Ф.М. Валиев, О.В. Дунай, Ф.В. Щукин

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПЛАМЕНИ ОДНОРОДНОЙ СМЕСИ

Представлена физико-химическая модель образования и выхода нормируемых токсичных веществ (несгоревших углеводородов HC, окиси углерода CO, окислов азота NO_x) и сажи из турбулентного пламени однородной гомогенной смеси.

Предлагаемый подход к анализу процесса образования загрязняющих веществ в горелочных устройствах взаимно увязывает химический механизм реакций и кинетику реакций с учетом особенностей, налагаемых процессом горения и турбулентностью, и согласует с термодинамикой. Позволяет получить полуэмпирические соотношения, качественно и количественно отражающие, с точностью до эмпирических постоянных, закономерности образования HC, CO, NO_x и сажи при турбулентном горении однородных углеводородо-воздушных смесей.

УДК 629.7.036.3

А.Н. Маркушин, А.В. Бакланов

ЭТАПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД СО СТУПЕНЧАТЫМ ПОДВОДОМ ВОЗДУХА ПО ДЛИНЕ ЖАРОВОЙ ТРУБЫ

В статье описываются этапы модернизации серийной камеры сгорания газотурбинной установки НК-16СТ. Исследуется, влияние конструкции горелочного устройства, перераспределение отверстий по длине жаровой трубы, изменение конструкции жаровой трубы на основные характеристики камеры сгорания. Подавление токсичных выбросов осуществляется «сухим» методом, т.е. без впрыска воды, пара или аммиака в тракт камеры сгорания.

Данные мероприятия были проведены с целью улучшения экологических характеристик ГТУ, что позволило значительно снизить уровень выбросов токсичных веществ по сравнению с серийной КС.

УДК 621.43.056

В.Л. Швецов, В.П. Решитко, М.И. Гринштейн, В.Е. Костюк, Е.И. Кириаш

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ГАЗА И ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТУ, ОСНАЩЁННОЙ СТРУЙНО-СТАБИЛИЗАТОРНЫМ ФРОНТОВЫМ УСТРОЙСТВОМ

Выполнено численное моделирование течения газа с горением и сложного сопряжённого теплообмена в кольцевой камере сгорания газотурбинной установки ГТЭ-190, оснащённой струйно-стабилизаторным фронтным устройством, с целью прогнозирования структуры течения, потерь полного давления, неравномерности температурного поля газа и теплового состояния камеры сгорания на этапе её проектирования. Трёхмерное реагирующее течение многокомпонентной газовой смеси, полагавшееся стационарным и несжимаемым, моделировалось системой осреднённых по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса, замыкаемых полуэмпирической моделью турбулентности $k - \epsilon$. Результаты численного моделирования подтвердили возможность прогнозирования характеристик камеры сгорания для опережающей разработки конструктивных решений и сокращения объёма испытаний.

УДК 537.523:538.4

А.А. Тропина

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛАМИНАРНОГО ПЛАМЕНИ

Получено аналитическое решение для скорости распространения ламинарного пламени для газа с внутренними степенями свободы с учетом зависимости константы скорости реакции от колебательной температуры. Показано, что увеличение вклада колебательной энергии в константу скорости реакции горения приводит к возрастанию скорости распространения ламинарного фронта пламени. Приведены данные о зависимости скорости распространения пламени от колебательной температуры для случая воспламенения неравновесной плазмой метановоздушной смеси стехиометрического и обедненного состава.

УДК 621.438

С.И. Сербин, А.Н. Маринец

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАПУСКА ГТД ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

Представлены результаты экспериментальных исследований плазмохимических систем в модельных камерах сгорания ГТД на низкосортном топливе. Приведены данные о коэффициенте полноты сгорания, компонентном составе, структуре и динамике развития плазмохимического факела. Проанализированы возможные места расположения плазмохимического устройства в газотурбинной камере сгорания. Наиболее предпочтительным является расположение плазмохимического устройства в начальных сечениях камеры сгорания. Полученная область запуска газотурбинной камеры

УДК 621.43.056

Д.А. Долматов

ГОРЕНИЕ НИЗШИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В СТАЦИОНАРНОМ ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ

Статья посвящена вопросам изучения и моделирования горения смесей углеводородов с низкими углеродными числами ($C_1 - C_2$) в стволе и окрестности стационарного дугового разряда. Рассмотрены особенности химической кинетики многокомпонентных реакций горения топлив в основных зонах топлива, установлена зависимость типа воздействия разряда на интегральные характеристики горения и поля концентраций в зависимости от зоны расположения электрического тока. Показана возможность управления путями развития химических и электрохимических реакций при помощи варьирования параметров и координат разряда.

УДК 621.43.056

Д.А. Долматов

РАЗРЯДНОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ГОРЕНИЯ В ЗОНЕ БЕДНОГО ПЛАМЕНИ

В статье рассматривается возможность использования стационарного электрического разряда в зонах с большим коэффициентом избытка воздуха для увеличения скорости и интенсивности реакции горения топлива и предотвращения затухания. Рассмотрены основные факторы, влияющие на эффективность применения разрядной стимуляции. Исследованы особенности генерации важных промежуточных компонент и изменение характеристик камеры сгорания при различном месторасположении дугового разряда. Приведены результаты математического моделирования электрохимических процессов в бедной смеси.

УДК 621.43.056+519.6

Д.А. Долматов

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ГОРЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ДУГОВЫМИ РАЗРЯДАМИ МАЛОЙ ДЛИНЫ

В статье рассматривается влияние электродугового разряда на поля параметров, эмиссию и интегральные характеристики авиационных камер сгорания. Исследована зависимость эмиссии NO_x и степени полноты сгорания топлива от мощности разряда и температуры горения. Получены поля параметров для высокотемпературной и низкотемпературной современных метановых камер сгорания. С помощью трехмерной математической модели высокого уровня проведен расчет вязкого течения в жаровых трубах, оценена величина потерь полного давления. На основании развернутых генеральных балансов получены поля распределения важнейших параметров в зоне горения.

КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ

УДК 621.452.3.03:621.822.6

В.Н. Доценко, С.В. Никитин, Е.А. Кононыхин

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА ТЕЛ КАЧЕНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ И ПОТЕРИ НА ТРЕНИЕ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ СО СТАЛЬНЫМИ И КЕРАМИЧЕСКИМИ ШАРИКАМИ

Рассмотрены вопросы влияния материала тел качения радиально-упорного шарикоподшипника на напряжения в точке контакта тела качения и колец подшипника. Для определения угла контакта была решена нестационарная нелинейная объемная задача взаимодействия шарика и дорожки качения. Определены значения контактных напряжений для керамических и стальных тел качения гибридного шарикоподшипника. Показано, что с точки зрения контактной прочности керамические тела качения рассмотренного размера имеют преимущества при частотах вращения более 7000 рад/с. Оценена удельная мощность трения в результате дифференциального проскальзывания тел качения по дорожке качения. Показано, что при низких частотах вращения интегральная мощность трения керамических тел качения по стальным кольцам подшипника мало отличается от мощности трения стальных тел качения, в то время как при частотах вращения порядка 7000 рад/с мощность трения керамических тел качения почти в два раза меньше мощности трения стальных тел качения.

УДК 621.452.3.03:621.822.6

С.В. Никитин

КРИТЕРИАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ГИБРИДНОМ ПОДШИПНИКЕ ПРИ СТРУЙНОЙ СМАЗКЕ

В работе предложена аналитическая зависимость с применением критериев подобия для определения потерь мощности при вращении шарикоподшипника. Новизна данного представления в том, что оно учитывает расход масла, это позволяет более точно оценить составляющую потерь, приходящуюся на перемешивание масла. Также, проведя сравнительный анализ экспериментальных данных для подшипников с шариками из нитрида кремния и из подшипниковой стали, показано, что методики, полученные для цельнометаллических подшипников, могут быть практически без изменений применены и к гибридным подшипникам в исследуемом диапазоне параметров.

УДК 621.822.5

В.И. Назин

АНАЛИЗ РАБОТЫ ДВУСТОРОННЕГО УПОРНОГО ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА

Показана необходимость применения гидростатических подшипников скольжения в качестве опор роторов газотурбинных двигателей. Проанализированы различные типы гидростатических подшипников и для выбранного типа подшипников предложена схема установки ротора на этих подшипниках. Разработана математическая модель двустороннего упорного гидростатического подшипника, позволяющая рассчитывать его основные характеристики. Выполнен расчет упорного гидростатического подшипника и проведен анализ результатов расчета. Показано, что необходимая несущая способность подшипника может быть обеспечена

подбором соответствующего давления питания смазки и величины зазора в подшипнике.

УДК 621.833.7

Б.В. Днистрян, С.И. Пшеничных

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ЗУБЬЕВ ГИБКОГО КОЛЕСА ВОЛНОВОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

В статье рассмотрено изменение геометрии зуба гибкого колеса ненагруженной волновой зубчатой передачи, а так же перемещения гибкого колеса в зацеплении. Представлено зацепление волновой передачи с учётом перекосов, возникающих по длине образующих вследствие деформирования гибкого колеса. Рассмотрены неравномерный контакт зубьев и неравномерное распределение усилий в зубчатой паре волновой передачи, возникающие за счёт неполной выборки зазоров. Предложены рекомендации по уменьшению массогабаритных размеров волновой зубчатой передачи, с учётом профилирования зубьев гибкого колеса.

УДК 621.452.3-762.4

Ю.В. Рублевский

УМЕНЬШЕНИЕ ИЗНОСА РАБОЧЕГО ДИАМЕТРА ЩЕТОЧНЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Представлено состояние работ по разработке и исследованию ЩУ для снижения утечек воздуха в авиационных и стационарных ГТД. Выполнены аналитические и экспериментальные исследования различных вариантов ЩУ с целью повышение их работоспособности. Установлено, что при введении смазки в зону контакта ЩУ с ротором в этой точке снижается температура. Что является показателем уменьшения трения, а следовательно и износа рабочего диаметра ЩУ. Это один из путей обеспечения стабильности расхода воздуха через ЩУ в течение всего ресурса ГТД.

УДК 519.868:621.791.92

М.Л. Воловодюк, Л.П.Кравченко

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННЫХ ЦИКЛОВ С УЧЕТОМ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ И ХАРАКТЕР РАЗВИТИЯ ВРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗАКАЛИВАЮЩИХСЯ СТАЛЯХ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ НАГРЕВЕ

Рассмотрен характер развития временных напряжений в закаливаемых сталях при локальном нагреве на примере стали 20ХНЗМ, которая широко применяется в машиностроении. С использованием методов моделирования термодформационных циклов в закреплённых образцах исследовано комплексное влияние физических параметров на развитие упруго-пластического деформирования металла при локальном нагреве.

УДК 621.43.056

С.И. Сербин, С.В. Вилкул

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ СТенок ЖАРОВОЙ ТРУБЫ ЖИДКОТОПЛИВНОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ИНСТРУМЕНТАМИ CFD И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Статья посвящена вопросам определения теплового состояния стенок жаровых труб жидкотопливных камер сгорания газотурбинных двигателей с помощью современных инструментов

вычислительной гидродинамики (CFD) и известных полуэмпирических зависимостей. Показана возможность применения численного эксперимента для определения структуры течений и температурного поля потока при сгорании жидкого топлива в камерах сгорания газотурбинных двигателей. Полученные в ходе моделирования данные позволили определить тепловое состояние жаровой трубы в наиболее теплонапряженных сечениях с помощью полуэмпирических зависимостей с учетом конвективного и лучистого теплообмена между факелом и жаровой трубой.

УДК 621.438:536.24

Н.Н. Салов, А.А. Харченко, В.М. Бубенцов

К РАСЧЕТУ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Предложен метод расчета температуры охлаждающего воздуха на переходных режимах работы авиационного газотурбинного двигателя. Отмечено, что температура охлаждающего воздуха существенно влияет на температурное состояние и прочностные характеристики деталей ротора, а характер ее изменения при смене режимов работы двигателя для авиационного ГТД и ГТД промышленного применения принципиально отличается. Рассмотрено изменение температуры охлаждающего воздуха, транспортируемого через ротор компрессора, на режимах прогрева двигателя, взлета, набора высоты и крейсерского полета самолета.

УДК 621.4

М. А. Щербаков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАДАЧ В ANSYS CFX

В статье представлена методика расчета коэффициента теплоотдачи на поверхностях обтекаемых тел в задачах гидрогазодинамики без моделирования материала самого тела. Показано влияние размера пристеночного элемента на результаты расчёта. Влияние размера сеточной модели на результаты расчёта исследовалось на примере модельных задач: обтекание бесконечного цилиндра и течения в U-образном канале, имеющем в зависимости от варианта гладкие или оребренные стенки. Практическое применение методики представлено на примере определения коэффициента теплоотдачи на поверхности пера лопатки турбины.

УДК 621.515

И.Е. Евдокимов

РАСЧЁТ СЛОЖНОГО ТЕПЛООБМЕНА В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ANSYS CFX

В статье представлены результаты исследования сложного теплообмена в выходном устройстве (ВУ) авиационного двигателя: в результате расчётов получено значительное расхождение с данными экспериментов для ВУ внутреннего контура, и совпадение с результатами замеров температуры ВУ наружного контура. В ходе исследования рассматривались часть факторов, влияющих на точность расчёта и являющихся причиной ошибок и погрешности. Точность окончательного расчёта теплового состояния наружного насадка говорит о правильном выборе модели излучения и метода описания теплофизических свойств газа.

Статья будет полезна инженерам и исследователям, занимающимся расчётом теплообмена высокоскоростных турбулентных потоков в авиационных двигателях и газовых турбинах.

УДК

В.В. Ананьев, П.М. Бывальцев, В.А. Властовский, Л.Ф. Ивчик

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛЁНОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА ТУРБИННЫХ ЛОПАТКАХ МЕТОДАМИ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ

Рассмотрена задача о расчете коэффициентов эффективности пленочного (заградительного) охлаждения на поверхностях турбинных лопаток. Для решения задачи были применены широко распространенные подходы, характеризующиеся различным уровнем сложности их реализации (1D, 2D, 3D). Наиболее простым из перечисленных является алгебраический метод, основанный на применении полуэмпирических формул. Следующим по уровню сложности является метод, основанный на моделировании вдува охладителя в рамках двухмерного пограничного слоя. Важное место в методе занимает уравнение для линии центра вытекающей струи. Пространственное моделирование пленочного охлаждения осуществлялось с использованием коммерческого пакета программ ANSYS CFX. Были выполнены тестовые расчеты коэффициентов пленочного охлаждения указанными методами. Задачи для выпусков охлаждающего воздуха на пластине и поверхностях турбинной лопатки были выбраны в качестве тестовых. Проведен сравнительный анализ численных результатов и экспериментальных данных. В рамках алгебраического подхода к расчету эффективности пленочного охлаждения в работе предложена полуэмпирическая формула, учитывающая направление вдува охладителя, кривизну поверхности, уровень турбулентности внешнего потока и отношение плотностей потоков импульса охладителя и основного течения. Точность предложенной методики продемонстрирована на тестовых примерах.

УДК 621.452.3.03:621.438-71

К.С. Епифанов, А. Сафи

ОХЛАЖДЕНИЕ ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ВЗЛЕТНОМ РЕЖИМЕ ПАРОВОЗДУШНОЙ СМЕСЬЮ

В современных газотурбинных двигателях температура рабочего тела существенно превышает рабочую температуру материала лопаток. Поэтому для обеспечения работоспособности лопаток используется система воздушного охлаждения. Одним из способов повышения ее эффективности является применение впрыска воды. Это позволяет снизить температуру охладителя и повысить интенсивность теплоотдачи в каналах охлаждения. Рассмотрен пример системы внутреннего конвективного охлаждения рабочей лопатки турбины высокого давления, который показал, что применение впрыска воды на взлетном режиме позволяет уменьшить отбор воздуха на охлаждение на 60% при сохранении ресурса лопатки, что обеспечит уменьшение удельного расхода топлива на 0,7%.

УДК

А.А. Ермолаев, А.В. Игнатьев, А.В. Стародумов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПОДВОДА ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА К РАБОЧИМ ЛОПАТКАМ НА ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТУРБИНЫ

Настоящая работа посвящена анализу результатов численного исследования различных схем подвода охлаждающего воздуха к рабочим лопаткам турбины. Для решения этой задачи использовались расчетный комплекс ANSYS CFX и комплекс для построения

сеток ICEM CFD. Показано, что применение безлабиринтного напорного кольца обеспечивает допустимое тепловое состояние деталей турбины. Рассмотрены данные термометрирования рабочих лопаток при различных вариантах системы подвода, которые качественно подтверждают результаты численного исследования. Представлено сравнение полученных результатов с данными расчетных и экспериментальных работ других авторов.

УДК 539.4-621.365.5

А.Р. Лепешкин, С.А. Лепешкин

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ЭФФЕКТА ПРИ НАГРЕВЕ ДИСКОВ, ВРАЩАЮЩИХСЯ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Разработаны трехмерные модели для расчета электромагнитных и температурных полей и параметров индукторов при нагреве вращающихся дисков в программном комплексе ANSYS. Проведено исследование нового эффекта при индукционном нагреве дисков, заключающийся в дополнительном выделении тепловой энергии в изделии за счет вращения. Проанализировано влияние частоты вращения на формирование мощности внутренних источников тепла во вращающемся диске с использованием разных индукторов. Приведены результаты исследований распределений температур во вращающихся дисках с использованием разных конструкций индукторов и получена оптимальная форма индуктора.

УДК 536-539.4

А.Р. Лепешкин, Н.Г. Бычков

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ЭФФЕКТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ В ПОЛЕ ДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ УСКОРЕНИЙ И СИЛ НА РАЗГОННОМ СТЕНДЕ

Предложен метод исследования нового эффекта температуропроводности и теплопроводности материалов в поле действия центробежных ускорений и сил. Разработано устройство для определения указанных характеристик на разгонном стенде с использованием вакуумной камеры в условиях центробежных ускорений и сил [1]. Приведены результаты исследований нестационарного нагрева теплопроводников в поле действия центробежных ускорений и сил. Теплопроводники установлены на диске. Из анализа результатов экспериментальных исследований следует, что температуропроводность теплопроводников возрастает при повышении частоты вращения. По полученным результатам представлены оценки температуропроводности и теплопроводности теплопроводников.

УДК 539.4-621.365.5

А.Р. Лепешкин

НОВЫЙ МЕТОД НАГРЕВА ВРАЩАЮЩИХСЯ ДИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Приведен обзор методов нагрева вращающихся дисков. Отмечена актуальность разработки энергосберегающих методов нагрева вращающихся дисков. Предложен новый метод нагрева вращающихся дисков с использованием постоянных магнитов. Представлены некоторые характеристики постоянных магнитов из редкоземельных сплавов, в частности, из самарий-кобальтовых сплавов. Приведены результаты исследований теплового состояния модельного диска, вращающегося в магнитном поле, созданном постоянными магнитами, на

разгонном стенде. Приведены рекомендации по применению постоянных магнитов с улучшенными характеристиками для нагрева малоразмерных вращающихся дисков.

УДК

Р.Л.Зеленский, Ф.Ф. Сиренко, Т.В. Кулик

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ И ФОРМЫ ДИСКА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕГО РАДИАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Исследуется влияние формы диска, а также режимы работы газотурбинного двигателя на динамические характеристики радиальных перемещений контрольных точек на поверхности диска. Переходные характеристики получаем вследствие ступенчатого изменения температур, а также коэффициентов теплопроводности и теплообмена с холодного состояния до определенного режима с использованием метода конечных элементов. Эти динамические характеристики радиальных перемещений необходимы для создания быстросчетных моделей двигателя с учетом изменения радиального зазора между статором и ротором на переходных режимах работы.

УДК 536.2

К.Б. Исаев, В.В. Ремесло

КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСПЛАВА МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Представлена конструкция устройства для получения расплава материалов в условиях одностороннего нагрева. Она предназначена для определения температурного поля в расплаве и подложке и на их основе определения теплопроводности расплава. Методика определения теплопроводности расплава материалов основана на граничном условии четвертого рода между подложкой и расплавом, решениях коэффициентной и граничной обратных задач теплопроводности. Представлены результаты экспериментального определения температурного поля в графитовой подложке и температура поверхности расплава олова, а также результаты определения температуры контакта расплав-подложка. Приведены результаты определения теплопроводности расплава олова. Получено удовлетворительное согласие с литературными данными.

УДК

В.В. Щенетов, А.Ю. Сидоренко

ДЕТОНАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ $FeAl_2$ ДЛЯ ЗАЩИТЫ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ОТ ИЗНАШИВАНИЯ

Результаты лабораторных испытаний, принятых в практике, показывает, что проведенные исследования свидетельствуют о целесообразности использования разработанных детонационных покрытий системы $FeAl_2-Ti-Si$ для повышения износостойкости и долговечности трущихся сопряжений, работающих в отсутствие смазки. Кроме того, применение указанных износостойких покрытий, как показали экономические данные, способствуют повышению качества и долговечности деталей, работающих в условиях трения, снижению затрат

на ремонтные работы и производство запасных частей, что, в конечном счёте, приводит к значительной экономии металлов.

УДК 536.2

*С.В. Бучаков, Ю.И. Евдокименко, К.Б. Исаев, В.М. Кисель,
В.В. Ремесло, В.В. Фролов Г.А.*

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Представлена методика определения коэффициента теплопроводности газотермических покрытий в условиях одностороннего конвективного нагрева. Она основана на граничном условии четвертого рода между подложкой и покрытием, решениях коэффициентной и граничной обратных задач теплопроводности. Представлены результаты экспериментального определения температурных полей в стальной подложке и температуры поверхности медного покрытия для двух условий нагрева. Приведены результаты определения теплопроводности медного покрытия, нанесенного на стальную подложку. Получено существенное отличие, как в поведении теплопроводностей медного покрытия и чистой меди с ростом температуры, так и в значениях их теплопроводностей. Предложено объяснение отличия теплопроводности медного покрытия от этой характеристики чистой меди.

УДК 629.786.085

Е.В. Войнич, Г.А. Фролов, В.С. Цыганенко

КВАРЦЕВАЯ СТЕКЛОКЕРАМИКА ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Показано, что при температурах выше 1800 К в кварцевой стеклокерамике, легированной оксидом хрома, образуется непрозрачный слой, обеспечивающий одновременное повышение излучательной способности, снижение скорости уноса и затухания проходящего сигнала СВЧ. На примере разработки слоистого керамического изделия с наплавленным покрытием из пентаоксида ниобия рассмотрена возможность использования кварцевой керамики в высокотемпературных технологиях. Повышена термостойкость слоистых изделий большого размера, предназначенных для замены платиновых тиглей при получении в промышленных условиях высокочистых соединений LiNbO_3 и LiTaO_3 для электронной техники.

УДК 621.735:2.043

А. П. Грубой, П.Г. Гакал, А. В. Третьяк

ПРОБЛЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ БОЛЬШОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Определены недостатки систем охлаждения турбогенераторов большой и средней мощности, указаны основные проблемы охлаждения сердечника статора, а также приведен вариант интенсификации теплообмена в активных частях турбогенератора. Вариант основан на специальном профилировании охлаждающих каналов статора с учетом перераспределения охлаждающего воздуха и тепловыделения в стержнях. В результате максимальная температура стержней понизилась примерно на 5°C , ресурс изоляции стержней увеличился при-

мерно на 25%. Так как стержни имеют наиболее низкий ресурс в конструкции турбогенератора, то данное усовершенствование значительно улучшает надежность конструкции.

УДК 631.7.04-197:631:7.019.12

В.О. Повгородний

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ НЕСВЯЗАННОЙ ТЕРМОУПРУГОСТИ

Экспериментально – теоретическое исследование термоупругих и теплофизических характеристик материалов приборов, а также элементов турбостроения осуществляется исходя из решения обратной задачи термоупругости. Обратная задача термоупругости решается с использованием уравнений Дюамеля–Неймана, Фредгольма и гранично-элементный аналог ядра интегрального оператора позволяет заменить эксперимент. Результаты расчета можно использовать как неотъемлемую часть проектирования объектов приборостроения и энергетического машиностроения (материалов паровых и газовых турбин), а также расчета их ресурса и выбора системы охлаждения.

УДК 536.5.08

Д.Ф. Симбирский, Г.Д. Симбирский

ПЛАНИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Методы параметрической идентификации сложных технических объектов широко применяются при их экспериментальных исследованиях. Являясь методами косвенных измерений параметров объектов, они должны завершаться определением нормативных показателей точности результатов, что в силу сложности проблемы обычно не выполняется. В связи с этим в докладе излагается и иллюстрируется разработанная в ХАИ методология построения совместных доверительных областей и интервалов определяемых параметров объекта с использованием его функций чувствительности.

УДК 669.14.018.44:539.4

Е.Р. Голубовский, Н.Г. Бычков, А.Ш. Хамидуллин, О.А. Базылева

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТАЛОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ СПЛАВА НА ОСНОВЕ Ni_3Al ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕТАЛЕЙ АГТД*

Представлены результаты экспериментального исследования термической усталости монокристаллов сплава ВКНА-1В на основе интерметаллида Ni_3Al в условиях термоциклов $100 \leftrightarrow 850^\circ C$, $100 \leftrightarrow 1050^\circ C$ и $100 \leftrightarrow 1100^\circ C$ с контролируемым напряжением в цикле. На основании результатов испытаний цилиндрических монокристаллических образцов с аксиальными кристаллографическими ориентациями $\langle 001 \rangle$, $\langle 011 \rangle$ и $\langle 111 \rangle$ получены расчётно-экспериментальные зависимости числа циклов до разрушения от размаха термических напряжений в цикле для каждой исследованной кристаллографической ориентации. Установ-

лено, что на базе $N=10^3$ термоциклов с максимальной температурой цикла 850 и 1050°C наибольшим сопротивлением термической усталости обладает аксиальная кристаллографическая ориентация $\langle 111 \rangle$, а при 1100°C на этой базе монокристаллы всех трёх ориентаций практически одинаково сопротивляются термической усталости. На базе $N=10^4$ термоциклов при максимальной температуре цикла 850°C наибольшее сопротивление имеет ориентация $\langle 111 \rangle$, а при температурах 1050°C и 1100°C – ориентация $\langle 011 \rangle$.

УДК. 621.438. 452.3

В.Н. Толорайя, А.Н. Петухов, М.Е. Колотников, С.В. Харьковский, Г.А. Остроухова

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОТЛИВОК НА ПРИМЕРЕ БЕЗУГЛЕРОДИСТОГО СПЛАВА ВЖМ5

Рассмотрены особенности формирования монокристаллических отливок из жаропрочных безуглеродистого сплава типа ВЖМ5 и основные характеристики прочности в сравнении с традиционными углеродсодержащими сплавами типа ЖС32. Сформулированы требования, регламентирующие отклонения по кристаллографической ориентации КГО и условия допустимости в отливках посторонних кристаллов и субзёрен, их размеры и морфологию, зоны в отливках, где такие отклонения могут допускаться. Приведены сравнительные характеристики прочности (длительной статической и многоциклового усталости) жаропрочных безуглеродистых сплавов отечественного ВЖМ5 и зарубежного CMSX-4.

УДК 629.7.063.3

Н.П. Великанова, П.Г. Великанов, А.С. Киселёв

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАРАБОТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА ДЛЯ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИН АВИАЦИОННЫХ ГТД

На основе результатов испытаний по ГОСТ 10145-81 «Металлы. Метод испытания на длительную прочность» был проведен анализ влияния эксплуатационной наработки на характеристики длительной прочности жаропрочного сплава для рабочих лопаток турбин авиационных ГТД. В рамках статистического анализа были решены следующие задачи: определение числовых характеристик для выборок с разным уровнем наработки; определение закона распределения характеристик жаропрочности; определение влияния эксплуатационной наработки на закон и числовые характеристики распределений. В результате были предложены модели для оценки ресурса рабочих лопаток турбин авиационных ГТД как при проектировании, так и при индивидуальной оценке ресурса.

УДК 620.178.2(045)

С.В. Щепак, Д.Н. Костенюк, Г.С. Сейдаметова, М.В. Лисовская

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЖИВУЧЕСТИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ПО ПАРАМЕТРАМ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА У КОНЦЕНТРАТОРА НАПРЯЖЕНИЙ

Проведено исследование особенностей зарождения и развития трещин усталости в конструкционном алюминиевом сплаве Д16АТ. Показано, что усталостная трещина формируется в плакирующем слое. Поврежденность материала вблизи концентратора напряжений

оценивается по насыщенности деформационного рельефа поверхности плакирующего слоя. Для количественной оценки деформационного рельефа и соответствующей поврежденности используется компьютеризированный оптический метод. Показана зависимость начальной скорости развития трещины от состояния материала у концентратора напряжений к моменту ее старта.

УДК 539.3:621

Ю.С. Воробьев, В.Н. Романенко, Л.Г. Романенко, В.А. Потанин, В.В. Тарасов

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ ДЛЯ ТУРБОНАДДУВА МОЩНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Исследовано статическое и динамическое напряженно-деформированное состояние рабочего колеса турбины турбокомпрессора с учетом центробежных сил, распределения температур и воздействия газового потока на лопаточный аппарат. Задача решалась методом конечных элементов в трехмерной постановке. Модель детально учитывает геометрию диска, пера лопатки, елочного замка и его взаимодействие с диском. Проведен анализ вынужденных колебаний лопатки турбины турбокомпрессора. Исследования позволили выявить зоны локализации напряжений и дать рекомендации по снижению их уровня на этапе проектирования конструкции.

УДК 539.376

А.М. Локощенко

СПЛЮЩИВАНИЕ ДЛИННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО РАВНОРАСПРЕДЕЛЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Проанализированы различные подходы при исследовании цилиндрических оболочек под действием внешнего равномерного давления. Рассмотрены оболочки, изготовленные из склерономных или реономных материалов, при малых и больших перемещениях, при разных видах начальных несовершенств и т.д. Основное внимание уделяется анализу поведения оболочек при больших перемещениях. Изучено сплющивание оболочек, находящихся в условиях установившейся или неустановившейся ползучести, при учете степенной и дробно-степенной моделей. Анализ результатов известных испытаний оболочек показал хорошее соответствие экспериментальных и теоретических значений времен сплющивания.

УДК 629.735.45:621.834

Д.В. Калинин, В.М. Ананьев, Е.В. Кожаринов, А.М. Плущевский

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В КОНЦЕНТРАТОРАХ НАПРЯЖЕНИЙ ВАЛОВ НЕСУЩИХ ВИНТОВ ВЕРТОЛЕТОВ

Представлены результаты исследования напряженного состояния вала несущего винта вертолета Ка-32. Проведено сравнение методов фотоупругости и МКЭ в исследовании напряженного состояния концентраторов напряжений трубчатых валов. Показана возможность использования современных численных методов для оптимизации формы концентраторов напряжений в высоконагруженных валах несущих винтов. Полученные результаты и зависимости коэффициентов концентрации напряжений от геометрии неоднородных участков

могут быть использованы для увеличения ресурса и повышения надежности главных редукторов вертолетов.

УДК 629.7.036:539.4

Р.П. Придорожный, А.В. Шереметьев, А.П. Зиньковский

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОХЛАЖДАЕМЫХ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ С ПОМОЩЬЮ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ

В работе разработаны 2D и 3D модели охлаждаемой рабочей лопатки турбины высокого давления и проведен сравнительный анализ результатов расчетов, полученных с помощью этих моделей. На основании результатов расчетов проведенных в 2D и 3D постановке установлены закономерности между НДС исследуемых рабочих лопаток, рассчитанных с помощью различных расчетных моделей. Показано, что для достоверной оценки напряженного состояния охлаждаемых рабочих лопаток турбин, обладающих высокой надежностью и требуемым ресурсом, необходимо как применение конечноэлементных 3D расчетных моделей, учитывающих условия их взаимодействия по контактирующим поверхностям, так и достоверных критериев прочности.

УДК 539.4

А.Р. Лепешкин, Н.Г. Бычков, П.А. Ваганов

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРЫВОМ ЛОПАТОК РАБОЧИХ КОЛЕС ПРИ ИСПЫТАНИЯХ КОРПУСОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА НЕПРОБИВАЕМОСТЬ

Рассмотрены известные методы обрыва лопатки при испытаниях на непробиваемость корпусов авиационных двигателей. Выявлены недостатки этих методов. Предложен недорогой и эффективный метод дополнительного нагружения сечения, по которому осуществляется обрыв лопатки. Метод обрыва лопатки заключается в перераспределении напряжений в заданном сечении лопатки при дополнительном ее термическом нагружении и в обеспечении квазихрупкого разрушения лопатки по указанному ее сечению на заданной частоте вращения ротора. Проведено расчетное моделирование управляемого обрыва лопатки. При использовании этого метода обеспечивается надежный управляемый обрыв лопатки в требуемом сечении на заданной частоте вращения без использования взрыва. Предложенный метод термоуправления обрывом лопатки был использован при проведении испытаний на непробиваемость корпуса вентилятора авиационного двигателя на разгонном стенде.

УДК 621.9.011

А.И. Дубин

О РЕЛАКСАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА

Рассмотрены вопросы, связанные с исследованием сопротивления усталости и параметров поверхностного слоя лопаток компрессора газотурбинного двигателя (ГТД) из титанового сплава ВТ6. Проводится сравнительная оценка комплексной вакуумно-плазменной обработки (КВИПО) поверхности и серийной (базовой) технологией. по параметрам релаксации остаточных напряжений. Исследуемые образцы вырезались из различных мест лопаток. Представлены результаты проведенных сравнительных испытаний на усталость по пер-

вой изгибной форме колебаний. Показано преимущество варианта КВИПО. Приводятся рекомендации по промышленному применению технологии КВИПО поверхности.

УДК 621.438:621.822

С.А. Букатый

РАСЧЁТ СТЯЖНОГО БОЛТА И ВАЛА РОТОРА КОМПРЕССОРА ГТД МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ЖЁСТКОСТЕЙ

Стяжной болт компрессора низкого давления (КНД) и вал ротора компрессора высокого давления (КВД) ГТД являются элементами сложных статически неопределимых и предварительно напряжённых систем. Усилие затяжки этих деталей при работе двигателя под действием газодинамических и температурных воздействий может изменяться в широких пределах и существенно отличаться от начального. Поэтому для упрощения конечно-элементного расчёта с оптимизацией размеров и свойств при подборе материала болта и вала предложен метод эквивалентной жёсткости. Показана методика определения эквивалентных жёсткостей элементов КНД и КВД. Дальнейший расчёт основан на классическом подходе – условиях равновесия и совместности деформаций элементов ротора.

УДК 531.78

В.П. Квасников, В.Н. Селенков

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ СТАНКА ДЛЯ РЕЗАНИЯ КЕРАМИКИ

Исследована проблема оптимизации конструкций станков для резания керамики и определения прочности их узлов. Приведен аналитический обзор исследования напряжений в деталях с использованием различных способов. Сделан анализ прочностных характеристик деталей экспериментального образца станка для резания керамического бруса пластического формования. Отмечено, что большинство деталей работают со значительным запасом прочности и есть возможность оптимизировать параметры деталей. Сделан анализ результатов эксперимента с использованием методов математической статистики.

УДК 539.3

И. И. Мележик, П. П. Гонтаровский, Н. Г. Шульженко

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНО-ПАРОВОЙ СРЕДЫ НА КИНЕТИКУ ТРЕЩИН В СОСУДАХ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ

Разработанная ранее методика расчётной оценки живучести высокотемпературных элементов энергетического оборудования развита на случай учета влияния влажно-паровой среды. Диаграммы циклической трещиностойкости задаются по значениям в отдельных точках для учета их сложной формы. Приводятся результаты расчётной оценки кинетики поверхностной трещины в стенке цилиндрической части барботажного бака на воздухе и во влажно-паровой среде энергоблока мощностью 1000 МВт. Результаты свидетельствуют о значительном влиянии влажно-паровой среды на живучесть элементов конструкции.

УДК 629.7.036:539.4

А.Н Михайленко, Т.И. Прибора

ПРОВЕДЕНИЕ ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ НА ПОЛНОРАЗМЕРНОМ ДВИГАТЕЛЕ

Рассмотрены особенности организации тензометрирования ответственных деталей роторов компрессоров ГТД. Место расположения токосъемника определяет конструкцию токосъемника. Отсутствие возможности расположения токосъемника во входной, холодной части двигателя вынуждает к установке последнего в горячей выхлопной зоне двигателя. Это, в свою очередь, диктует жесткие требования по обеспечению надежной работы токосъемника.

УДК 629.7.036:539.4

А. В. Шереметьев

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЧНОСТНОЙ НАДЁЖНОСТИ АВИАЦИОННЫХ ГТД НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ КОНСТРУКТИВНОГО ПОДОБИЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ

В статье приведено обоснование возможности обеспечения прочностной надёжности авиационных ГТД на основе использования концепции конструктивного подобия основных деталей. Рассмотрены результаты расчётно-экспериментальных исследований, свидетельствующие о том, что сравнение напряжённости деталей должно производиться в зонах однотипных концентраторов напряжений. Представлен подход, в соответствии с которым моделирование может производиться с заранее неподобными явлениями, если известен вид зависимости искомых величин от определяющих параметров. Показано, что наличие конструктивного подобия позволяет использовать накопленный опыт для создания новых авиадвигателей

УДК 629.7.036:539.4

Н.А.Шимановская, Д.Ф.Симбирский, И.Л.Гликсон, С.И. Шанькин

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД МОНИТОРИНГА ВЫРАБОТКИ РЕСУРСА АВИАЦИОННЫХ ГТД

Предложен упрощенный метод мониторинга выработки ресурсов основных деталей авиационных двигателей, предназначенный для учета выработки ресурса, в случае временной неработоспособности автоматизированного программного комплекса. Метод основан на использовании известного простейшего счетчика наработки и позволяет частично учесть влияние условий эксплуатации двигателя, в частности температуры на входе в двигатель, на количество выработанных типовых эксплуатационных циклов. На примере ряда основных деталей двигателя АИ-450-МС показано, что предложенный упрощенный метод мониторинга позволяет снизить уровень погрешностей известного простейшего счетчика наработки до двух раз.

С.Р. Игнатович, М.В. Карускевич, Е.Ю. Дорошенко

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАСТЕРОВ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА НА ПОВЕРХНОСТИ ПЛАКИРУЮЩЕГО СЛОЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Процесс формирования деформационного рельефа (ДР) на поверхности плакирующего слоя алюминиевых сплавов описывается с позиций образования и объединения кластеров вторичной фазы (ВФ) на плоских решетках с заданным координационным числом. Предложенная вероятностная модель описывает количество кластеров разной «массы» от общей концентрации ячеек ВФ. Теоретические результаты подтверждаются данными численного эксперимента. Обоснован критерий предельной концентрации кластеров, при которой процесс их накопления выходит на стадию насыщения. Расчетные оценки предельной концентрации хорошо согласуются с экспериментальными данными по насыщению ДР на поверхности плакирующего слоя при циклическом нагружении.

УДК

П.Г. Круковский, М.А. Метель, В.Г. Новиков

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНИХ РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ЛОПАТОК ГТД

Лопатки современных стационарных газовых турбинах защищаются металлическими покрытиями типа **mcraly**, ресурс таких покрытий определяется временем диффузионного ухода основного оксидообразующего элемента алюминия (al) из защитного покрытия. В данной работе коэффициенты моделей, в частности эффективный коэффициент диффузии al, в междиффузионной зоне предлагается определять с помощью решения обратных задач диффузии с использованием экспериментальных данных о распределении концентрации al при разных временах и температурах выдержек образцов с покрытиями в печах. Описаны физическая и математическая модели диффузионного перераспределения al в системе “окисел – покрытие – основной сплав”, полученная на основе анализа результатов экспериментальных исследований покрытий. модель позволяет рассчитывать количественное содержание al в покрытии, что дает возможность оценивать время его рассасывания, а, следовательно, и ресурс этого покрытия. По результатам эксперимента проводилась идентификация параметров модели с помощью решения обратных задач. в качестве критерия ресурса покрытий типа **mcraly** принималось время исчезновения β -фазы алюминия. Оценка средних рабочих температур покрытия в локальных точках лопатки также проводилась с помощью решения обратной задачи,- задачи поиска таких температур в этих точках, для которых расчетные значения остаточных содержаний al в покрытии были равны значениям, измеренным при сервисном анализе лопаток.

УДК

В.В. Веденеев, М.Е. Колотников, П.В. Макаров

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА РАСЧЕТНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОЧИХ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРОВ К ФЛАТТЕРУ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ В 3D ПОСТАНОВКЕ

Рассматриваются результаты моделирования задачи флаттера лопаток компрессоров ГТД в трехмерной постановке. Дается качественная и количественная оценка различных

факторов, влияющих на устойчивость рабочих лопаток к флаттеру. Анализу подвергнуты влияния расчетной невязки решения, размерности конечно-элементной сетки, модели турбулентности, числа моделируемых лопаток в рабочей ступени, количества итераций за период колебаний, числа периодов колебаний, величины амплитуды колебаний, наличия зазора между лопаткой и корпусом, моделирования бандажной полки, варьирования углом атаки, изменения формы колебаний в зависимости от насыщения узловыми диаметрами и допусков на геометрические размеры при изготовлении. Показано, что нестационарный газодинамический расчет трехлопаточной модели рабочей ступени с заданным законом колебаний по собственной форме, реализацией вперед бегущей волны деформаций, начиная с третьего периода колебаний дает удовлетворительный результат по верификации расчетной устойчивости к флаттеру экспериментальными данными. Предложенная методика определения прямой работы действия нестационарных сил на упругих перемещениях при колебаниях лопатки по собственной форме может быть использована для отстройки от флаттера рабочих колес компрессоров при проектировании новых конструкций ГТД.

УДК 621.51.226.2.53

А.А. Хориков, С.Ю. Данилкин, В.А. Телешев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАТОК ВЕНТИЛЯТОРА АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ОБЛЕДЕНЕНИЯ

Приведены результаты экспериментальных исследований колебаний лопаток вентилятора авиационного двигателя бесконтактным методом на специализированном стенде при имитации обледенения в полетных условиях. На основе сопоставления результатов спектрального анализа вибрационных характеристик двигателя без обледенения и в процессе обледенения показано, что при обледенении снижается устойчивость рабочих лопаток вентилятора к флаттеру. Поэтому типовые стендовые испытания авиационных двигателей на отсутствие флаттера лопаток вентилятора рекомендуется дополнить испытаниями с имитацией условий обледенения. Применительно к таким испытаниям следует модернизировать существующие системы диагностики аэроупругих процессов.

УДК 621.438

*А.И. Боровков, В.С. Модестов, И.Б. Войнов, М.С.Грицкевич, Н.О. Симин,
В.В. Кривоносова, В.В. Завгородний*

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ПОСЛЕДНЕЙ СТУПЕНИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ГАЗОВОГО ПОТОКА

Рассматривается численное моделирование и исследование аэроупругих колебаний лопаток рабочего колеса четвертой ступени газовой турбины с целью выявления возможности возникновения автоколебаний и последующего флаттера. Приведены результаты моделирования тестовых задач аэроупругости, подтверждающие правомерность и корректность выбранного подхода и инструмента моделирования. В качестве инструмента для расчетов использовались современные передовые технологии численного анализа, реализованные в пакетах численного моделирования ANSYS/Mechanical и ANSYS/CFX. Выполнено исследование влияния расхода на газа на характер динамического поведения лопатки.

УДК 62-762.6:621.438:539.433

А.Е.Занин, А.П. Зиньковский, А.В. Шереметьев

**О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРА
СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ
И ВИБРОНАПРЯЖЕННОСТИ РАБОЧИХ КОЛЁС
ТУРБИН АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Представлены результаты выполненных численных исследований по определению возможности отстройки от опасных резонансных колебаний рабочих колес турбин авиационных газотурбинных двигателей за счет незначительных изменений геометрических размеров их составляющих конструктивных элементов. Сформулирована модель новой лопатки и диска свободной турбины. Предложены рекомендации по установке тензодатчиков. Результаты вычислений сравниваются с данными экспериментов. Показано, что проведена отстройка от опасной частоты колебаний и получено хорошее соответствие проведенных вычислений с результатами тензометрирования.

УДК 539.3:621

Ю.С. Воробьев, М.А. Чугай, В.Н. Романенко, С.Б. Кулишов, А.Н. Скрицкий

**АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ГТД
С МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ЛОПАТКАМИ**

Работа посвящена численному анализу колебаний монокристаллических лопаток, используемых в современных газотурбинных двигателях. Рассматриваются особенности локализации вибрационных напряжений в монокристаллических охлаждаемых и неохлаждаемых лопатках газотурбинных двигателей. Анализируется влияние ориентации кристаллографических осей материала и типа бандажных связей на спектр собственных частот, формы и распределение интенсивностей напряжений при колебаниях рабочих колес газовой турбины с монокристаллическими лопатками. Обобщаются результаты предыдущих исследований.

УДК 539.3

Ю.С. Воробьев, М.А. Чугай

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ВИБРАЦИОННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛОПАТКАХ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ**

В работе проведен анализ колебаний монокристаллической лопатки с повреждениями. Расчеты проводились на основе трехмерных моделей методом конечных элементов с использованием специальных конечных элементов, которые отражают особенности напряженно-деформированного состояния в окрестности вершины трещины. При численном анализе учитывалось, что пространственная ориентация трещин в монокристаллических лопатках зависит от расположения кристаллографических осей. Исследовано влияние кристаллографической ориентации на собственные частоты, формы колебаний и распределение интенсивностей напряжений.

УДК 621.438

М. Р. Ткач, Ю. Г. Золотой, Д. В. Довгань, И. Ю. Жук

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ГТД МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Рассматривается экспериментальное определение динамических характеристик конструктивных элементов ГТД методом стробоголографической виброметрии в реальном времени. Исключение влияния паразитных полос интерференции и восстановление формы колебаний осуществляется по данным компьютерного фотометрирования интерферограмм при сканировании стробирующим импульсом фазы механических колебаний. Предложенная методика позволяет производить оцифровку интерферограмм без привязки к нулевой полосе и определить спектр собственных частот и форм колебаний конструкции с использованием одной опорной голограммы.

УДК 621.378:535

Р.Х. Макаева, А.Х. Каримов, А.М. Царева, Э.М. Фатыхова

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ГТД С ПРИМЕНЕНИЕМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Приведены результаты экспериментальных и численных исследований резонансных частот и форм колебаний прямоугольных консольно закреплённых пластин постоянной толщины и лопаток компрессора ГТД методами голографической интерферометрии и конечных элементов. Выявлены закономерности последовательности появления резонансных форм колебаний. Составлены систематизированные таблицы резонансных форм колебаний пластин, которые служат ориентиром при исследовании колебаний реальных лопаток. Предложен способ определения пропущенных гармоник. Результаты исследований применены при решении практических задач.

УДК 624.07:534.1

Е.В. Марценюк, А.И. Гаркуша, В.С. Чигрин

ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТА ТИПА «ЗАБОИНА» НА ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧИХ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА

Разработка методов, позволяющих с высокой достоверностью диагностировать как усталостное повреждение деталей ГТД, так и степень деградации механических свойств материала от температурно-силового воздействия в процессе эксплуатации является актуальной задачей. В представленной работе приведены результаты экспериментальных и расчетных исследований влияния повреждений типа «забойна» на частоту собственных колебаний лопатки. Рассмотрены частотные характеристики лопатки компрессора с различными повреждениями. Разработана твердотельная модель лопатки. В ходе сравнения результатов аналитического определения частотных характеристик с экспериментальными данными была проведена отладка модели. Отмечено, что существует определённая величина повреждений, при которой просматривается достаточно хорошее отклонение «ведущих» частот собственных колебаний рассматриваемых форм от частот колебаний эталонной лопатки.

УДК 539.3

С.В. Филипповский

НЕЛИНЕЙНЫЕ КОЛЕБАНИЯ РОТОРА НА ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ ПРИ ЗАДАННОЙ ВИБРАЦИИ ОСНОВАНИЯ

Получена модель колебаний ротора на двух опорах с шарикоподшипниками. Учтены гироскопические моменты диска, нелинейные упругие свойства и демпфирование шарикоподшипников. Для анализа полученной системы применены численные итерационные методы. Исследованы амплитудно-частотные характеристики ротора и области неустойчивости периодических режимов при одновременном действии дисбаланса диска и кинематическом возбуждении заданной вибрацией опор. Вблизи резонанса поперечных колебаний ротор имеет мягкую характеристику, а вблизи резонанса продольных колебаний – жёсткую характеристику.

УДК 62-755

А.Н. Горбенко

ОБЩАЯ СТРУКТУРА УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ РОТОРНЫХ МАШИН С АВТОБАЛАНСИРОМ ПАССИВНОГО ТИПА

В работе рассматривается проблема нелинейной устойчивости многомассового автобалансирующего устройства пассивного типа, установленного на произвольную роторную машину. Предложена классификация обобщенных координат, на основе чего получена общая математическая модель движения механической системы. Получена обобщенная система уравнений возмущенного движения. Показана возможность сокращения числа уравнений и независимых переменных для исследования устойчивости автобалансировки. Выполнен анализ структуры обобщенной системы уравнений движения. Рассмотрены особенности некоторых частных случаев.

УДК 669.293.782.018.44

Ю.Б. Назаренко

ПЛОСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ РОТОРОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА АНИЗОТРОПНО УПРУГИХ ОПОРАХ

Рассматриваются плоские колебания вращающихся роторов на анизотропных упругих опорах. При вращении роторов на анизотропно упругих опорах возникают гармонические нагрузки, которые действуют на вал и на диски роторов с частотой, равной удвоенной частоте вращения ротора, и возбуждают колебания роторов. В результате рассмотрения уравнений динамического равновесия вращающегося ротора на анизотропно упругих опорах при реализации им плоских колебаний разработана методика определения критических частот вращения ротора, основанная на создании эквивалентной модели, позволяющей простым путем с применением метода конечных элементов (МКЭ) получать искомые результаты при определении собственных частот колебаний ротора.

УДК 621.165:621.438:621.65.03

А.Г. Костюк, В.Ф. Шатохин, С.Д. Циммерман

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОСЛЕ ВНЕЗАПНОЙ РАЗБАЛАНСИРОВКИ МНОГООПОРНОГО РОТОРА С ОБКАТОМ НЕУРАВНОВЕШЕННОГО РОТОРА ПО СТАТОРУ

Приведен алгоритм и результаты численного моделирования движения неуравновешенного ротора с контактом со статором (задеванием о статор или обкатом по статору) после внезапной разбалансировки ротора. Предполагается, что жёсткость и демпфирование в опорах разные в горизонтальном и вертикальном направлении колебаний и зависят от скорости вращения ротора, на которой произошла разбалансировка ротора. Кроме этого, в месте контакта ротора со статором учитывается демпфирование, связанное с деформацией (перемещением) статора, которое может быть обеспечено специальными демпферными устройствами. Показано, что достаточное демпфирование в опорах ротора и в статоре, приводит к постепенному погашению явления обката, переходу к движению ротора по установившейся траектории (последнее зависит от многих факторов и, в том числе, от уровня разбалансировки ротора). Причиной развития асинхронного обката и значительных радиальных сил в точке контакта, как установлено, являются неконсервативные силы, возникающие в процессе контакта. По виду они идентичны силам в масляной плёнке подшипников скольжения и аэродинамическим силам рабочего потока в проточной части и уплотнениях турбины, вызывающим потерю устойчивости движения ротора.

УДК 621.7.09

С.М. Белобородов, И.В. Шибанов

БАЛАНСИРОВКА РОТОРОВ КОМПРЕССОРОВ И ТУРБИН С НЕСОВПАДАЮЩИМИ РАБОЧИМИ И БАЛАНСИРОВОЧНЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Приведен анализ причин возникновения дисбалансов роторов компрессоров и турбин авиационных газотурбинных двигателей и промышленных ГТУ. Дисбаланс, основной причиной которого является эксцентриситет балансировочной оси относительно оси вращения ротора, может превышать допустимые значения на порядки. Предложены методы балансировки, один из которых заключается в предварительном измерении биений вала в плоскостях коррекции относительно посадочных поверхностей под подшипники с последующей балансировкой с помощью снятия металла и установкой имитационных грузиков заданной массы, а другой основан на методе расчета взаимного эксцентриситета осей

УДК 539.3

З. Г. Ершова, В. И. Ершов

ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ИНТЕГРИРОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ КОЛЕБАНИЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПАНЕЛИ

Исследуются низкочастотные колебания тонкой цилиндрической панели, прямолинейный край которой предполагается свободным или слабо закрепленным, в результате чего формы потери устойчивости локализуются в окрестности прямолинейного края. Рассматриваются случаи, в которых граничные условия на одном из криволинейных краев взяты из группы заделки. При этом в окрестности этого края возникает краевой эффект. Для получе-

ния асимптотической формулы для параметра частоты колебаний цилиндрической панели выполнено исключение интегралов краевого эффекта из граничных условий на криволинейных краях. Проведено сравнение асимптотических результатов с численными результатами, полученными методом прогонки и методом конечных элементов.

УДК 629.7.054

В.Н. Мельник, В.В. Карачун

ЦИКЛИЧЕСКИ ДЕФОРМИРУЕМОЕ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБОЛОЧЕК В АКУСТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Циклически деформируемое напряженное состояние оболочечных фрагментов двигателей летательных аппаратов является не только наиболее часто встречаемым явлением, но и наименее изученным с точки зрения упругого взаимодействия материала с акустическим воздействием. Рассматривается трехмерная задача, дающая перспективы глубокого изучения природы явления. Определяются координатные функции оболочки с учетом особенностей эксплуатационной картины и граничных условий. Решается третья краевая задача упруго-деформированного состояния оболочки, когда ее свойства очерчиваются импедансной структурой. Вводятся корректирующие функции для обеспечения соответствия граничным условиям.

УДК 629.7.054

В.В. Карачун, В.Н. Мельник

РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ АКУСТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Анализируются оболочки специальной формы с произвольно очерченной линией меридиана. На основании соотношений Гаусса – Кодацци устанавливаются значения постоянных Ламе и радиусов кривизны, позволяющие по этим четырем параметрам задать поверхность с точностью до положения ее в пространстве. Формулируются условия, ограничивающие выбранный класс поверхностей. Устанавливаются значения геометрических размеров, когда правомочны упрощения при вычислении параметров Ламе и кривизны. Материал принимается линейно упругим, подчиняющимся закону Гука. Изучение явления ограничивается упруго-напряженным состоянием поверхности, до наступления остаточных явлений

УДК 629.7.054

О.Я. Ковалец

ОСЕНЕСИММЕТРИЧНОЕ АКУСТИЧЕСКОЕ НАГРУЖЕНИЕ ОБОЛОЧЕК

Авиационные двигатели, многие фрагменты конструкции которых могут рассматриваться как оболочки вращения, в натуральных условиях подвергаются, как правило, осенесимметричному акустическому нагружению. Такое упруго-напряженное состояние материала элементов двигателя летательного аппарата может привести к появлению необратимых деформаций. В работе рассматривается трехмерная задача. Определяются координатные функции оболочки при заданных граничных условиях. Полученные результаты создают необходимые предпосылки для количественного и качественного анализа состояния при осенесимметричном нагружении

УДК 621.671:532.528:629.76.017.2

Ю.А. Жулай, С.И. Долгополов

ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИЙ КОНСТРУКЦИИ И ПУЛЬСАЦИЙ ЖИДКОСТИ НА КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ ПИТАЮЩЕГО ТРУБОПРОВОДА

Получено выражение для коэффициента усиления питающего трубопровода жидкостной ракетной двигательной установки при совместных продольных колебаниях конструкции трубопровода с сильфоном, и жидкости в нем. Для конкретной системы питания показано, что взаимодействие продольных колебаний конструкции трубопровода и жидкости может существенно изменять модуль коэффициента усиления питающего трубопровода и его собственную частоту колебаний. Это обусловлено близостью частот колебаний парциальных систем конструкции трубопровода и жидкости, а также учетом демпфирования в трубопроводе.

УДК 531.133.1

Е.А. Игуменцев, Е.А. Прокопенко

МОМЕНТ ИМПУЛЬСА ЗАРЯЖЕННОГО ГИРОСКОПА

В работе рассмотрены свободное вращение и установившаяся прецессия гироскопа, широко применяемого в летательных аппаратах, под действием силы тяжести. Сила тяжести, стремящаяся опрокинуть гироскоп, фактически не вызывает, а лишь поддерживает результирующую прецессию. Для симметричного гироскопа, когда не действует внешний момент, частота вращения вдоль оси симметрии постоянна. В этом случае вектор момента импульса и ось симметрии не совпадают, в отличие от идеального шара. Установлено, что гироскоп в виде неидеального шара с малым значением эксцентриситета обладает всеми динамическими свойствами симметричного гироскопа и «почти» всеми свойствами идеального шара.

ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

УДК

И. П. Васильев, А. Меркле

ДВЕ СУДЬБЫ: РУДОЛЬФ ДИЗЕЛЬ И РОБЕРТ БОШ

Приводятся основные сведения из биографий двух выдающихся изобретателей, деятельность которых способствовала становлению и развитию двигателей внутреннего сгорания – Рудольфа Дизеля и Роберта Боша. Отмечены основные этапы их технических разработок, показана роль России в продвижении этих разработок, рассмотрена патентная политика двух изобретателей, уделено внимание малоизвестным фактам их биографий.

УДК 621.436

А.А. Лисовал, А.В. Вербовский, С.В. Кострица

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЯ

В статье описан процесс и результаты проверки адекватности математической модели САРЧ дизеля 4СН12/14. Адекватность разработанной динамической модели дизеля с газотурбинным наддувом проверяли в два этапа: первый – сравнением экспериментальных кривых внешней и частичных скоростных характеристик дизеля с расчетными кривыми, полученных с помощью динамической математической модели; второй – сравнением расчетных и экспериментальных кривых, полученных при разгоне дизеля на тормозном стенде с нагрузкой.

УДК 621.436:681.51

А.А. Прохоренко

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ДИНАМИКИ ДИЗЕЛЯ С АККУМУЛЯТОРНОЙ СИСТЕМОЙ ТОПЛИВОПОДАЧИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Получена система дифференциальных уравнений, описывающая динамические свойства дизеля без наддува с аккумуляторной топливной системой и позволяющая сформировать и реализовать математическую модель исследуемого объекта. Математическая модель двигателя дополнена уравнением регулятора. Модель позволяет расчетными методами определить рациональные параметры электронного регулятора с учетом анализа устойчивости системы и качества переходных процессов.

УДК 621.436

А.А. Прохоренко, Д.В. Мешков, Д.Е. Самойленко, И.В. Рыкова

ВЫБОР ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ФОРСУНКИ ДИЗЕЛЯ

Основным видом топливной аппаратуры современных дизелей является аккумуляторная система (типа Common-Rail) с теми или иными конструктивными особенностями [1].

Однако, при любой комплектации, главным узлом такой системы, обеспечивающим цикловую подачу топлива в цилиндр и ее регулирование, является форсунка с электрогидравлическим управлением (ЭГФ). ЭГФ представляет собой сложную гидравлическую систему, состоящую из полостей переменных объемов, каналов, золотников, клапанов и жиклеров, взаимодействующих между собой. Предлагаемая ниже методика позволяет провести предварительный выбор основных конструктивных параметров камеры управления при проектировании новой ЭГФ исходя из обеспечения работоспособности форсунки и ее быстродействия.

УДК 621.436.038

Ф.И. Абрамчук, А.Н. Кабанов, А.П. Кузьменко, М.С. Липинский

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПРОЦЕСС СГОРАНИЯ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Предложена методика решения задачи оптимизации регулировочных параметров, определяющих процесс сгорания газового двигателя. Предложены критерии качества для максимально полного описания параметров работы двигателя на конкретном режиме. Уточнён алгоритм выбора паретовских точек для трехмерного пространства. Получено поле оптимальных значений параметров процесса сгорания и характеристические карты малолитражного газового двигателя 4Ч7,5/7,35 с высокоэнергетической системой зажигания.

УДК 621.436.038

А.В. Грицюк, А.Н. Врублевский, Г.А. Щербаков, А.А. Овчинников

ОТРАБОТКА ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ АВТОМОБИЛЬНОГО МАЛОЛИТРАЖНОГО ДИЗЕЛЯ СО ВСЯЗАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Рассматриваются возможности нетрадиционной на данный момент системы гидропневмомеханического регулирования по управлению цикловой подачей и углом опережения впрыскивания топлива (УОВТ) автомобильного дизеля 4ДТНА1. Показана в условиях безмоторного стенда принципиальная возможность гибкого изменения цикловой подачи и УОВТ в зависимости от режима работы высокооборотного малолитражного дизеля.

УДК 629.03

А.В. Грицюк, А.А. Мотора, Е.В. Шаповалов, А.С. Жуков

АВТОНОМНЫЙ ДВУХРЕЖИМНЫЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОАГРЕГАТ ДЛЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В статье описана оригинальная конструкция автономного электроагрегата мощностью до 8 кВт, разработанного в КП ХКБД на базе высокооборотного малолитражного дизеля серии ДТА. Электроагрегат смонтирован в герметичном контейнере с виброизоляционной подвеской к стенке транспортного средства. Эксплуатация электроагрегата возможна как на транспортном средстве, так и в выносном варианте с установкой на грунтовую поверхность. Дизель имеет два рабочих диапазона частот вращения, выбираемых в зависимости от загрузки генератора.

УДК 621.43.003.

*С.А. Ероценков, В.А. Корогодский, А.А. Хандримайлов,
О.В. Василенко*

ОПЕРЕДЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСТАТОЧНЫХ ГАЗОВ В ДВУХТАКТНОМ ДВИГАТЕЛЕ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Экспериментально-аналитическим методом исследований определены значения коэффициента остаточных газов (γ) в двухтактном двигателе с искровым зажиганием при использовании карбюраторной системы питания и непосредственного впрыскивания топлива. Исследования проводились путем одновременного отбора проб газов из цилиндра и выпускной системы двигателя на такте сжатия, и с помощью трехмерного моделирования течения газов в цилиндре, впускной и выпускной системах. Адекватная математическая модель позволяет определить γ в двухтактном двигателе при внешнем и внутреннем смесеобразовании в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов работы

УДК 621.433:621.436.068

*И.В. Парсаданов, А.А. Теплицкий, В.В. Солодовников,
С.Ю. Белик*

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ

В работе дана оценка экологических характеристик автотракторного дизеля при работе на водотопливной эмульсии. Результаты исследований показали, что применение водотопливной эмульсии на основе стандартного дизельного топлива с эмульгатором, обеспечивающим длительное ее хранение, без изменения конструкции и регулировок автотракторных дизелей обеспечивает эффективное снижение уровня загрязнения окружающей среды токсичными компонентами отработавших газов.

УДК 621.436

С.П. Кулманаков, С.В. Яковлев

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ ВПРЫСКА НА ПРЕДПЛАМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДВИГАТЕЛЯ 1ЧН 13/14 С ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ АППАРАТУРОЙ «COMMON RAIL»

В данной статье рассматриваются материалы исследований рабочего процесса дизельного двигателя с объёмно-плёночным смесеобразованием с топливоподающей аппаратурой повышенного давления «COMMON RAIL», приведен метод исследования. В результате испытаний выявлено, что повышение давления впрыск топлива приводит к улучшению энергетических показателей двигателя на всём диапазоне изменения давления, в отработавших газах снижаются содержание твердых частиц и окиси углерода. Найдено значение давления впрыска, превышение которого ведёт к возрастанию механической напряженности деталей цилиндропоршневой группы и к возрастанию концентрации в отработавших газах окислов азота.

УДК 621.436

С.П. Кулманак

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ 1ЧН 13/14
С СИСТЕМОЙ ТОПЛИВОПОДАЧИ «COMMON RAIL»
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА**

Приведен аналитический обзор экспериментальных исследований рабочего процесса дизельного двигателя, оснащенного топливной аппаратурой Common Rail и использующего топлива на основе рапсового масла. В качестве топлив использовались рапсовое масло и этиловый эфир рапсового масла. Представлены экологические и экономические показатели при увеличении давления в гидроаккумуляторе. Приведены особенности рабочего процесса дизеля при работе на биотопливах. Предлагаются возможные пути оптимизации рабочего процесса дизеля при работе на биотопливах на основе рапсового масла.

УДК 621.43:662.6

А.В. Иващенко, В.Н. Горячкин

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА КАПЕЛЬ
БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

В работе приведены методика и результаты экспериментального исследования дисперсности распыла биодизельного топлива, а также смесей биодизельного топлива с нефтяным. Получена зависимость изменения размера образующихся капель от состава топливной смеси.

УДК 621.43.056

Н.И. Мищенко, В.Г. Заренбин, Т.Н. Колесникова, Ю.В. Юрченко, В.А. Субочева

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ЦИКЛА БЕНЗИНОВОГО
ДВИГАТЕЛЯ. Часть 2. Расчет, эксперимент, анализ**

Приведены результаты расчета рабочего цикла и экспериментальных исследований четырехтактного бесшатунного двигателя с разными способами регулирования нагрузки такими, как классический, Аткинсона, Миллера. Расчетно-экспериментальным путем получены нагрузочные и скоростные характеристики двигателей с разными способами регулирования нагрузки. Получены данные относительно влияния указанных способов регулирования нагрузки на мощностные и экономические показатели работы двигателя. Даны рекомендации относительно применения приведенных способов регулирования нагрузки в автомобильных двигателях внутреннего сгорания.

УДК 621.43.056

Н.И. Мищенко, В.Г. Заренбин, Т.Н. Колесникова, В.Л. Супрун, М.А. Бондаренко

**РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА
ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ В БЕСШАТУННОМ
БЕНЗИНОВОМ ДВИГАТЕЛЕ**

Кратко описана конструкция, разработанного в АДИ ДонНТУ, механизма изменения степени сжатия в бесшатунном бензиновом двигателе с кривошипно-кулисным механизмом. Экспе-

риментально исследовано влияние относительной площади проходного сечения гидрозамков, давления и температуры масла в механизме изменения степени сжатия на время срабатывания механизма в условиях безмоторной установки. Найдена между указанными параметрами приемлемая эмпирическая зависимость, с помощью которой проведены расчетные исследования. Отмечено, что механизм изменения степени сжатия обладает значительным быстродействием и имеет хорошую перспективу использования его в автомобильных бензиновых двигателях.

УДК 621.43:068.7

И.П. Васильев, А. Хейлиг, М. Кайзер, Ф. Динкелакер

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ БИОТОПЛИВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВПРЫСКА В КАМЕРУ С ПОСТОЯННЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Рассмотрена возможность создания смесевых биотоплив с заданными свойствами. Определено влияние свойств топлив на характеристики впрыска в камеру с постоянным давлением. Расчетным способом определены изменения наружной поверхности и объема струй. Выявлено, что при впрыске у биодизельного топлива, по сравнению с дизельным топливом, увеличивается наружная поверхность и объем струи. По величине среднего диаметра Заутера определены объем и наружная поверхность капель биодизельного топлива в сравнении с дизельным топливом. Хотя диаметр Заутера капель биодизельного топлива больше, чем дизельного топлива, но из-за увеличения объема струи объем капель биодизельного топлива выше, а уменьшение общей поверхности капель незначительное. При сгорании из-за более высокого содержания кислорода в биодизельном топливе наблюдается повышение КПД двигателя, снижение дымности отработавших газов, но фиксируется рост выбросов NO_x . Одним из путей снижения NO_x является добавка спиртов, в частности, метанола в биодизельное топливо, что позволяет снизить среднюю температуру сгорания.

УДК 621.43

А.М. Левтеров

ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ДВС, РАБОТАЮЩИХ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВАХ

Проводится анализ энергопотребления в стране и мире, условий появления альтернативных топлив и замены ими традиционного органического топлива. Обосновывается конкурентоспособность ДВС как основного преобразователя энергии на длительный период. Предлагается методология исследования основных характеристик транспортных поршневых ДВС, работающих на разного вида топливах, в соответствии с которой рассматриваются различные способы и средства адаптации двигателей к новым топливам, прогнозирование индикаторных показателей рабочих циклов и эффективных показателей двигателей, показателей токсичности отработавших газов и моторесурса двигателей, то есть тех показателей, которые определяют потребительские качества транспортного средства и двигателя в частности.

УДК 621.43.001.4

А.В. Белогуб, А.А. Зотов, Е.К. Гордиенко, Е.А. Сергеев, Ю.В. Чистяков

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ «БЕЗОПАСНОГО» ПОРШНЯ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ ВАЗ-21126

В работе проведен сравнительный анализ поршней разных производителей для двигателя ВАЗ-21126 автомобиля «Приора». Представлены результаты синтеза поршня, конструк-

ция которого представляет компромисс между требованиями конвейерного потребителя и потребителя вторичного рынка. Показаны особенности конструирования и расчета напряженно-деформированного состояния, технологии получения отливки и механической обработки. Предложен комплексный показатель для сравнения представленных на рынке поршней, показано, что поршень предлагаемой конструкции может успешно конкурировать на вторичном рынке.

УДК

Б.Г. Тимошевский, М.Р. Ткач, А.С. Митрофанов, А.С. Познанский, А.Ю. Проскурин

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОРШНЕВОГО ДВС С СИСТЕМОЙ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ БИОЭТАНОЛА

Рассмотрены перспективы использования биоэтанола в качестве топлива в современных ДВС. Описана возможность реализации способа термохимического преобразования биоэтанола в синтез-газ. Описано конструкцию и принцип действия испытательной установки для исследования параметров работы двигателя с системой термохимической конверсии биоэтанола. Получены зависимости степени конверсии биоэтанола от основных параметров процесса паровой конверсии и геометрических характеристик реактора. Проведен сравнительный анализ индикаторных диаграмм при работе двигателя на синтез-газе, пропане и бензине.

УДК 621.431

Б.Г. Тимошевский, М.Р. Ткач, А.С. Митрофанов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА В ЦИЛИНДРЕ ДВС

Представлена математическая модель процесса сгорания синтез-газа в поршневых двигателях с искровым зажиганием. Отличительной особенностью модели является учет скорости распространения фронта пламени в цилиндре в зависимости от состава синтез-газа. Подробно описан способ определения площади фронта пламени, а также объема выгоревшего синтез-газа в зависимости от геометрических особенностей камеры сгорания и скорости выгорания синтез-газа. Установлена адекватность этой модели путем сравнения результатов математического моделирования и известных экспериментальных данных. Расхождение этих результатов не превышает 8%, что является достаточно приемлемым при моделировании рабочих процессов ДВС

УДК 621.436: 539.3: 621.74

В.И. Алёхин, А.В. Белогуб, О.В. Акимов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ ЛИТЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОРШНЯ

В данной публикации, посвященной проблеме обеспечения надежной работы и технического совершенства литых деталей поршней для двигателей с принудительным воспламенением, рассматривается исследование влияния размеров литейных дефектов на величину полей напряжений с использованием метода гребневого анализа математических моделей.

УДК 621.438:66.045.1:536.27

А.Н. Ганжа, Н.А. Марченко

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАЦИОНАРНОЙ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ С УЧЕТОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В РЕГЕНЕРАТОРЕ-ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕ

Разработаны математические модели и алгоритмы системного анализа газотурбинной установки с учетом эффективности работы воздухоподогревателя и распределения в нем локальных теплогидравлических параметров. Для стационарной газотурбинной установки разработаны и проанализированы варианты конструкции трубчатого регенератора. Определен максимальный эффективный КПД установки, который можно получить с использованием регенератора выбранной конструкции.

УДК 621.43.016.4

А.П. Марченко, В.В. Шпаковский, В.В. Стариков

ПОЛУЧЕНИЕ КОРУНДОЭЛЕКТРЕТА ПРИ ГАЛЬВАНОПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Рассматривается способ получения электрета на деталях из алюминиевых сплавов способом гальваноплазменной обработки, а также результаты экспериментального измерения плотности поверхностного заряда. Установлено, что плотность поверхностного заряда корундоэлектрета на деталях из алюминиевого сплава составила $-3,9 \cdot 10^{-8}$ Кл/см². При этом количество электронов, образующих поверхностный заряд и определяющих величину электретного эффекта n_e составило $\approx 24,34 \cdot 10^{10}$ 1/см².

УДК 621.43.016.4

А. П. Марченко, В.В. Шпаковский

ВЛИЯНИЕ КОРУНДОВОГО СЛОЯ НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПОРШНЕЙ НА ПРОЦЕСС СГОРАНИЯ В ДВС

В работе проанализированы результаты ранних исследований повышения мощности дизелей, оснащенных поршнями с керамическим покрытием, проведены сравнительные испытания на моторном стенде со снятием индикаторных диаграмм тракторного дизеля и реостатные испытания тепловозных дизелей с серийными и с поршнями с корундовым слоем. Подтверждено экспериментально и является постулатом утверждение о повышении эффективности ДВС при работе с поршнями с теплоизолирующим корундовым слоем. Дано теоретическое обоснование повышения эффективности ДВС с поршнями с корундовым слоем.

УДК 621.43.016.4:621.45.01

В.В. Матвеевко, В.А. Пылев, А.В. Матюха

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОЙ ПРОЧНОСТИ ПОРШНЯ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ УЧЕТЕ ЛОКАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

В статье выполнен анализ влияния особенностей задания граничных условий теплообмена поршня на его ресурсную прочность. Проведены расчеты температурного состояния

поршня для дизеля 4ЧН12/14 при локальных симметричных и несимметричных граничных условиях теплообмена в камере сгорания. Выполнено прогнозирование ресурсной прочности поршня с использованием моделей эксплуатации автомобильного, комбайнового и тракторного двигателей. Показана необходимость учета локального несимметричного теплообмена в камере сгорания.

УДК621.436: 539.3: 621.74

С.Б. Таран, О.В. Акимов, А.П. Марченко

ПОВЫШЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ ЧУГУННЫХ ПОРШНЕЙ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВС ПУТЕМ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДНИЩА

Приведена сравнительная оценка влияния поверхностного упрочнения поршневого материала – чугуна с вермикулярным графитом (ЧВГ) на термическую выносливость. Показана возможность ее повышения путем электроискрового легирования медью. Лучшие результаты достигнуты на образцах из алюминиевого ЧВГ по сравнению с образцами из стандартного ЧВГ.

УДК621.436: 539.3: 621.74

С. Б. Таран

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ ЧУГУНА ДЛЯ ПОРШНЕЙ ВЫСОКОФОРСИРОВАННЫХ ДВС

В статье показана возможность ускоренной оценки термической выносливости чугуна с помощью специального критерия (Кт.в.), основной составляющей которого является работа деформации образцов в упруго-пластической области. Обеспечение корректных результатов возможно при условии стабильности получения заданного коэффициента степени компактности графитных включений (Q_r) в чугуне, полученного с помощью компьютерной обработки металлографических шлифов.

УДК 621.43.016

А.В. Тринец, В.Т. Коваленко, С.В. Обозный, А.Н. Клименко

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКАЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГОЛОВКИ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЯ КАМАЗ В БЕЗМОТОРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

В статье анализируются результаты безмоторного эксперимента с моделированием локального воздушного охлаждения (ЛВО) индивидуальной головки цилиндра (ГЦ) дизеля КамАЗ при эксплуатационных температурах. Подтверждена целесообразность разработок систем ЛВО на форсированных дизелях автотракторного типа с целью улучшения теплового состояния ГЦ и деталей клапанного узла. Экспериментально получен существенно больший эффект по снижению температуры охлаждаемого седла выпускного клапана и самого клапана, достигнутый за счет более высокой теплопроводящей способности материала ГЦ и усовершенствования конструкции седла, по сравнению с ранее полученным в моторных и безмоторных экспериментах.

УДК 621.438:

А.И. Тарасенко

КРУТИЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В СУДОВЫХ ВАЛОПРОВОДАХ С МАЛООБОРОТНЫМИ ДИЗЕЛЯМИ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ

Рассматривается малооборотный дизель как крутильная система с распределенными параметрами, состоящая из маховиков (отсеков цилиндра, гребного винта), соединенных валами. Валы могут быть невесомыми (только жесткость) либо иметь распределенные параметры. К валам могут быть приложены распределенные крутящие моменты, обусловленные гистерезисом материала валов или демпфированием в подшипниках. Приведена методика расчетов параметров крутильных колебаний при стационарных и переходных процессах системы дизель–валопровод–гребной винт с учетом распределенных крутящих моментов и переменных диаметров валов валопровода.

УДК 621.436

А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ

Выполнена экспериментальная проверка методики определения оптимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля при работе по характеристикам постоянной мощности. Предлагается выбор направлений корректировки зависимости оптимальной частоты вращения коленчатого вала от мощности двигателя. Показаны особенности работы дизеля по оптимизационной характеристике для решения задач снижения расхода топлива и токсичности отработавших газов. Получена зависимость относительной оптимальной частоты вращения и потенциального снижения удельного расхода топлива от уровня мощности двигателя. Дан анализ снижения токсичности отработавших газов при работе дизеля по оптимизационной характеристике.

УДК 621.436

С. И. Тырловой

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО РЕГУЛЯТОРА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ

Приведена имитационная модель электронного регулятора частоты вращения высокооборотного автомобильного дизеля с распределительным топливным насосом фирмы Bosch. Выполнено моделирование переходных режимов дизеля с механическим и электронным регуляторами. Проанализировано влияние типа регулятора на характер и устойчивость переходных режимов дизеля. Сопоставлены эксплуатационные показатели дизеля с механическим и электронным регуляторами. Полученные данные позволяют оценить расход топлива, время разгона, выделение сажи в переходных процессах автомобильных дизелей с топливными насосами высокого давления, оснащенных регуляторами различного типа.

А.Н. Радченко, Д.В. Коновалов

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩАЯ УСТАНОВКА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ДИЗЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА

Проанализировано охлаждение и осушение воздуха на входе турбокомпрессора судового дизеля теплоиспользующей установкой кондиционирования воздуха, утилизирующей теплоту уходящих газов. Показана возможность получения пресной воды путем конденсации водяных паров из влажного воздуха в процессе его охлаждения в поверхностном теплообменнике на входе наддувочного турбокомпрессора. Определены количество получаемого конденсата и снижение температуры воздуха на входе турбокомпрессора при температуре и влажности наружного воздуха, меняющихся в течение рейса, а также достигаемое при этом сокращение потребления дизелем топлива.

УДК

Р.А. Варбанец, Ю.М. Кучеренко, А.И. Головань

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУДОВОЙ ГЛАВНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Определение параметров рабочего процесса судовых дизелей в эксплуатации производится с помощью современных компьютерных диагностических систем. Индикаторные параметры, характеризующие качество протекания рабочего процесса, определяются путем анализа диаграмм давления газов в цилиндрах (индикаторных диаграмм). В связи с тем, что все судовые дизели (средне- и малооборотные) снабжены стандартными индикаторными кранами, эта процедура достаточно оперативно производится в процессе эксплуатации. В правилах морского Регистра даже указана возможность проведения индицирования путем переноса одного датчика с цилиндра на цилиндр. Имеется ввиду допущение о незначительном изменении условий индицирования, т.е. нагрузки двигателя, в течение короткого времени индицирования последовательно всех цилиндров. Кроме того, развитие и применение на практике методов алгоритмической синхронизации данных индицирования ускоряет процесс получения индикаторных параметров рабочего процесса, делает его универсальным, не требующим предварительной трудоемкой подготовки двигателя.

УДК

Р.А. Варбанец, Ю.М. Кучеренко, А.И. Головань

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Известно, что существует техническая проблема непосредственного определения мощности и расхода топлива в процессе эксплуатации морских судов с помощью разного рода расходомеров. Практически невозможно объяснить колебания этих величин в широком диапазоне без учета внешних условий эксплуатации. В некоторых on-line системах слежения практикуется оценка расхода топлива с помощью расчетных моделей методами вычислительной гидродинамики. Не вдаваясь в технические подробности можно отметить, что без учета внешних факторов они работают весьма приблизительно. Например, при плавании по

реке с переменным фарватером, с переменной глубиной и течением, оперируя только скоростью судна по GPS нельзя точно оценить требуемую мощность СЭУ и, тем более, расход топлива.

УДК 621.43

А.И. Крайнюк, С.В. Алексеев, А.С. Ковтун

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ НАДДУВА КОД С ГЛУБОКИМ ОХЛАЖДЕНИЕМ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА

Рассмотрены особенности организации рабочего процесса системы наддува каскадного обмена давления с глубоким охлаждением наддувочного воздуха. Приведены результаты испытаний опытного образца системы наддува на безмоторном стенде. Выявлена закономерность усиления эффекта охлаждения наддувочного воздуха при повышении нагрузочного режима комбинированного двигателя. Показана способность системы наддува обеспечить высокий уровень наддува при одновременном охлаждении наддувочного воздуха до температуры ниже окружающей среды без привлечения дополнительной механической энергии на осуществление холодильного цикла

УДК 621.43.068.4

А. П. Строков, А. Н. Кондратенко

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МОДУЛЯ ФИЛЬТРА ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ БЫСТРОХОДНОГО ДИЗЕЛЯ. Часть 2

В работе сформулированы требования к конструктивным параметрам фильтра твердых частиц дизеля. Проведена оценка гидравлического сопротивления модуля для нескольких вариантов конструкции фильтра. Сформулированы рекомендации для уточненного расчета гидравлического сопротивления модуля фильтра твердых частиц дизеля.

УДК 629.4.018

А.П. Поливянчук, Е.А. Холкина, Е.А. Гречишкина, И.Н. Свистун

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО И КОМПЕНСАЦИОННОГО СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ В МИКРОТУННЕЛЕ

Исследована эффективность компенсационного способа измерения массового расхода отработавших газов дизеля в микротуннеле путем сравнения его с дифференциальным способом по критерию точности используемого измерительного оборудования.

УДК 621.432

В.А. Жуков

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ДВС

Статья посвящена оценке перспектив использования высокотемпературного охлаждения комбинированных двигателей с целью повышения их энергетической эффективности.

Исследования влияния температурного уровня системы охлаждения проведены для двигателя семейства ЯМЗ-840. Результаты исследований свидетельствуют о возможности повышения экономичности ДВС путем перехода на высокотемпературное охлаждение и предпочтительные области использования высокотемпературного охлаждения. Предложены направленные конструктивных модернизаций двигателя, обеспечивающих эффективность и надежность высокотемпературного охлаждения.

УДК 621.43

В. А. Жуков, Е. Н. Николенко

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОБАЛАНСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В статье представлена система автоматизированного сбора информации в процессе испытаний двигателей внутреннего сгорания, позволяющая исключить субъективные ошибки при проведении измерений. Представлена функциональная схема системы сбора информации, описаны принципы ее работы. Система может быть использована для измерения параметров систем смазки и охлаждения при исследовании составляющих теплового баланса двигателей внутреннего сгорания, с целью повышения их эффективности. Система может использоваться в учебных и научных работах

УДК 621.43.052

Ю.Л. Мошенцев, А.А. Гогоренко, Д.С. Минчев

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЗОВ

Рассмотрены существующие и альтернативные схемы систем охлаждения для двигателей современных магистральных тепловозов. Предложен метод сопоставления различных схем систем охлаждения с целью выбора наиболее компактной и эффективной. Предлагается применение малорасходных систем как наиболее совершенных. На основе предлагаемого метода выбрана рациональная схема системы охлаждения, позволяющая повысить КПД системы по охлаждению наддувочного воздуха до 0,94...0,96.

УДК 621.431

Д. С. Минчев, Ю. Л. Мошенцев, А. В. Нагорный

ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИАЛЬНЫХ ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНЫХ ТУРБИН ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Представлена методика экстраполяции характеристик радиально-осевых центростремительных турбин турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания для обеспечения замкнутого моделирования рабочего цикла комбинированных ДВС. В основу данной методики положен расчёт характеристик турбины, выполняемый в соответствии с термодинамической теорией ступени турбины. Предлагаемая методика позволяет осуществлять экстраполяцию экспериментальных характеристик радиально-осевых центростремительных турбин с удовлетворительной точностью при существенном дефиците экспериментальных данных.

УДК 621.436

Ю.Л. Мошенцев, Б.А. Тягнирядно, А.А. Гогоренко, Д.С. Минчев

ВЫПАДЕНИЕ ВЛАГИ В ОХЛАДИТЕЛЯХ ВОЗДУХА СОВРЕМЕННЫХ ДВС

Рассмотрены особенности расчета охладителей наддувочного воздуха ДВС (ОНВ) при влаговывпадении. Предложен удобный способ выполнения расчетов ОНВ с учетом возможности выпадения влаги при охлаждении наддувочного воздуха. Представлены результаты совместных расчетов охладителей и систем охлаждения для двигателей различного типа, уровня наддува и назначения. Отмечается различное влияние влаговывпадения на параметры охладителей воздуха и систем охлаждения при различных давлениях наддува. Установлена причина отмеченного различия во влиянии давления наддува на влаговывпадение.

УДК 621.002:681.324

К. Н. Осипов, Е. Л. Первухина, Ю. Л. Рапацкий

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРШНЕВЫХ ДВС В ХОДЕ ПРИЕМОСДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Предлагается подход к построению линеаризованной модели поршневых инжекторных двигателей внутреннего сгорания в ходе производственных (контрольных и приемосдаточных) испытаний по результатам измерения их диагностических параметров, который заключается в моделировании испытуемых двигателей в окрестностях рабочих точек. В качестве примера рассматривается модель автомобильного четырехтактного четырехцилиндрового двигателя с внешним смесеобразованием и принудительным воспламенением рабочей смеси под управлением электронной системы «Микас – 10.6». Показана адекватность полученных линеаризованных моделей.

УДК. 629.113.

Г.П. Подзноев, У.А. Абдулгизис

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ДВУХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ГИДРИДА АЛЮМИНИЯ

В статье путем математических расчетов и моделирования определены наиболее оптимальные диапазоны изменения параметрических характеристик двухтактного цикла в зависимости от количества добавочной воды на гидролиз, регенерируемой теплоты для условий выполнения работы, адекватной традиционному Дизелю. Показана балансовая структура вводимой в цикл теплоты, определен наиболее оптимальный вариант соотношения параметров и отмечены принципиальные преимущества двухтактного двигателя. Обоснована возможность и достоинства варианта внешнего сгорания топливной смеси и подготовки рабочего тела вне цилиндра поршневого двигателя

УДК 681.518

В.Н. Волошин, А.Р. Миська

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ГЛАВНЫХ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Приведен сравнительный анализ существующих систем мониторинга и управления главного судового двигателя (TERASAKI, KONSBERG, RT-flex). Отмечены основные ограничения и недостатки действующих систем мониторинга и диагностики судовых энергетических установок, а также систем управления главного двигателя (ГД). Сформулированы основные направления развития систем управления и мониторинга ГД. Сделан вывод о возможности применения методов трендового анализа статистических данных в системах технической диагностики судовых энергетических установок и целесообразности использования результатов трендового анализа для создания систем управления СЭУ по техническому состоянию.

УДК 629.5.054(075.8)

Н.И. Муха, А.О. Дранкова, В.Н. Волошин, А.Р. Миська, С.А. Дудко

ТРЕНАЖЕР СУДОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Представлен тренажер судовой автоматизированной электроэнергетической системы, предназначенный для специальной профессиональной подготовки судовых электромехаников и механиков по эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматизации. Тренажер обеспечивает адекватное воспроизводство эксплуатационных ситуаций по техническому использованию реального судового оборудования и подготовку по мониторингу, контролю и управлению генераторными агрегатами в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах работы электростанции, контролю и управлению электромеханическими системами, а также решению задач параметрирования, визуализации и т.п. Кроме этого в тренажере предусмотрена возможность имитации различных неисправностей, что позволяет сконцентрировать внимание обучаемого на работе системы автоматического управления в аварийных ситуациях и отработать действия вахтенного в условиях поиска, локализации и устранения неисправностей оборудования

УДК 681.518.54

А.Г. Гацуц

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Рассматривается проблема совершенствования технической эксплуатации судовых энергетических установок. Рассмотрены экспертные системы управления судовыми энергетическими установками как наиболее эффективные на сегодняшний день. Определены их недостатки, а именно неполнота их контура знаний. Создана математическая модель теплонапряжённости цилиндропоршневой группы судового двигателя внутреннего сгорания, учитывающая стохастические свойства тепловых потоков

УДК 621.43.001.4

А.А. Зотов, А.В. Белозуб, Ю.А. Гусев

РЕШЕНИЕ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОРШНЕЙ ЛЕГКОТОПЛИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В работе рассмотрена проблема идентификации результатов расчета НДС тонкостенного поршня методом конечных элементов с данными, полученными в ходе экспериментальных исследований. Предложено использование многоуровневых расчетных моделей для определения НДС поршня. Рассмотрено применение обратной задачи теории упругости при проектировании деталей двигателя внутреннего сгорания, и в частности, поршня. Установлены параметры эквивалентной площадки и представлена формула для их определения.

УДК 622.577

Д.В. Коновалов

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧНОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В СИСТЕМАХ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА ДВС

В работе разработано и проанализировано схемные решения термодвигательной системы для промежуточного охлаждения наддувочного воздуха ДВС. Как показали исследования сокращения мощности, которую потребляют компрессоры двуступенчатой системы наддува составило 2,0...3,5 %, за счет чего в свою очередь удалось повысить мощность ДВС на 0,4...0,7 %.

УДК 622.577

Д.В. Коновалов

ТЕРМОПРЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА СУДОВЫХ ДВС

В работе разработаны и проанализированы схемные решения термодвигательных систем охлаждения. Эффективность применения термодвигателя проанализирована для системы охлаждения наддувочного воздуха с одноступенчатым сжатием. Как показали исследования сокращения мощности, которую потребляют компрессоры составило 7...12 %, за счет чего в свою очередь удалось повысить мощность ДВС на 1...2 %. Для целей контактного охлаждения наддувочного воздуха, а также экологического увлажнения наддувочного воздуха на входе в цилиндры двигателя предложен способ тонкого распыла воды в наддувочном воздухе термодвигателем.

ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ДЛЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

УДК 629.78

А.А. Белик, Ю.Г. Егоров, В.М. Кульков, В.А. Обухов

АНАЛИЗ ПРОЕКТНО-БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМБИНИРОВАННОЙ СХЕМЫ ВЫВЕДЕНИЯ КА НА ГСО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ СРЕДНЕГО КЛАССА

Перспективным направлением в области межорбитальной транспортировки является разработка транспортной системы, использующей комбинацию двигателей большой и малой тяги для доставки полезных грузов с низкой начальной орбиты на высокие рабочие орбиты (вплоть до геостационарной орбиты). Проведены проектно-баллистические исследования характеристик выведения КА на ГСО с помощью двухступенчатой системы в составе ракет-носителей среднего класса (типа «Союз 2-1б», «Зенит-2СБ»), включающей разгонный блок (типа «Фрегат») и электроракетный транспортный модуль. Показано, что такая транспортная система позволяет выводить на ГСО полезный груз, сопоставимый по массе с полезным грузом, выводимым на ГСО при использовании ракет-носителей тяжелого класса с разгонными блоками на базе только химических двигателей.

УДК 629.78

Н.М. Дронь, П.Г. Хорольский, Л.Г. Дубовик

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХ МАНЕВРОВ ОЧИСТКИ ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА КОСМИЧЕСКИМ ТРАЛЬЩИКОМ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ЕГО ВЫВЕДЕНИЯ НА ТРЕБУЕМУЮ ОРБИТУ

Рассмотрен способ очистки околоземного пространства от космического мусора космическим тральщиком (КТ), выполняющим один из двух маневров: одноразовый переход с высокой орбиты на низкую или циклическое движение между высокой и низкой орбитами. В зависимости от типа применяемых двигательных установок для выведения и спуска КТ дана сравнительная оценка эффективности этих маневров при использовании для выведения тральщиков на требуемые орбиты ракет-носителей различной грузоподъемности. В качестве критерия оценки рассмотрены площадь собирающей поверхности пассивного улавливающего элемента и суммарное время работы КТ на этапе очистки.

УДК 621.452.2.043+621.822

В.Н. Шнякин, В.А. Шульга, В.И. Конох, А.И. Животов, А.В. Дибривный

РАЗРАБОТКА МНОГОРЕЖИМНОГО ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПНЕВМОНАСОСНОЙ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА ДЛЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ МОДУЛЕЙ

Учитывая повышенный интерес к разработке современных взлетно-посадочных систем ГП «КБ «Южное» предлагает многорежимный ЖРД РД860L, который может использо-

ваться в составе взлетно-посадочного модуля с целью доставки роботизированного ровера, научных приборов, космического телескопа на механической подвижной платформе для осуществления исследовательских миссий на поверхности Луны и Марса. Новый двигатель РД860L разрабатывается на основе существующей двигательной установки ДУ802 автономного космического буксира «Кречет» с использованием пневомасосной подачи топлива.

УДК 629.78

А.В. Хитько, А.М. Черкун

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОЛОГО КАТОДА С ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ РАЗРЯДОМ

Практически во всех типах электрореактивных двигателях применяют катод. Он играет основную роль в организации процессов получения и нейтрализации ионов. Его параметры существенно влияют на ресурс, надежность и энергетическую эффективность двигателя. В статье приведены результаты исследования зависимости газовой эффективности и цены электрона катода с вспомогательным разрядом в диапазоне давлений $10^{-2} - 1$ мм.рт.ст. Исследования проводились, используя разработанную ранее методику расчета. Параметры эмиттера и соответствующее значение плотности эмиссионного тока находились для оптимальной температуры. Это обеспечивает минимальное энергопотребление катода. Установлено, что заданный разрядный ток необходимо получать, применяя катод с вспомогательным разрядом, при минимальном давлении в полости ($\sim 10^{-2}$ мм.рт.ст.). При этом газовая эффективность максимальна, а рост потребляемой мощности незначительный.

УДК 533.9.07

А.В. Лоян, С.Ю. Нестеренко, Ш. Рошанпур, А.И. Цаглов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ИНДУКЦИОННЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИСТОЧНИКАХ ПЛАЗМЫ И ЭЛЕКТРОНОВ

В приближении однокомпонентной магнитной гидродинамики представлена математическая модель процессов в индукционных высокочастотных источниках плазмы и электронов. Уравнения записаны в двумерной форме в представлении об аксиальной симметрии задачи. Перенос импульса описан уравнением вязкости, в котором учтены влияния магнитного поля на диссипативные процессы в разреженной среде. Приведены предварительные оценки глубины магнитного скин-слоя и токового слоя. Сформулированы граничные условия, описывающие потоки частиц, импульса и энергии на поверхности устройства.

УДК 533.9.07

А.В. Лоян, Т.А. Максименко, Н.Н. Кошелев

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ В КАНАЛЕ МСПД ПРИ ПОВЫШЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ РАЗРЯДА

Рассмотрена возможность повышения удельного импульса стационарного плазменного двигателя малой мощности (МСПД) за счет повышения разрядного напряжения. Описана методика зондовых измерений в канале высоковольтного МСПД. Разработаны лабораторная модель МСПД и установка для зондовых измерений внутри разрядного канала (РК) двигателя. Приведены результаты экспериментальных исследований распределения параметров

плазмы в РК МСПД при повышенных значениях разрядного напряжения (более 300 В). Исследовано изменение расположения зон ионизации и ускорения в РК МСПД в зависимости от разрядного напряжения и массового расхода.

УДК 533.9

А. И. Цаглов, А. В. Лоян, Н. Н. Кошелев, О. П. Рыбалов

ИСПЫТАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ МОДЕЛИ БЕЗЭЛЕКТРОДНОГО ЭРД МАЛОЙ МОЩНОСТИ С ВЧ ИОНИЗАЦИЕЙ РТ

В статье авторами изложены основные особенности разработки безэлектродных электрореактивных двигателей, представлены результаты испытаний инженерной модели двигателя, а именно результаты измерений теплового состояния модели, параметров струи и тяги. Показано, что параметры струи (ионный ток и средняя энергия ионов) зависят от давления в вакуумной камере, а эффективность работы двигателя определяется величиной потерь ВЧ мощности и конфигурацией внешнего магнитного поля. Представлен анализ полученных результатов, выводы и дальнейшие планы работы по освещенной тематике.

УДК 621.455.32

М.Ю. Титов, А.В. Лоян, Т.А. Максименко

РАСЧЕТ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЯ С АНОДНЫМ СЛОЕМ МАЛОЙ МОЩНОСТИ С УЧЕТОМ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ

В работе представлены результаты численного расчета магнитной системы двигателя с анодным слоем мощностью до 100 Вт с учетом тепловыделений при его работе. Дано описание численной модели для расчета теплового состояния двигателя и приведены результаты расчета. На базе полученных профилей распределения температур в зависимости от количества подводимой тепловой мощности проведен расчет магнитной системы двигателя. Определен диапазон мощностей, при котором не происходит существенного размагничивания элементов магнитной системы и нарушения профиля магнитного поля в канале двигателя. Численные расчеты проводились в программном пакете ANSYS.

УДК 533.9.07

А.В. Лоян, Н.Н. Кошелев, Е.П. Солонинко

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕССОВАННЫХ W-BA-SC ЭМИТТЕРОВ

В работе содержатся результаты испытаний прессованных W-Ba-Sc эмиттеров, которые используются в электроракетных двигателях. Представлены зависимости эмиссионных свойств эмиттеров от их температуры. Исследована поверхность и проведен анализ состава верхнего слоя образцов при помощи электронного микроскопа до и после испытаний на эмиссионные свойства. Показано как изменяется пористость таблетки и эмиссионные свойства эмиттеров в зависимости от давления прессования. Данные исследования можно использовать для изготовления эмиттеров с заданными свойствами.

УДК 629.78.064.5

*А.Л. Азарнов, К.В. Безручко, А.О. Давидов, В.И. Лазненко,
С.В. Синченко, С.В. Ширинский, А.А. Харченко*

ОБЗОР И АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ АККУМУЛЯТОРОВ

Представлен обзор современного оборудования для определения технического состояния электрохимических аккумуляторов. Проведен анализ оборудования для диагностики электрохимических аккумуляторов. Представлена сводная таблица технических характеристик анализируемого оборудования, а также рассмотрены их преимущества и недостатки. Представлены стендовое оборудование для диагностики электрохимических аккумуляторов и устройство экспресс-диагностики химических источников тока, разработанные в лаборатории автономной энергетики Национального аэрокосмического университета. Представлены технические характеристики этих устройств и их возможности

УДК 629.7.064.5

В.С. Рева, К.Н. Земляной, Е.Ю. Шевченко

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НАЗЕМНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Приведена и проанализирована проблема современных систем электроснабжения наземных комплексов ракет космического назначения, которой является качество электроэнергии (КЭ). Предлагается функциональное (условное) разделение системы электроснабжения на силовую часть и систему контроля качества электроэнергии (СККЭ). К системе контроля качества электроэнергии сформированы требования по назначению. К основным требованиям, предъявляемым к СККЭ относят: непрерывный контроль параметров электроэнергии (напряжения, тока, частоты), архивирование и документирование параметров, непрерывный контроль текущего состояния и времени работы аппаратуры, а также сравнение значений измеряемых параметров с допустимыми. Приведенные структурные схемы системы контроля качества электроэнергии позволяют ознакомиться с основными принципами работы данной системы в обычном режиме и режиме выхода за пределы норм показателей качества электроэнергии (ПКЭ).

УДК 621.355.1

А.О. Давидов

ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ АККУМУЛЯТОРОВ

В статье рассмотрены основные режимы эксплуатации электрохимических аккумуляторов, приведены схемы подключения аккумулятора в этих режимах и примеры их использования. Рассмотрены электрические параметры электрохимических аккумуляторов, а также проведен сравнительный анализ электрических параметров аккумуляторов различных электрохимических систем. Рассмотрены эксплуатационные параметры электрохимических аккумуляторов. Показана значимость электрических и эксплуатационных параметров при эксплуатации аккумуляторов в различных режимах. Приведены функциональные зависимости основных характеристик и параметров аккумуляторов.

УДК 535(023)

В.И. Рябков, Н.Г. Толмачев

БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР – АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВЗГЛЯД

В сравнительной постановке рассмотрены два современных пути исследования свойств вещества: с помощью коллайдерных процессов в области высоких энергий и на основе квантово-энергетического моделирования взаимодействия микро – и суперчастиц. В основу сравнительной оценки положены основные цели и задачи, которые предполагается решить на Большом адронном коллайдере (БАК). Показано, что использование принципа суперсимметрии и энергетического инварианта в моделях взаимодействия микро – и суперчастиц позволило количественно оценить параметры бозона Хиггса и магнитного монополя, которые являются основными целями исследований на БАКе. Установлено также, что квантово-энергетическое моделирование взаимодействия микро – и суперчастиц привело к открытию принципиально нового вида энергии, которой обладают суперчастицы. С учетом такой альтернативы программа исследований на БАКе нуждается в существенной корректировке

УДК 535(023)

В.И. Рябков, Н.Г. Толмачев

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВА

В сравнительной постановке рассмотрены два современных пути исследования свойств вещества: с помощью коллайдерных процессов в области высоких энергий и на основе квантово-энергетического моделирования взаимодействия микро – и суперчастиц. В основу сравнительной оценки положены основные цели и задачи, которые предполагается решить на Большом адронном коллайдере (БАК). Показано, что использование принципа суперсимметрии и энергетического инварианта в моделях взаимодействия микро – и суперчастиц позволило количественно оценить параметры бозона Хиггса и магнитного монополя, которые являются основными целями исследований на БАКе. Установлено также, что квантово-энергетическое моделирование взаимодействия микро – и суперчастиц привело к открытию принципиально нового вида энергии тахионной, которой обладают суперчастицы.

УДК 665.521:621.316

Я.А. Кумченко

ЗЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАТОРНО-РЕЗОНАНСНОГО МЕХАНИЗМА ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Показана возможность земного моделирования резонаторно-резонансного механизма получения химически активных центров при использовании энергии космических лучей высоких энергий в ракетно-космических технологиях. В работе приведена схема лабораторного генератора высоковольтных импульсов с возможностью регулировки их рабочих параметров. Проведенные эксперименты полностью подтверждают работоспособность предложенного ранее автором резонаторно-резонансного механизма ионизации (деструкции) молекул «холодным» способом без нагрева самих атомов. Волновой процесс разрыва (ионизации) молекул протекает со значительным уменьшением активационного барьера (энергии активации), что эксперименталь-

но подтверждено сотрудниками Курчатовского института. При этом отождествляются результаты облучения энергоаккумулирующих веществ с получением химически активных центров с результатами воздействия космических лучей как естественного (природного) лазера.

УДК 52-423

Я. А. Кумченко

**ВЗРЫВНОЙ МЕХАНИЗМ ГЕНЕРИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ,
ПРИРОДА ИХ УСКОРЕНИЯ И ПРИНЦИПАЛЬНАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ
ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЛЬКО
ЗА СЧЕТ ЭНЕРГИЙ КОСМОСА
Теория, эксперимент. Сообщение 1**

В работе предложена резонаторно-волновая природа генерирования космических лучей в результате взрывной деструкции дискретной и материальной среды. Дискретность среды диктуется наличием в ней устойчивых аккумуляторов волновой энергии (резонаторов) различных иерархических уровней, геометрические размеры которых контролируются длинами волн тех видов энергии, которые им соответствуют. Согласно предложенному механизму быстрое (взрывное) рождение космических лучей соответствует началу развития модуляционно-осцилляторной неустойчивости на всех иерархических уровнях энергии. Ускорение космических лучей происходит за счет расходования энергии резонаторов больших размеров, внутри которых и находились вновь «рожденные» (свободные) частицы-резонаторы в энергетически связанном состоянии.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

УДК 629.7.036.3:658.562-614

Н.А. Гачегов, А.А. Лопатин, А.О. Костенко, В.Т. Шепель

СЕРТИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ АВИАЦИОННОГО ГТД НА ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Изложены особенности сертификации оборудования, агрегатов и других компонентов авиационного ГТД с помощью математического моделирования на основе построения модели первого уровня с ее верификацией на основе инженерных испытаний, проведенных для самых консервативных условий, и последующим уточнением граничных условий для модели второго уровня. Подробно рассмотрена методика установления соответствия требованиям пожаробезопасности на примере сертификации сигнализатора засорения масляного фильтра. Представленная методика учитывает требования АП-33, CS-E, FAR-33.

УДК 621.45(06)

В.В. Нерубасский

О СИСТЕМАХ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ПРАВИЛАХ НАИМЕНОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Подробно описаны существующие системы обозначений и правила наименования авиационных газотурбинных двигателей военного и гражданского назначения. Даны расшифровки различных символов, сочетаний символов и сокращений, используемых для обозначения авиационных газотурбинных двигателей. Приведены примеры обозначений серийных и опытных авиационных двигателей. Рассмотрены характерные особенности обозначения авиационных газотурбинных двигателей на различных фирмах. Дана информация о системах обозначения двигателей, используемых в различных странах мира, в том числе в России, США и Китае.

УДК 621(075.8)

С.М. Степаненко

КРИТЕРИИ И МЕТОДЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ

Согласно стандарту ISO 9001:2008, использование процессного подхода к управлению проектированием предполагает обязательное определение критериев и методов, необходимых для обеспечения результативности как при осуществлении, так и при управлении процессами. Создание функциональной модели для управления процессами проектирования возможно с позиций технологической последовательности процессов и с позиций задач, решаемых в рамках менеджмента. Показано, что функциональная модель процессов проектирования, построенная с позиций менеджмента, позволяет наглядно увязать критерии результативности с каждым процессом модели, а также определить методы управления процессами с целью поддержания и улучшения их качества.

УДК 389.6:629.7.01

С.М. Степаненко, В.Г. Харченко

СТРУКТУРИРОВАНИЕ СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ С ЦЕЛЬЮ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ СЕРТИФИКАЦИИ

Разработка новых стандартов, пригодных для использования во время оценки соответствия (сертификации), требует структурирования их содержания в соответствии со схемой проводимых оценок соответствия. В статье рассматриваются требования международного стандарта авиакосмической отрасли AS/EN/JISQ 9100 к проектированию и разработке авиационной техники. Предлагается в стандарте организации по управлению проектированием описывать процессы проектирования, следуя схеме оценки соответствия, заданной стандартом AS/EN/JISQ 9100. При этом для каждого процесса проектирования требования располагать в последовательности: сущность процесса – входные данные – нормативные управляющие документы – результаты – исполнители процесса и ресурсы.

УДК

Е.Ю. Иленко

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ АВИАРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ХОЗРАСЧЕТНОЙ ФОРМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

В настоящее время авиационные предприятия функционируют в условиях рыночной экономики. Актуальными становятся вопросы принятия решений о вложении средств в дальнейшее развитие предприятия, поиска новых путей завоевания рынка, оценки конкурентоспособности предприятия на международном уровне. Решение данной задачи требует учета значительного количества различных факторов, находящихся в постоянной взаимосвязи между собой и внешними экономической, социальной, политической средами. Путь, основанный лишь на логических рассуждениях, может не привести к наилучшему результату в поиске решения, поскольку не допускает принятия компромиссов между факторами, принадлежащими разным логическим цепочкам. Решение такой многокритериальной задачи в условиях частичной неопределённости может быть осуществлено на основе метода анализа иерархий. Метод представляет собой замкнутую интуитивно-логическую конструкцию, которая обеспечивает с помощью относительно простых правил анализ сложных проблем со всем их разнообразием, и приводит к взвешенному обоснованному решению. Применение метода анализа иерархий позволяет включать в иерархию все знания и интуитивные выводы исследователей по рассматриваемой проблеме.

УДК 678.01:531.43

О.Н. Билякович, Е.В. Богайская, О.А. Гуменюк

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВЛИЯНИИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАСЕЛ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ СМАЗОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ

Приведен аналитический обзор научных трудов, отображающий современные исследования процессов образования смазочных слоев и их связь с состоянием поверхностей трения. Отмечено, что в условиях локального контакта при качении со скольжением смазочное действие, прежде всего, определяется наличием гидродинамических и граничных слоев, их толщиной и структурой. Для масел, подверженных процессам старения и загрязнения, сма-

зочная способность связана с взаимодействием молекул продуктов окисления масел между собой, их взаимодействием с поверхностью трения, поверхностями частиц механических примесей и продуктов износа. В качестве основных параметров, определяющих эффективность смазочного действия при граничном трении, принято использовать значение граничных смазочных слоев, коэффициент трения и объемную температуру масла.

УДК

В.Г. Семенов

БИОКЕРОСИН-АЛЬТЕРНАТИВНОЕ АВИАЦИОННОЕ ТОПЛИВО

По литературным данным, к 2025г. доля авиации (более 23 тыс.самолетов) в выбросах CO₂ (парникового газа) составит около 3%. Одним из эффективных путей уменьшения(ликвидации) разрыва между скоростью роста выбросов воздушным транспортом в связи с ростом авиаперевозок и скоростью снижения удельных выбросов в атмосферу («экологический компенсационный разрыв»-ЭКР) является применение биокеросина. Последние 5 лет в мире активно ведутся научные разработки по применению в качестве биодобавок к авиакеросину биоэтанола, биодизеля, биобутанола. Автор имеет большой опыт применения в транспортных энергетических установках бинарного смесового топлива: биодизель и нефтяное топливо. Необходимо отметить, что при использовании биодобавок приходится решать ряд проблем: пониженная теплота сгорания биоэтанола (на 37%); повышенные (биодизель) температура застывания (-17 оС), вязкость (в 5 раз), плотность(на 13%) и др. Однако, суммарное сокращение выбросов CO₂(рецикл диоксида углерода при применении биодобавок из растительного сырья) и получения топлива из возобновляемых источников позволяет говорить о перспективе применения биокеросина.

УДК 62-68 (045)

К. В. Бондаренко, С. В. Бойченко, В. Г. Семенов

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА В АВИАЦИИ

В условиях ограниченной обеспеченности Украины первичными и вторичными энергоносителями слишком актуальной является проблема разработки концепции производства, методов синтеза и средств внедрения новых экологически безопасных горюче-смазочных материалов. В статье рассматривается и анализируется развитие производства альтернативного вида топлива в авиации, состояние передовых научно-исследовательских работ в этой отрасли, перспективные направления развития научных исследований и возможные пути направления научных усилий украинских исследователей в данную сферу. Описанные преимущества использования биотоплива. Социальный эффект заключается в решении важной эколого-энергетической проблемы, связанной с рациональным использованием горюче-смазочных материалов и эмиссией вредных выбросов в атмосферу.

УДК 662.7, 662.8.

Я.А. Кумченко, В.А. Габринец, В.И. Коновалов, Ю.В. Данчук

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА ДЛЯ ДВС И АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. КОНЦЕПЦИЯ «КАШТУЛ». Сообщение 1

Рассмотрены альтернативные заменители обычных ископаемых топлив и их назначение. Предложено твердое альтернативное ископаемое сырье (бурый уголь, торф, сланцы) пе-

рерабатывать в брикеты, а биомассу (отходы различных производств) – в спирты, являющиеся добавками к традиционным топ-ливам. Сообщается о разработке нестандартной (альтернативной) технологии получения брикетов для сжигания в топках и биоэтанола для ДВС и авиационных двигателей (АД) из всего спектра биомассы. Показана возможность получения топлива, более дешевого, чем традиционное, а поэтому возможность страны обходиться без импортных энергоносителей

УДК 665.521:621.316

Я.А. Кумченко, В.И. Коновалов, А.А. Березняк, П.А. Егоров

РЕЗОНАНСНЫЙ МЕХАНИЗМ АКТИВАЦИИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА. КОНЦЕПЦИЯ «КАШТУЛ»

Показана возможность применения для активации процесса горения водоугольного топлива химически активного атомарного водорода, который может быть получен путем осуществления в камере сгорания безэлектродного импульсного электрического разряда, обеспечивающего «холодную» деструкцию воды или углеводов. Приведена схема лабораторного генератора высоковольтных импульсов с возможностью регулирования их параметров, а также фотографии лабораторного стенда и самой электролизной ячейки с выделением и горением водорода. Проведенные экспериментальные исследования подтверждают работоспособность резонаторно-резонансного механизма деструкции молекул «холодным» способом без нагрева атомов со значительным уменьшением активационного барьера при разрыве связей как при деструкции, так и при фотолизе.

УДК 52-423

Я.А. Кумченко

НОВЫЙ КЛАСС ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ШИРОКОГО СПЕКТРА ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Рассмотрены положительные и отрицательные качества применяемых порошковых средств пожаротушения. Поставлена задача создать многофункциональное вещество, позволяющее эффективно использовать его в виде порошка и в водных растворах, а также для вытеснения реагента из емкости. Разработана лабораторная технология получения такого порошка нового типа – калиевой соли азидоуксусной кислоты. Проведены первые испытания полученного вещества, показавшие его высокую эффективность. Результаты работы позволяют предложить новое вещество для создания прогрессивных систем пожаротушения в сложных условиях, в т.ч. в замкнутых объемах, в частности, на объектах авиационной и ракетно-космической техники.

УДК 629.735

М.В. Пятницкая

ПРИНЦИПЫ И ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО МУЗЕЯ НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ (ОПЫТ РАБОТЫ)

Статья посвящена проблемам создания виртуального музея истории развития российского автоматического управления в виде веб-страницы на сайте научного академического института. Последовательно разбираются этапы и вопросы определения целей, тематики, уровня, масштаба и

структуры веб-страницы. Особое внимание уделяется проблемам, касающимся специфики создания «виртуального музея». В данной работе это веб-страница Интернет-сайта, представляющая электронные копии музейных предметов, документов, фотографий, организованная на основе принципов музейной экспозиции и рассказывающая об ученых, научных достижениях, научных разработках, представленных на международных выставках в рамках научной тематики Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.

УДК 004.891

И.В. Шостак, В.А. Демьяненко, Г.А. Фролова

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОРГАНИЗАЦИИ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ САМОЛЕТОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Статья посвящена проблемам комплексной автоматизации самолетостроительного предприятия путем синтеза мультиагентной CALS-системы на примере управления сборочным производством. В качестве основы для построения подобной системы была выбрана многоагентная парадигма, в рамках которой осуществлена программная реализация типового фрагмента системы поддержки принятия решений (СППР) в виде интеллектуального агента. Использование многоагентной парадигмы обеспечит формирование и последующую поддержку единого информационного пространства в рамках самолетостроительного предприятия.

УДК 004.891

И.В. Шостак, В.А. Демьяненко, Г.А. Фролова

РАЗРАБОТКА ТИПОВОГО ФРАГМЕНТА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ CALS-СИСТЕМЫ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА САМОЛЕТОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье описаны принципы разработки автоматизированной системы поддержки принятия решений по технологической подготовке сборочного производства в самолетостроении. Приведена оценка эффективности разработанного метода формирования координирующих решений при помощи разработанного прототипа системы поддержки принятия решений при проектировании сборочных технологических процессов. Оценка качества работы системы проводилась с помощью метода скользящего контроля с одним отделяемым объектом. В результате моделирования был получен уровень общей ошибки, который позволит в среднем снизить затраты на исправления брака.

УДК 004.012.82

И.В. Шостак, И.В. Груздо

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА В РАБОТАХ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

В статье приведены результаты сравнительного анализа методов обнаружения фактов плагиата в естественно-языковых текстах в аспекте применения этих методов для выявления текстологических заимствований в работах студентов технических ВУЗов. На основе результатов проведенного анализа показана необходимость усовершенствования математического и методического обеспечения систем поиска плагиата, направленного на повышение эффективности таких систем. Показано, что в составе математического обеспечения систем поиска плагиата в

студенческих работах целесообразно использовать алгоритм Бойера – Мура, при этом оправданным с практической точки зрения оказывается применение метода сопоставления строк.

УДК 004.012.82

И.В. Шостак, И.В. Груздо

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА В РАБОТАХ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

В статье приведены результаты сравнительного анализа методов обнаружения фактов плагиата в естественно-языковых текстах в аспекте применения этих методов для выявления текстологических заимствований в работах студентов технических ВУЗов. На основе результатов проведенного анализа показана необходимость усовершенствования математического и методического обеспечения систем поиска плагиата, направленного на повышение эффективности таких систем. Показано, что в составе математического обеспечения систем поиска плагиата в студенческих работах целесообразно использовать алгоритм Бойера – Мура, при этом оправданным с практической точки зрения оказывается применение метода сопоставления строк.

УДК 004.891

И.В. Шостак, А.С. Носиков

КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

В работе рассматриваются вопросы организации компьютерной проверки и оценки знаний студентов с учетом методических и технических аспектов данной проблемы. Описаны основные этапы эволюции развития контроля знаний, классификация методов контроля знаний (КЗ), которые могут быть полезны как разработчикам систем компьютерного КЗ, так и преподавателям при выборе стратегии проведения КЗ и выставления оценки при компьютерном обучении. Обсуждаются достоинства и недостатки подходов к организации контроля учебно-познавательной деятельности в системах дистанционного обучения. Сделан вывод о необходимости разработки подхода к организации контроля знаний на основе специальной модели обучаемого в которой будут учтены его релевантные характеристики

УДК 004.891

И.В. Шостак, А.С. Носиков

СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЯ УЧЕБНО- ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

В статье описана системная модель контроля учебно-познавательной деятельности, разработанная на основе модели учебного процесса Растригина, в отличие от которой данная модель имеет в своем составе механизм обеспечивающий непосредственную связь модели обучаемого с процедурами контроля усвоения учебного материала. Это обеспечивает адаптивность процесса контроля и как следствие возможность получения комплексной объективной оценки. Предложенный механизм рассчитан на функционирование в режиме реального времени. Применение на практике данных средств даст возможность повысить эффективность процессов компьютерного дистанционного обучения в целом.

УДК 629.7.036.34

И.Ф. Кравченко

ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ОБЛИКА И КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ТРДД ДЛЯ УТС–ЛБС

Данная статья посвящена разработке концепции формирования конструктивно-параметрического облика двигателя для учебно-боевого самолета. Сложность проблемы заключается в необходимости сочетания малой массы и стоимости с большим ресурсом и экономичностью. Для ее решения предложено максимальное использование узлов двигателя-прототипа. Рассмотрены различные варианты модификации базового газогенератора для повышения его мощности, а также различные варианты вентилятора и турбины низкого давления. В качестве основных критериев качества использованы суммарная масса силовой установки и топлива, а также суммарная стоимость двигателя (с учетом затрат на ремонты) и топлива, расходуемого за ресурс. При определении расхода топлива учитывались десять типовых профилей полета. В результате обоснован выбор модификации двигателя с дополнительной ступенью КВД и одноступенчатыми каскадами турбины.

УДК 621.45.02.024:05.054

В.В. Логинов, Е.Ю. Иленко

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПАРАМЕТРИЧЕСКОМУ ОБЛИКУ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА

В статье рассмотрен подход к оценке технического совершенства разрабатываемого двигателя силовой установки ЛА, основанный на применении метода весовых коэффициентов. Сравнение всех параметров, показателей и характеристик проводится на основе использования показателя технического совершенства, который характеризует разрабатываемый образец по отношению к существующим аналогам. Показано существенное преимущество двигателя Д-27 перед другими двигателями по многим характеристикам, а также вклады параметров в показатель технического совершенства. Определены пути дальнейших исследований.

УДК 629.7.036.3.001

В.А. Григорьев, В.М. Радько, Д.С. Калабухов

АППРОКСИМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОРАЗМЕРНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ВЕРТОЛЕТА

Рассмотрена одна из проблем начального проектирования малоразмерных газотурбинных двигателей со свободной турбиной (МГТД СТ) для многоцелевых вертолетов – методы формирования математических моделей критериев оценки эффективности МГТД СТ. Показаны недостатки существующих методов формирования математических моделей. С помощью аппроксимации методом наименьших квадратов исходных данных, полученных при выполнении вычислительного эксперимента, получены регрессионные модели основных критериев оценки эффективности многоцелевых вертолетов, выполняющих пассажирские и транспортные работы. Эти модели показали свою эффективность при оптимизации параметров МГТД СТ в системе вертолета и при определении границ локальных областей рациональных значений параметров рабочего процесса.

УДК 621.515

В.П. Парафейник, А.В. Смирнов, И.Н. Тертышный, А.Н. Нефедов

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГПА С ГАЗОТУРБИНЫМ ПРИВОДОМ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АГРЕГАТА

Проведен анализ влияния геометрии проточной части центробежного компрессора при заданной характеристике приводного газотурбинного двигателя газоперекачивающего агрегата газовой промышленности. Установлено, что при геометрических углах профиля лопаток рабочего колеса менее 32° обеспечивается совпадение проектного режима работы компрессора и оптимального режима работы агрегата, определяемого характеристиками двигателя и компрессора. Сформулированы требования к интегральной характеристике системы «компрессор-двигатель», обеспечивающей достижение оптимального режима работы агрегата.

УДК 621.515

А.И. Тарасов, В.А. Щупаков

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ДЕТОНАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Перспективы использования детонационного сгорания топлива, открывшиеся в последние годы, существенно повысили интерес к двигателям периодического сгорания. Об этом свидетельствуют появившиеся в печати многочисленные публикации, патенты и проекты двигателей с двухстадийным сгоранием топлива различных схем. Это объясняется тем, что в детонационных волнах процесс сгорания топливовоздушной смеси осуществляется практически мгновенно, чем обеспечивается возможность значительного повышения давления в камерах сгорания, имеющих форму полузамкнутого объема, и отпадает необходимость в выпускных клапанах.

УДК 621.454

Э.В. Заремба, И.П. Ковалев, С.П. Бирюков, А.В. Головатенко

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ РЕВЕРСА-НЕЙТРАЛИЗАТОРА ТЯГИ НА МАРШЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ Д-436ТП САМОЛЕТА-АМФИБИИ БЕ-200

Рассмотрены вопросы создания реверса-нейтрализатора тяги на маршевых двигателях Д-436ТП самолета-амфибии БЕ-200ЧС с целью улучшения эксплуатационных характеристик самолета на воде и при выполнении операций по пожаротушению.

УДК 629.735.33

Л.В. Капитанова

АНАЛИЗ УЧАСТКОВ ПОСАДОЧНОЙ ДИСТАНЦИИ С УЧЕТОМ МОДИФИКАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В СТОЙКАХ ШАССИ САМОЛЕТА

Исследовано принципиальное влияние новых конструктивов, т.е. дополнительных энергетических камер (ДЭК) используемых, как правило, на участке нетормозного пути на все участки посадочной дистанции самолета. Показано, что применение ДЭК в основных и передней стойках шасси, обеспечивает не только снижение перегрузок в момент посадочного

удара и снижает длину участка нетормозного пути, но и существенно расширяет возможности параметров пилотирования на всех участках посадочной дистанции по величинам: углу захода на посадку, вертикальной составляющей посадочной скорости, углу отклонения руля высоты и посадочному углу атаки крыла.

УДК 621.427

А. Ж. Мурзагалиев, В. Г. Некрасов

ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТУРБИНЫ ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ

Рассмотрен подход к конструированию винтовых двигателей глубокого расширения. Применение вращательного движения позволяет исключить ряд недостатков, присущих поршневым двигателям. Среди ротационных двигателей известны лопаточные машины – турбины. А также винтовые двигатели с цилиндрическими роторами. Оба типа двигателей не решают проблемы получения механической мощности, характерной для автотракторных двигателей в пределах 100 кВт. Решением может быть винтовой двигатель при высоком начальном давлении газов и их глубоком расширении. Профилирование винтовой поверхности для них производится не по зависимостям для шестеренных передач, а по типу резьбовых соединений. Показан принципиальный подход к конструированию таких двигателей.

УДК 629.735.017.1(045)

О.Г. Кучер, П.О. Власенко

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. ЕЁ КОНТРОЛЬ И АНАЛИЗ В АВИАКОМПАНИИ

Рассмотрена Программа надежности авиакомпаний. Показана связь между системами сбора данных, анализа данных, рабочих стандартов, корректирующих действий и отображения данных. Приведены показатели надежности двигателей, которые используются при контроле, мониторинге и анализе состояния надежности функциональных систем, подсистем и агрегатов двигателей, при определении технической готовности двигателя к полету. Рассмотрен контроль состояния надежности функциональных систем, подсистем и комплектующих изделий двигателей по отказам, выявленным в полете, на земле и в эксплуатации. Проанализировано состояние надежности воздушных судов В737-300/400/500, которые эксплуатируются авиакомпанией за 2010 год. Проведен индивидуальный контроль и анализ состояния надежности воздушных судов по системам и подсистемам двигателей.

УДК 621.01:629.7.01

А.В. Томашевский, А.А. Тевс

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены статистические методы, используемые для обеспечения надежности сложных технических систем (СТС) на всех этапах жизненного цикла – при проектировании, производстве и эксплуатации. Определена общая схема расчета надежности СТС на основе статистической оценки показателей надежности элементов системы по результатам испытаний. Обращено внимание, что такие СТС, как летательные аппараты, авиадвигатели, относятся к классу стохастических динамических систем, и при их эксплуатации в любой момент времени возможно возникновение отказа. Предложено, для обеспечения надежности функ-

ционирования СТС на этапе эксплуатации, осуществлять мониторинг значений параметров состояния элементов системы и строить по получаемым данным контрольные карты с помощью программного пакета STATISTICA. Как пример мониторинга надежности построены контрольные карты для параметра «Вибрация левого двигателя», на основе информации с бортового устройства регистрации полётных данных.

УДК 629.735.083 (045)

А.А. Тамаргазин, И.И. Линник, Т.Ю. Крамаренко, М.В. Олег

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПОСЛЕПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассмотрены базовые принципы построения информационной системы, основное назначение которой состоит в создании послепродажной поддержки в эксплуатации авиационных двигателей. Для этого предлагается объединить информационное поле вокруг конкретного экземпляра авиационного двигателя в виде электронного формуляра этого двигателя. Этот подход является жизненно необходимым для выживания авиадвигателестроительного предприятия в современных условиях рыночной экономики, особенность которой состоит в глобализации производства при одновременном стремлении удовлетворить потребности каждого конкретного потребителя и возможностью как можно быстрее реагировать на изменение потребностей отдельных групп потребителей при одновременном снижении затрат на разработку новой техники.

САУ И ДИАГНОСТИКА

УДК 629.7.035:681.5

Д.И. Волков, В.М. Грудинкин, В.В. Данилов, Г.С. Ранченко

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

На примере двигательной FADEC рассмотрены требования к её программному обеспечению, а также к процессу его разработки. Основное внимание уделено практическим аспектам, в частности архитектуре и реализации программного кода. Отмечено значение математической модели при решении задач управления и диагностирования. Показана неразрывность обеспечения требований к ПО и к процессу разработки. Затронуты вопросы проектирования, кодирования и тестирования, а также применяемый инструментарий, начиная с системы контроля версий и заканчивая автоматизированным генерированием электронной документации.

УДК 531.7

Л.А. Борковская, А.В. Борковский, О. Ильницкая, Д.А. Тюпа

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ПОТОКЕ

Эта статья рассказывает о системах технического зрения, которые позволяют получать информацию об относительном движении объекта в режиме реального времени. Показано, что алгоритмы необходимые для решения широкого круга практических задач по определению относительного движения могут быть получены на основе известных алгоритмов расчета оптических потоков. Работы в области оптического расчета потока были проведены на протяжении последних 30 лет. В последние десятилетия эти методы были использованы в широком кругу прикладных задач в связи с увеличением вычислительной мощности компьютеров и появление специализированных графических процессоров. Существует большое количество публикаций, которые были написаны на данную тему. Существуют также широко доступные библиотеки с открытым кодом, такие как OpenCV, LTI-Lib, VXL. Методы оптического потока оказываются полезными для сегментации изображений, а также для обнаружения препятствий от движущихся объектов [3].

УДК 321.3.016.001.57:621.3.018.12

С.И. Шанькин, А.А. Ступаков, Ф.Ф. Сиренко, С.В. Епифанов

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ФАЗОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Данная статья посвящена разработке алгоритма, позволяющего используя сигнал штатного датчика частоты вращения определять величину крутящего момента турбовального двигателя. Приведены результаты экспериментального исследования сигнала с использованием лабораторной установки и упрощенной модели выступа вала, а также сигнал со стендовых испытаний. Предложены две методики по обработке экспериментальных данных.

Приведен алгоритм по определению величины крутящего момента и исследованы факторы, влияющие на точность определения величины крутящего момента и робастность алгоритма.

УДК 621.43.068.4

И.И. Неяченко, Ф.М. Гаджиев

ПРОГРАММНАЯ ФУНКЦИЯ «ВИРТУАЛЬНЫЙ ВОДИТЕЛЬ» В АВТОМОБИЛЕ С РУЧНОЙ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ И СИСТЕМОЙ «EGAS»

Применение электрического привода дроссельной заслонки (система «EGAS») в системе электронного управления двигателем легкового автомобиля вместо механического привода существенно расширяет возможности по оптимизации работы ДВС. В частности, система «EGAS» широко используется для организации комплекса вспомогательных функций управления автомобилем, так называемого «виртуального водителя», в обязанности которого могут входить, например, «cruise control» - функция стабилизации скорости автомобиля, «Electronic Stability Program» - функция курсовой устойчивости и т.д. В данном докладе представлена разработка одной из таких функций, позволяющая оптимизировать динамическое управление двигателем при эксплуатации автомобиля в различных условиях с ручной или автоматической трансмиссией. Цель разработки – повышение ездовых качеств автомобиля при соблюдении требований экологической и общей безопасности

УДК 629.7.03:681.518.7

Е.В. Павлюк, С.В. Епифанов, С.И. Суховой, Р.Л. Зеленский

СОГЛАСОВАНИЕ КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗАЦИЕЙ СЛУЖЕБНОГО КОМПРЕССОРА С КОНТУРОМ УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГДУ КОМПРЕССОРА ВСУ

Приведен анализ влияния контура управления механизацией служебного компрессора ВСУ на контур управления подачей топлива в камеру сгорания в системе с отбором топлива с выхода качающего узла насоса-дозатора. С помощью разработанной математической модели системы выявлено, что при быстрой остановке выходных звеньев агрегатов механизации компрессора возникает кратковременное увеличение расхода топлива в камеру сгорания, которое приводит к снижению запасов ГДУ компрессора газогенератора. По результатам математического моделирования даны рекомендации для формирования контура управления агрегатами механизации компрессора. Необходимые запасы ГДУ компрессора обеспечиваются выбором соответствующего ускорения при замедлении агрегата. Результаты исследования были использованы при разработке САУ двигателя АИ-450-МС.

УДК 622.012.2:621.31

Н.И. Бурау, А.М. Павловский, В.Н. Харитонов, Л.Л. Яцко

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА AT91SAM7X

Рассматривается возможность использования микроконтроллера AT91SAM7X семейства ARM в качестве основного вычислительного ядра модуля автоматической защиты двигателя при обрыве вала силовой турбины. Приведены характерные особенности микроконтроллеров с ядром ARM. Разработана блок-схема модуля защиты двигателя, создан макет модуля. Разработано и протестировано технологическое программное обеспечение, предна-

значенное для приема аналоговых сигналов, преобразования и передачи в микроконтроллер, сохранения значений измерений в буферную переменную, формирования пакетов для выдачи во внешние цифровые системы сопрягаемых устройств.

УДК 629.7.048 : 62-531.8

А.И. Хлистун, В.П. Бочаров, А.З. Ганиев, Т.А. Терещенко

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА, ОТБИРАЕМОГО ОТ КОМПРЕССОРА ГТД

Приведено математическое описание цифрового регулятора параметров воздуха, отбираемого от компрессора ГТД, основанное на представлении динамики цифрового регулирующего устройства в виде разностного уравнения и использовании z-преобразования для получения передаточной функции регулятора. Сформулированы требования к стенду для функциональных испытаний и отработки параметров цифрового регулятора, приведены пневматическая схема стенда и интерфейс системы контроля и регистрации параметров. Приведены результаты функционального анализа цифрового регулятора пневматической системы самолета транспортной категории, проведенного с использованием компьютерно-интегрированного метода.

УДК 622.691

В.Н. Жариков

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДКС С ГАЗОТУРБИННЫМ ПРИВОДОМ ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ СЖАТИИ ГАЗА

Рассмотрены особенности технологической схемы дожимной компрессорной станции с двухступенчатой схемой сжатия природного газа. Проанализированы способы информационного представления компрессорных станций для целей моделирования и выбран наиболее оптимальный. Компрессорный цех представлен как совокупность дискретных моделей основного оборудования. Предложена постановка задачи оптимизации режима работы компрессорного цеха с газотурбинными газоперекачивающими агрегатами, которые работают в группах на дожимной компрессорной станции в две ступени сжатия.

УДК 004.896

Г.П. Михнева

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ РОБОТОМ

Представлен аналитический обзор исследований по построению интеллектуальных систем управления технологическими системами и процессами с целью нахождения методов построения оптимальных траекторий перемещения электромеханических приводов координатно-измерительной машины при измерении деталей. Предлагается, для нахождения оптимального маршрута при измерении детали на координатно-измерительных машинах применить алгоритм с использованием нейронной сети Хопфилда. Применение нейронных сетей в системах, реализующих элементы интеллектуального управления, позволит корректировать параметры процесса измерения детали в реальном времени.

УДК. 681.2 (043.2)

Т.С. Мицай

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Рассмотрен алгоритм оптимального планирования маршрутов в общей постановке. Маршрут строится в виде итерационного процесса улучшения решений, причем на первом этапе для определения маршрута используется волновой алгоритм с вычислительной сложностью пропорциональной числу узлов графа. На следующих этапах алгоритма происходит уточнение маршрута за счет последовательного выполнения пространственной фильтрации матрицы накопленных затрат и матрицы направлений. Алгоритм завершает свою работу при стабилизации накопленных затрат для узлов графа. Быстродействие алгоритмов зависит от требуемой точности построения маршрута.

УДК 681.2.088

С. П. Ярмоленко, В.П. Квасников

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Хроматографические методы анализа основываются на разнообразных физических и химических процессах, которые дают возможность решать сложные аналитические задачи разделения и следующего определения малых концентраций близких по химическим свойствам веществ. Такие аналитические проблемы другими методами решать тяжело, а часто - просто невозможно. Чтобы решить эту проблему, необходимо не только усовершенствование хроматографов и их программного обеспечения не только для управления хроматографическим процессом, а и обработки результатов измерений. Удовлетворительное описание процесса хроматографического разделения веществ можно получить, объединив отдельные положения теории эквивалентных тарелок, диффузной теории Ван Деемтера. Для повышения надежности таких измерений, кроме промахов, делают два или три наблюдения, и за результат измерений принимают среднее арифметическое значение результатов этих наблюдений.

УДК 629.735

Т. М. Пирог

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ МЕРЫ СЛУЧАЙНОСТИ ПРИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Достоверность получаемой потребителями информации, непосредственно зависит от точности данных измерений. Показатели точности изготовители координатно-измерительных машин получают различными средствами, в различных положениях в пространстве и оценивают, используя различные методики. Делать вывод про фактическую погрешность измерения тех или иных геометрических параметров по указанным характеристикам или проводить сравнение отдельные координатно-измерительные машины очень сложно. Поэтому одной из важнейших задач есть разработка универсальных средств и методов метрологической аттестации КИМ. В статье приведён аналитический расчёт априорной и апостериорной дисперсий, как одного из важнейших критериев оценки достоверности и количества измерительной информации.

УДК 531.004

Ю.П. Лещенко

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО РОБОТА

Представлен обзор развития робототехники, состав, параметры и классификация роботов. На основе всего изложенного материала приведены функциональная, а также структурная схемы интеллектуального измерительного робота и описаны функциональное назначение его основных составных частей. Отмечена значимость применения интеллектуальных измерительных роботов и преимущества их использования. Описано почему в современном обществе, когда наблюдается тенденция к миниатюризации изделий все чаще используются измерительные роботы. Также описаны возможности современных измерительных роботов. Приведены направления развития и основные параметры работы интеллектуальных измерительных роботов.

УДК 004.89.004.3

С.С. Михнев

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

Приведена обобщенная структура системы управления автономным мобильным роботом и структуры информационного обмена робота с внешней средой. Выделены классы неопределенности входной информации, поступающей в процессе информационного обмена мобильного робота с внешней средой. Проведен анализ задач системы управления требующих применения методов искусственного интеллекта. Предложена структура интеллектуальной гибридной системы управления автономным мобильным роботом, которая содержит элементы нейросетевых технологий, нечеткой логики и генетических алгоритмов.

УДК 044.451.5

С.Г. Семенов, С.Ю. Гавриленко, В.В. Давыдов

БЕЗОПАСНОСТЬ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Проведено сравнительное исследование операционных систем реального времени, выявлены их основные особенности, достоинства и недостатки, а также уровень безопасности. Построены сравнительные диаграммы быстродействия компьютерной системы и производительности сетевого оборудования для операционных систем реального времени VxWorks AE, Windows CE.NET/NT и QNX. Сделан вывод о целесообразности использования в автоматизированной системе технологическим процессом системы QNX. Проведено исследование микроядерной архитектуры операционной системы QNX, выявлены основные угрозы безопасности в этой системе.

УДК 681.518.5

В.М. Грудинкин, В.Ф. Миргород, В.А. Качура

СРЕДСТВА МОДЕЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ И ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В работе предлагается усовершенствование известных и создание новых математических моделей процессов управления и контроля параметров таких сложных нелинейных многорежимных объектов, какими являются газотурбинные двигатели и силовые установки на их основе. Путем линеаризации в окрестностях рабочей точки получена линейная математическая модель пространства состояний, являющаяся моделью приближенной динамики в отклонениях. Математическая модель процесса управления и контроля параметров исследуемого объекта создается как модель динамических отклонений от перемещающейся рабочей точки на его статической характеристике и является следящей системой с астатизмом первого порядка относительно семейства статических характеристик

УДК 681.518.54

В.Ф. Миргород, И.М. Гвоздева, А.Ю. Кузьменко

НОВЫЕ ФОРМЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Для решения задач управления режимами по косвенным параметрам и контроля состояния применительно к бортовой аппаратуре предлагаются новые аппроксимационные формы математических моделей нелинейных динамических объектов. Предлагаемые модели основаны на непосредственном учете вида статических характеристик объектов, получаемых при стендовых испытаниях. Динамическая часть предлагаемой модели Гаммерштейна организована в виде астатической следящей системы, что обеспечивает повышение точности моделирования и упрощает реализацию при сохранении высокой степени адекватности. Выполнено сопоставление моделируемых параметров газотурбинного двигателя с данными бортовой регистрации.

УДК 681

О.П. Сташинский

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ ГАЗОПРОВОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ОПЕРАТИВНЫХ ДЕЙСТВИЙ

В статье рассматривается процесс математического моделирования потока газа в одностороннем магистральном трубопроводе в условиях нестационарного режима его работы. Представлена математическая модель, которая лежит в основе системы дифференциальных уравнений в частных производных, отражающие основные физические законы которые имеют место при нестационарных процессах работы газопроводов. Данный метод положен в основу создания компьютерного тренажерного комплекса оперативных действий для диспетчерского персонала газотранспортного предприятия. Отмечается, что выбор правильной модели и разработка на ее основе программных средств повышает эффективность использования тренажерного комплекса, способствует формированию практических навыков, повышению профессионального уровня и уверенности специалистов.

УДК 681.518.54

В.Ф. Миргород, Н.Д. Багаутдинов, И.М. Гвоздева

НОВЫЙ КРИТЕРИЙ РАЗЛИЧИЯ ТРЕНДОВ ДВУМЕРНЫХ ВЫБОРОК ПАРАМЕТРОВ РЕГИСТРАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Выполнена разработка и приведены результаты применения методов двумерного трендового контроля применительно к задаче диагностирования технического состояния газотурбинного двигателя в длительной эксплуатации. Предложены две трендовые статистики, разностная и новая двумерная типа Хальда-Аббе, позволяющие установить факт различия трендов в исследуемых временных рядах, при опорной гипотезе о наличии и идентичности трендов. Для разностной статистики ее свойства установлены в аналитическом виде, а для предлагаемой новой DR-статистики – методом статистического моделирования. Представлен пример двумерного трендового контроля для реальных данных эксплуатации газоперекачивающего агрегата.

УДК 629.179.13

С.В. Епифанов, Б.А. Щербань, Н.Д. Багаутдинов, Ю.В. Черкасов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ АЛГОРИТМА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Корректность результатов диагностирования технического состояния любого объекта зависит как от эффективности методики поиска неисправностей, так и от совершенства этапа подготовки исходных данных. В данной работе предложен ряд методов повышения эффективности этапов подготовки исходных данных, входящих в любой алгоритм параметрической диагностики. Особое внимание уделено наиболее ответственным шагам – выбору контролируемого участка, построению эталонной модели, приведению параметров, измеренных бортовой аппаратурой, к стандартным атмосферным условиям. Проведено сравнительное исследование эффективности различных способов сглаживания выборок. Предложенная методика может одинаково успешно применяться как при допусковом контроле, так и при анализе трендов параметров.

УДК 629.179.13

М.В. Шевченко, С.В. Епифанов

МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ГТД

Рассмотрена проблема оценивания отклонений неизмеряемых параметров ГТД путем статистического анализа отклонения измеряемых параметров в условиях изменения технического состояния двигателя и недостатка информации об этом изменении, обусловленном ограниченными возможностями измерительной системы. В качестве исследуемого неизмеряемого параметра рассмотрена тяга. Для системы линейных уравнений, описывающих объект, составлена матрица плана и выявлена мультиколлинеарность ее элементов. Для решения проблемы рассмотрена процедура, основанная на использовании главных компонент, позволяющая получить устойчивые смещенные оценки. В качестве объекта исследования рассмотрен ТРДД с пятью измеряемыми параметрами и двадцатью тремя параметрами, характеризующими изменение технического состояния. С помощью нелинейной поузловой модели исследуемого объекта смоделированы дефекты проточной части, имитирующие изменение технического состояния, получе-

ны оценки отклонения исследуемого параметра и выполнено их сравнение с результатами, полученными с помощью нелинейной модели. Определены погрешности оценивания.

УДК 621.431.74

Р.А. Варбанец, Ю.Н. Кучеренко, А.И. Головань

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СУДОВОЙ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Приведены данные теплотехнических испытаний главного двигателя MAN B&W 6L80MCE балкера типа "кейпсайз". На основном эксплуатационном режиме проведена параметрическая диагностика технического состояния цилиндропоршневой группы, топливной аппаратуры и механизма газораспределения. Анализ индикаторных показателей рабочего процесса производился с помощью системы диагностирования D4.0H. Для определения эффективных показателей и механического КПД была применена система на базе беспроводных датчиков, установленных на гребном валу, регистрирующих частотные характеристики вращения и работающих в режиме MESH-сети. Для дополнительной оценки эффективных показателей и для определения параметров турбонаддува использовались методы спектрального анализа. С помощью представленных в статье методов удалось рассчитать частоты вращения турбонагнетателей на всех эксплуатационных режимах, в том числе и для дизель-генераторов, на которых тахометры турбин были не предусмотрены.

УДК 621.002:681.324

В.В. Голикова, П.К. Сопин, Т. Л. Степанченко

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ ОПЕРАТИВНОГО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИЕМОСДАТОЧНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВС

Эффективность оперативного анализа результатов приемосдаточных и контрольных испытаний ДВС достигается применением информационных технологий, реализующих алгоритмы: построения функциональной модели процесса испытаний, выбора информативных параметров и моделирования на их основе испытываемых объектов и процесса испытаний, прогнозирования технического состояния двигателей и принятия решений о годности испытываемых двигателей к дальнейшей эксплуатации. Предлагаемая информационная технология оперативного анализа информации в ходе приемосдаточных и контрольных испытаний ДВС является универсальной и может быть применена при испытаниях автомобильных бензиновых двигателей различных модификаций при соответствующей адаптации моделей.

УДК

Д.М. Фёдоров

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Проведен аналитический обзор существующих алгоритмов распознавания изображений. Выявлено, что все рассмотренные алгоритмы имеют недостатки, связанные или с отсутствием стадии обучения, или с отсутствием теоретического обоснования выбора параметров алгоритма, в результате чего распознавания становится некачественным. В работе был предложен алгоритм классификации измеряемых объектов, который может использоваться в координатно-измерительных машинах для идентификации класса измеряемых объектов, что позволит сделать измерения более точными и быстрыми.

УДК 629.7: 621.3

М. Н. Наказненко

НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО НАКОПИТЕЛЯ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ГАРАНТИРОВАННОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Установлено, что задачи контроля и диагностирования электрохимического накопителя можно решать, применяя аппарат нейронных сетей. В результате исследования предложена концептуальная схема нейросетевого контроля и диагностирования. Разработана структурная схема нейросетевой системы контроля и диагностирования электрохимического аккумулятора в составе систем автономного энергоснабжения, которая состоит из нейросетевых датчиков, АЦП, фильтров, нейронного чипа, постоянного запоминающего устройства, оперативного запоминающего устройства, оптронной пары и связано по параллельному порту RS232 с ПК. Определены основные структурные элементы схемы и их функции. Разработанная система позволяет проводить более эффективный контроль и диагностику электрохимических накопителей.

УДК 629.7.07

А.Н. Рева, П.Ш. Мухтаров, С.В. Недбай, С.И. Корж

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫЯВЛЕНИЯ ОСНОВНОЙ ДОМИНАНТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАЦИОННОГО ОПЕРАТОРА В УСЛОВИЯХ РИСКА

Учитывая влияние пилотов и авиадиспетчеров как «операторов переднего края» на безопасность функционирования сложной полиэнергетической системы управления «экипаж – воздушное судно – среда – орган управления воздушным движением», предложено оценивать их профессиональную деятельность с учетом основной психологической доминанты, которая определяет отношение к риску, а именно: склонность, несклонность и безразличие к риску. Понятие полезности рассмотрено с позиций безопасности полетов и распространено на процессы принятия решений авиационным оператором в условиях риска. Разработана и обоснована теоретическая модель оценочной функции полезности-безопасности авиационного оператора. Рассматривая профессиональную деятельность пилотов и авиадиспетчеров как непрерывную цепь решений, доказана возможность выявления основной доминанты деятельности на множестве условий и последствий деятельности.

УДК 629.7.07

Ю.Ю. Бирюков

КЛАССИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРУППОВЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ НА ФАКТОРАХ ОПАСНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Опираясь на предлагаемые ИСАО современные концепции проактивного обеспечения безопасности полетов с учетом человеческого фактора, проведены исследования по выявлению и анализу спектра из $n=15$ опасных факторов, а также последующих рисков, которые угрожают жизнеспособности аэронавигационной системы. И поскольку именно отношение авиадиспетчеров к опасным действиям и условиям отображает «безопасную» корпоративную культуру, то выявлены их индивидуальные предпочтения на этих факторах. Учитывая, что системное свойство емерджентности имеет групповая система предпочтений, обобщающая, в

том числе и противоречивые мнения, доказано, что эта «маргинальность» может быть следствием уникального личностного опыта профессиональной деятельности авиадиспетчеров, вовлеченных в испытания. Адаптированы процедуры применения классических критериев принятия решений (Вальда, Севиджа, Байеса-Лапласа, Гурвица) для непараметрического определения групповых систем предпочтений на множестве исследуемых факторов опасности с установленной мерой риска соответствующих выводов.

УДК 656.7.08.614.8

Ш.Ш. Насиров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВАЖНОСТИ ХАРАКТЕРНЫХ ОШИБОК АВИАДИСПЕТЧЕРОВ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Учитывая влияние авиадиспетчеров на безопасность полетов, сформирован перечень из $n=21$ их характерных ошибок, которые могут возникнуть в процессе непосредственного управления воздушным движением. Получена статистически достоверная система предпочтений авиадиспетчеров на множестве указанных ошибок, которая отображает тенденцию мнений авиадиспетчеров относительно их значимости. Поскольку система предпочтений указывает исключительно на взаимное ранжирование ошибок, то есть дает только качественное представление и не указывает на сколько, или во сколько раз одна ошибка является важнее другой, применен математический аппарат метода расстановки приоритетов для установления коэффициентов веса ошибок, опираясь именно на их ранги.

УДК 629.7.07

О.Н. Дмитриев, В.А. Шульгин

УЧЕТ СТАТИСТИКИ ОТКАЗОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В ПРОГРАММАХ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ЛЕТНЫХ ЭКИПАЖЕЙ (на примере самолета Ан-24)

Учитывая важную роль авиационных тренажеров в процессах профессиональной подготовки летных экипажей к действиям по локализации последствий отказов авиационной техники, указано, что, с одной стороны, такая подготовка должна обязательно ориентироваться на наиболее влияющие на безопасность полетов отказы, а, с другой стороны, - на частоту повторения отказов, не зависимо от их значимости. Особое значение при этом имеет фактор старения авиационной техники, поскольку время эксплуатации самолетов отечественного производства был продолжен на длительное время. Установлен перечень отказов для отработки во время тренажерной подготовки, который соответствует критериям, которые были сформулированы.

УДК 629.7.03.018

Б.Б. Коровин, О.Н. Былинкина, М.В. Кузьмин

ВИБРОАКТИВНОСТЬ ТРДДФ С МЕЖРОТОРНЫМ ПОДШИПНИКОМ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Проанализированы особенности виброхарактеристик ТРДДФ с межроторным подшипником в условиях эксплуатации на маневренном самолете. Показано, что основными источниками виброактивности двигателя в условиях его работы на самолете являются ротора низкого и высокого давления, межроторный подшипник и рессора выносной коробки агрегатов (ВКА), а

наиболее вибронегруженными режимами полета - разгоны самолета на максимальных и форсированных режимах работы двигателя. Подтверждена представительность штатного места измерения вибраций и целесообразность использования при анализе вибраций широкой полосы частот. По широкополосному выходу датчиков вибраций в штатном месте измерений удалось зарегистрировать и идентифицировать не только роторные и кратные им составляющие, но и составляющие, генерируемые вибрационным горением, роторами ВКА, а также составляющие, позволяющие оценивать работу и техническое состояние межроторного подшипника. Ввиду большого числа значимых составляющих вибраций, помимо первых роторных гармоник в полосе частот оценки СКЗ вибраций двигателя, сделан вывод о невозможности эффективного бортового контроля его состояния только по СКЗ вибросигнала.

УДК 629.7.03.018

О.Н. Былинкина, Б.Б. Коровин, Е.В. Брычева

К ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ МЕЖРОТОРНОГО ПОДШИПНИКА ПО ВИБРОСИГНАЛУ

Обсуждается проблема использования вибрационных диагностических признаков состояния межроторного подшипника, полученных в стендовых условиях его работы с внесенными дефектами в составе технологического ТРДДФ. Показано, что при летной эксплуатации собранного по ТУ двигателя возможно кратковременное появление вышеуказанных диагностических признаков, связанное не с дефектом, а с условиями работы подшипника в эксплуатации. Обращено внимание на возможность появления вблизи диагностической составляющей с частотой вращения сепаратора межроторного подшипника субгармоники комбинационной составляющей вибрации роторов, которая может маскироваться под диагностическую. Даны рекомендации для повышения надежности диагноза.

УДК 629.7.03.018

Б.Б. Коровин, А.А Стасевич, О.Н. Былинкина

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ МЕЖРОТОРНОГО ПОДШИПНИКА ТРДДФ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ШТАТНОМУ ВИБРОСИГНАЛУ

Обоснована целесообразность автоматизированного контроля вибронегруженности межроторного подшипника ТРДДФ при его работе в составе маневренного самолета. Технология контроля базируется на использовании сигнала с широкополосного выхода штатного датчика на изгибной керамике, установленного на промежуточном корпусе двигателя. Алгоритмом контроля предусмотрено выделение в спектре вибросигнала диагностической составляющей на частоте вращения сепаратора межроторного подшипника с оценкой его вибронаработки на различных режимах работы двигателя. Основанием для внештатной проверки состояния подшипника служат появление диагностической составляющей и ее прогрессирующая наработка на режиме малого газа для технологического двигателя с дефектным подшипником. Рассмотрена версия алгоритма в реальном времени.

УДК 629.7.03:681.5.03 (045)

В.В. Панин, С.В. Енчев, А.В. Попов, А.Ю. Сидоренко, В.В. Щенетов

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОМПАЖА В КОМПРЕССОРАХ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА

В статье рассматривается проблема идентификации помпажных явлений в компрессорах авиационных газотурбинных двигателях. Обосновывается применимость метода распознавания помпажа с помощью вейвлет-разложения сигналов датчиков давления двигателя. Определен способ вейвлет-обработки сигналов. Разработан алгоритм вейвлет-преобразования разрабатываемого устройства идентификации помпажных и предпомпажных состояний. Отмечен особый характер поведения дисперсии распределения вейвлет-коэффициентов за 1...2 с до начала помпажа, что может являться информативным признаком его наступления.

УДК 004.42

Т.В. Киприч, В.Н. Харитонов

СПОСОБ АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИЗА ВИБРОСИГНАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ ГТД

Предложен способ автоматизации анализа вибросигналов для оценки технического состояния узлов ГТД в программно-аппаратном комплексе (ПАК) «WinПОС». Модуль, встроенный в ПАК «WinПОС», позволяет диагностировать возникновение неполадок в работе двигателя, благодаря предварительной фильтрации вибросигналов, расчету дистанций и углов по различным направленностям в пространстве, а также визуальному представлению для исследования в 3D плоскости траектории вала в подшипнике. Результаты проведенных расчетов по диагностике состояния узлов двигателя были получены по данным стендовых испытаний ТВД ТВ3-117ВМА-СБМ1.

УДК 629.113

Е.И. Оксень, Д.Е. Оксень

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Изложена методология выявления дефектов в системах и механизмах двигателей внутреннего сгорания на основе оценки степени неравномерности вибраций корпуса в процессе его работы. Предложена конструкция пьезометрических преобразователей для фиксирования сигналов виброакустической эмиссии, распространяющихся в корпусных деталях ДВС. Разработаны аппаратура и программное обеспечение мобильного диагностирующего комплекса. Установлено, что выявление дефектов в системах и механизмах ДВС может быть осуществлено на основе оценки степени неравномерности колебаний корпуса по сигналам виброакустической эмиссии. В качестве критерия состояния ДВС предложено использовать коэффициент корреляции экспериментальных данных с обобщающей экспоненциальной зависимостью.

Т. П. Грызлова, А. О. Балыкина

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ И ПРИЗНАКОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

Представлена система для анализа информативности признаков и признаковых пространств, которая позволяет объективно выбрать диагностические признаки и признаковые пространства из заданного набора. Критерием информативности служит отношение среднего расстояния между классами к среднему внутриклассовому расстоянию в признаковом пространстве (пространстве образов). Критерий позволяет отобрать информативные составляющие в спектре сигналов, выбрать метод обработки сигналов для решения задач технической диагностики. Выполнен анализ информативности признаков в различных технических решениях задачи диагностики подшипников трансмиссии ГТД. Показано, что оценки информативности признаков помогают выбрать правильную постановку задачи классификации, метод и алгоритм принятия решений, метод обработки вибросигналов.

УДК

Т.П. Грызлова

МЕТОД АНАЛИЗА ПОЛУВОЛН ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНОГО ИСТОЧНИКА ПО ЦИФРОВЫМ СИГНАЛАМ

Задача диагностики состояния сложного источника решается по набору признаков, получаемых методами цифровой обработки сигналов, чаще всего, спектральными, достоинства и недостатки которых хорошо известны. Предложен принципиально новый метод цифровой обработки сигналов – метод анализа полувольт (НВ-анализ). Метод предназначен для распознавания последовательности состояний сложного источника в реальном времени, достаточно прост и надежен для решения следующих задач автоматического анализа сигналов сложных источников: распознавания (диагностики) состояния, обнаружения локальных неоднородностей и распознавания последовательности состояний. Основой метода анализа полувольт является алгоритм поиска пересечений нулевого уровня в заданном направлении. Вычисляются гистограммы длительностей полувольт и выполняется расслоение гистограмм длительностей полувольт по подинтервалам наблюдения или/и по типам полувольт по заданной метрике. Ищутся характерные последовательности полувольт. Базовые алгоритмы образуют множество данных и статистик, пригодных для решения задач классификационного анализа сигналов. Оператор сравнения полувольт с множеством классифицированных образцов полувольт позволяет решить задачу распознавания последовательности состояний сложного источника. Представлены результаты применения метода к задаче диагностики состояния подшипников трансмиссии ГТД и испытаний подшипников на надежность. Предлагается ряд признаков, полученных с помощью НВ-анализа. Показана их высокая информативность в задаче диагностики состояния подшипников трансмиссии ГТД.

УДК 621.438.003

А. А. Облеухов, Д. С. Шалаев, Т. П. Грызлова

АНАЛИЗ ИНФОРМАТИВНОСТИ WAVELET-ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ВИБРОСИГНАЛОВ В ЗАДАЧЕ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ

Представлены две новые системы диагностических признаков, полученные на основе структурного анализа диагностических вибросигналов. В первом случае строятся графики вибросигналов, далее выполняется концептуальный анализ изображения. Характеристики репрезентативных элементов изображения и являются исходной системой признаков. Вторая система получается как совокупность характеристик функций сложности сигнала и Wavelet-разложения в базисе функций Хаара с последующей оценкой результатов их декомпозиции с помощью функций сложности. Представлены результаты расчетов информативности признаков на основе анализа графиков и декомпозиции сигнала по Wavelet-коэффициентам в задачах оценки состояния подшипников трансмиссии ГТД и испытаниях подшипников на надежность. Выбраны признаки с показателями информативности много более высокими, чем информативность признаков в действующих методиках диагностики подшипников трансмиссии ГТД. Информативность найденных признаков позволяет строить линейные классификаторы с простыми решающими правилами.

УДК 629.3.062.3

А.В. Масловский, М.Г. Бакулин

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ ПРИ МИКРОВОЛНОВЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассмотрен новый способ исследования процессов, происходящих в проточной части газотурбинных двигателей (ГТД). Предложенный способ основан на построении и анализе фазового портрета сигнала в микроволновой системе измерения радиальных зазоров. На примере математической модели показано, что изменение геометрических параметров элементов проточной части ГТД приводит к различным изменениям фазового портрета. Анализ фазового портрета позволяет обнаруживать эти изменения, измерять их и разделить вклад различных составляющих на изменение одного и того же параметра. Например, определить составляющую изменения зазора, вызванную удлинением лопатки, и составляющую, вызванную изменением размера корпуса. Приводятся результаты практического использования данного метода при стендовых испытаниях авиационного ГТД.

УДК 629.3.062.3

А.В. Масловский, М.Г. Бакулин

МИКРОВОЛНОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ. ПРИНЦИПЫ, ВОЗМОЖНОСТИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Рассмотрены принципы построения микроволновых систем измерения радиальных зазоров в газотурбинных двигателях и возможности использования микроволновых измерений для решения других практических задач. Описываются основные факторы, влияющие на характеристики микроволновых измерений и преимущества микроволновых систем перед дру-

гими системами измерения радиальных зазоров. Приведены результаты измерений с применением микроволновой системы при проведении стендовых испытаний авиационного газотурбинного двигателя. На основе анализа результатов стендовых и лабораторных испытаний определяется основная область применения микроволновых измерительных систем.

UDC XXX.XXXX

D. Kwapisz, M. Hafner, V.Spitsyn, A.Mykhaylov, V. Berezhnoy

TEST AND VALIDATION OF A MICROWAVE TIP CLEARANCE SENSOR ON A 25MW GAS TURBINE ENGINE

Blade turbine monitoring is an important area of work for improvements in gas turbine operation. Blade tip clearance measurements offer improvement in engine efficiency by enabling active clearance control. However, this is a difficult measurement because of the harsh turbine environment. The high temperature microwave sensor presented in this paper is one of the most promising candidates for clearance measurement. It has been tested on the high pressure stage of a 25MW gas turbine engine during different operating modes. Moreover, the individual blade clearance measurement has been tested by using a rotor with ten shortened blades. The resulting measurement performance is very good in terms of precision and accuracy and show the efficacy of this measurement system.

УДК 681.786

Л.М. Покидько

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРЕЦИЗІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Розглянуто один з безконтактних методів вимірювання геометричних параметрів прецизійних деталей з використанням лазерного випромінювання. В лазерних системах контролю лазерний промінь використовується в якості оптичного зонду, що дозволяє здійснювати контроль геометричних параметрів деталі, контролювати її відповідність еталонній моделі, оцінювати якість виготовлення та обробки. Такі системи контролю забезпечують більш високу точність в порівнянні з традиційними методами, що ґрунтуються на механічній взаємодії приладу контролю та об'єкту контролю. Використання даного підходу до оцінки якості авіаційних деталей, що ґрунтується на використанні математичного аналізу скенограм відкриває широкі можливості для розгорнутої діагностики об'єктів зі збільшенням достовірності та стабільності контролю та дозволяє перейти до автоматизації процесу вимірювання та визначення придатності деталі з частковою або повною заміною оператора и оперативним коректуванням процесу виробництва.

УДК 623.46.001:533.6.011

В.В. Кулалаев, А.В. Кулалаев

СИГНАТУРА ТЕПЛОВЫХ СИГНАЛОВ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕННОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПОЛЕ, КАК «СИЛОВОЙ» ФАКТОР УПРАВЛЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМИ СЛЕДЯЩИМИ СИСТЕМАМИ

Предложена гипотеза о том, что сигнатура электромагнитного излучения (ЭМИ) объекта в пространственном информационном поле (ПИП) в виде вектора Умова-Пойнтинга,

является «силовым» фактором управления полем сил коррекции приёмной системы любого пространственного наблюдателя (ПН). Проведено теоретическое и экспериментальное доказательство справедливости предложенной гипотезы для векторной сигнатуры теплового сигнала от любого объекта ПИП при температуре $T_0 > 0$, что подтверждено на примере управления оптико-электронными следящими системами ОЭСС инфракрасного диапазона. Результаты работы могут быть использованы при исследовании методов помехозащищенности ОЭСС различных типов, а также при разработке систем оптико-электронного противодействия (СОЭП) для защиты тепловыделяющих объектов от средств поражения с ОЭСС, в том числе летательных аппаратов коммерческого и гражданского назначения.

УДК 623.46.001:533.011

В.В. Кулалаев, А.В. Кулалаев,

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ КАНАЛАМИ СВЯЗИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА В ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЯХ. ЧАСТЬ 1

Особенности применения гипотезы «силового» воздействия векторных сигнатур электромагнитного излучения на приёмные системы для пространственного управления информационными каналами в поле искусственных помех

УДК 623.46.001:533.011

В.В. Кулалаев, А.В. Кулалаев

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ КАНАЛАМИ СВЯЗИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА В ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЯХ. ЧАСТЬ 2

Влияние полей искусственных тепловых помех на пространственное управление каналами связи оптико-электронных систем слежения при самонаведении на динамический излучающий объект.

ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 621.438:621.822

А.С. Букатый, С.А. Букатый, А.А. Иванов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРОЧНЕНИЯ МЕТОДОМ ВЫГЛАЖИВАНИЯ ШАРИКОМ НА ОБРАЗОВАНИЕ ЗАБОИН КРОМОК ЛОПАТОК ГТД

В статье рассмотрено влияние упрочнения кромок лопаток ГТД методом многократного выглаживания поверхности шариком (ВШ) на образование повреждений в виде забоин кромок лопаток компрессора ГТД. В работе использованы аналитический и конечно-элементный методы. На основе анализа энергии упругих и пластических деформаций, возникающих при повреждении кромок посторонними предметами, показана эффективность упрочнения кромок методом ВШ, который создаёт в кромках небольшую предварительную пластическую деформацию. Установлено, что энергия упругих деформаций при образовании повреждений мала по сравнению с энергией пластических деформаций.

УДК 621.923

В.Ф. Ивануха, Ф.В. Новиков, А.В. Медведев

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОРШНЕЙ

Приведен аналитический обзор экспериментальных исследований по повышению отражательной способности наружной поверхности поршней ДВС после финишной обработки по наружной поверхности при помощи лезвийного инструмента различных производителей. Использовались инструменты из поликристаллического алмаза со специальной заточкой производителей Украины, России, ЕЭС. Оценивался параметр цена/качество обработки в стоимостном выражении (стоимость единицы длины и единицы времени работы инструментом различных производителей). Отмечена зависимость отражательной способности от зернистости исходного материала, из которого изготавливался инструмент.

УДК 533.6.01+621.793

Ю.И. Евдокименко, В.М. Кисель, Г.А. Фролов

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГОРЕЛОК ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Повышение энергетической эффективности горелок для высокоскоростного газопламенного напыления (ВГПН) является основной задачей их совершенствования. Предложена методика оценки энергетической эффективности горелок для ВГПН, в качестве критериев которой приняты условная энтальпия торможения дисперсной фазы и условный КПД горелки, определяемый долей химической энергии топлива, преобразуемой в тепловую и кинетическую энергию дисперсной фазы. Рассмотрена эффективность сопловых каналов различной конфигурация существующих горелок. Показано, что при равной тепловой мощности каналы с дозвуковым течением имеют большую длину и обеспечивают более эффективный нагрев частиц, а со сверхзвуковым – более эффективный их разгон, при этом энергетическая эффективность последних оказывается существенно меньшей. Комбинированные каналы, состоящие из протяженных цилиндрических до- и сверхзвуковых участков, обладают энергетической эффек-

тивностью близкой к таковой дозвуковых каналов при скорости частиц, превосходящей достижимую в сверхзвуковых каналах. Показано, что максимальной энергетической эффективностью обладает газодинамический тракт с расходным управлением параметрами газового потока, обеспечивающий максимальные значения температуры и скорости частиц.

УДК 621.793.184

*А.М. Смыслов, А.А. Быбин, Р.Р. Невьянцева, Е.В. Парфенов,
О.Г. Смольникова, П.В. Тарасов*

ОСОБЕННОСТИ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ В ТЕХНОЛОГИЯХ УДАЛЕНИЯ ДЕФЕКТНЫХ ПОКРЫТИЙ ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ЛОПАТОК ГТД

Проведено исследование структурно-фазового состава ионно-плазменного покрытия TiN на стальной и титановой подложках и диффузионных алюминидных покрытий на никелевых сплавах. Изучены особенности удаления защитных покрытий химическим методом с использованием специальных травильных растворов. Проанализированы параметры процесса химической обработки лопаток ГТД с защитными покрытиями и в качестве наиболее информативного параметра, характеризующего состояние поверхности в ходе обработки, выбран электродный потенциал. Разработана структурная схема прибора измерения электродного потенциала, снимаемого с поверхности в ходе удаления дефектных покрытий.

УДК 621.793.324

Е.В. Парфенов, А.А. Быбин, Р.Р. Невьянцева

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО УДАЛЕНИЯ ДЕФЕКТНЫХ ПОКРЫТИЙ С ДЕТАЛЕЙ ГТД

Рассмотрены экологические аспекты процессов удаления ряда функциональных защитных покрытий химическим и электролитно-плазменным методом. Предложена методика оценки экологической эффективности рассматриваемых процессов с учетом требований международного стандарта ИСО 14000. Показано, что для электролитно-плазменного метода экологическая эффективность на 20 % выше по сравнению с химическим методом удаления дефектных покрытий. Установлено, что электролитно-плазменный метод наиболее эффективен при съеме многофазных покрытий, а при удалении простых покрытий эффективность обоих методов одинакова.

УДК 669-1

М.К. Смылова, Д.Р. Таминдаров, А. Б. Самаркина

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН ИЗ СТАЛИ 20X13

Работа посвящена изучению влияния электролитно-плазменного полирования лопаток из стали 20X13 на физико-химическое состояние поверхности. Известно, что эксплуатационные свойства лопаток паровых турбин, такие как предел выносливости и коррозионная стойкость, зависят от многих факторов и в значительной степени определяются физико-химическим состоянием поверхности и ее микро-геометрией, формируемыми на финишных операциях изготовления. Показано, что помимо снижения шероховатости поверхности (до 12 класса), результатом электро-

литно-плазменного полирования являются: повышение предела усталости, увеличение значения потенциала коррозии, увеличение микротвердости образцов. Наблюдаемые эффекты могут быть объяснены протекающей модификацией поверхности – формированием модифицированного поверхностного слоя с повышенным (по сравнению с основой) содержанием хрома.

УДК 669.058

К.С. Селиванов, Р.Ф. Галиакбаров

ПОВЫШЕНИЕ ФРЕТТИНГ-СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН КОМПЛЕКСНОЙ ВАКУУМНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ

Рассматривается возможность повышения фреттинг-стойкости деталей из стальных и титановых сплавов комбинированной вакуумно-плазменной обработкой, совмещающей ионную имплантацию и нанесение многослойного покрытия системы Ti-TiN. Приводятся результаты исследования микрогеометрии поверхности образцов с различной толщиной покрытия после испытания на фреттинг. Полученные результаты подтверждают, что проведенная обработка надежно защищает контактные поверхности от фреттинг-износ. Сколов, отслоений или следов окисления поверхности не возникает, износ покрытия после принятого количества циклов $2 \cdot 10^5$ не превышает величины шероховатости. При этом значительное снижение фреттинг-износа образцов из титанового сплава (до 8,5 раз) по сравнению с исходным, неупрочненным состоянием, объясняется блокированием адгезионного взаимодействия поверхностей основного материала и предотвращения их «схватывания».

УДК 621.793.7

С.В. Сергеев, К.А. Данько

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТЕЧЕНИЯ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА ПРИ НАНЕСЕНИИ

Рассматривается процесс ускорения порошкового материала в сверхзвуковом сопле газопламенной горелки для нанесения газотермических покрытий и в пространстве между срезом сопла и обрабатываемой деталью. Целью анализа является установление зависимости между размером твердой фазы двухфазного потока и распределением толщины наносимого покрытия в поперечном сечении. Основное внимание уделено вопросу определения минимального размера частиц твердой фазы, которые способны сформировать покрытие на обрабатываемой поверхности. Определены необходимые условия образования соединения между частицей и подложкой. В работе применен метод конечноэлементного анализа газодинамики двухфазных сред и вероятностно-статистические методы анализа данных. Установлен минимальный размер частиц, при котором происходит формирование покрытия.

УДК 621.793.7

С.В. Сергеев, К.А. Данько

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА ПРИ НАНЕСЕНИИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Рассматривается процесс ускорения порошкового материала в сверхзвуковом сопле газопламенной горелки для нанесения газотермических покрытий и в пространстве между срезом сопла и обрабатываемой деталью. Целью анализа является установление зависимости между размером твердой фазы двухфазного потока и распределением толщины наносимого покрытия в поперечном сечении. Основное внимание уделено вопросу определения минимального размера

частиц твердой фазы, которые способны сформировать покрытие на обрабатываемой поверхности. Определены необходимые условия образования соединения между частицей и подложкой. В исследованиях применен метод конечноэлементного анализа газодинамики двухфазных сред и вероятностно-статистические методы анализа данных. Установлен характер течения двухфазного потока вблизи поверхности детали, форма и интенсивность стоячей ударной волны, замедляющей и отклоняющей поток частиц. Получены зависимости, описывающие распределение покрытия по толщине в зависимости от размера фракции порошка. Установлено, что независимо от плотности материала порошка минимальный размер частиц, при котором происходит формирование покрытия, не должен быть меньше 100 нм.

УДК 691.793.7

М.Г. Маслюков, С.В. Сергеев

ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЯХ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ДЕТОНАЦИОННО ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

Рассматривается механизм магнитогазодинамического ускорения порошка в коаксиальном стволе. На основе математического моделирования были получены распределения параметров за волной детонации и значения скорости, температуры для исследуемой частицы. На основе данных математического моделирования были получены энергетические характеристики предложенного метода, которые на порядок выше, чем показатели для детонационного. Несмотря на такие высокие показатели, метод обладает массой минусов, по энергетическим затратам. Рассмотрев проблему энергозатрат, была предложена модифицированная схема, позволяющая более эффективно использовать затрачиваемую энергию.

УДК 621.793.7

Ю.А. Сысоев

ПРОБЛЕМЫ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ВАКУУМНО-ДУГОВОГО РАЗРЯДА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Приведен анализ основных проблем ионно-плазменных технологий, в которых плазма генерируется вакуумно-дуговым разрядом с интегрально холодным катодом. Эти проблемы разделены на группы по выделенным основным зонам, характерным для рассматриваемых технологий. Кратко охарактеризованы известные методы и оборудование, позволяющие решить некоторые из существующих проблем, а также предложены новые решения, позволяющие повысить эффективность применяемых в промышленности технологий. Разработанное оборудование является незаменимым при создании нового поколения сложнокомпозиционных покрытий, в состав которых входят как металлы, так и несколько реакционных газов, а также при автоматизации процессов ионно-плазменной обработки.

УДК 629.73 (045)

М. С. Стороженко, А. П. Уманский, С. С. Чупров

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ TiB₂-SiC ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ HVOF-ПОКРЫТИЙ

Исследованы закономерности высокотемпературного окисления композиционного материала системы TiB₂-20масс.%SiC и влияние плакирования никелем на его стойкость к высоко-

температурному окислению. Установлено, что при температуре до 1000 °С окисление материала TiB₂-20масс.%SiC происходит в две стадии с образованием оксидов В₂О₃, SiO₂, TiO₂, которые формируют стекловидную пленку, препятствующую дальнейшему окислению. Показано, что плакирование никелем приводит к увеличению температуры начала интенсивного окисления композиционного материала на 122°С и оплавлению порошка при повышенных температурах.

УДК 621.452.3

В.А.Панасенко, А.Я.Качан, В.Ф.Мозговой

ЧЕРНОВАЯ ОБРАБОТКА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МОНОКОЛЁС ГТД С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛУНЖЕРНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРАХ С ЧПУ

Представлены результаты практического применения метода плунжерного фрезерования центробежных моноколёс газотурбинных двигателей на обрабатывающих центрах с ЧПУ. Рассмотрены методы подготовки управляющих программ обработки межлопаточного пространства ЦБК. Предложенная методика и технология обеспечила высокую производительность и стабильный результат по оставляемому припуску. Проведенные исследования показали значительное снижение трудоёмкости при выполнении операций черновой обработки межлопаточного пространства относительно других методов механической обработки. При наличии сложнопрофильных лопаточных поверхностей выбранный инструмент и режимы резания обеспечили устойчивый процесс при высокой производительности и гарантированном припуске под дальнейшую механическую обработку.

УДК 621.825

С.Н. Соловьев, А.Н. Гурский

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСТАЧИВАНИЯ С АКТИВНОЙ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКОЙ МУФТОЙ-ДЕМПФЕРОМ

Проанализированы современные конструкции борштанг для точного растачивания отверстий, с использованием в качестве демпфирующего элемента магнитореологических жидкостей. Рассмотрена математическая модель расточки точных деталей с применением магнитореологической муфты-демпфера. Исходя из условий работы, борштанги предложена оптимальная конструкция магнитореологической муфты-демпфера с цилиндрическим рабочим зазором. Проанализирована и упрощена модель Навье-Стокса для описания течения магнитореологической жидкости в цилиндрическом рабочем зазоре. Предложена обобщенная система дифференциальных уравнений при растачивании, которую в дальнейшем рекомендуется решать с помощью численных методов.

УДК 621.923

С.Н. Нижник

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ОРИЕНТАЦИИ РЕЖУЩЕГО ЗЕРНА ОТНОСИТЕЛЬНО ВЕКТОРА СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ ПРИ КРУГЛОМ НАРУЖНОМ И ВНУТРЕННЕМ ШЛИФОВАНИИ

На интенсивность и характер протекания контактных процессов существенное влияние оказывают такие кинематические и геометрические параметры формообразования как: положение зерна и его ориентация в процессе шлифования. Сформулирована проблема необходимости

исследования изменения величины и направления абсолютной скорости резания абразивного зерна, а также угла ориентации режущего зерна относительно скорости резания. Получены выражения, которые позволяют определить изменение величины скорости резания и её изменения в пределах угла контакта абразивного зерна с обрабатываемой поверхностью детали. Проведенные исследования дают возможность прогнозировать эффективность использования абразивного инструмента при круглом наружном и внутреннем шлифовании поверхностей деталей.

УДК 621.923

С.Н. Нижник, М.А. Курин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИНЕМАТИКИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ НА КОНТАКТНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Эффективное управление процессом шлифования возможно при условии прогнозирования силовых, тепловых и других характеристик процесса, которое нельзя осуществить без их аналитического описания. Характерной особенностью шлифования является то, что абсолютная скорость движения абразивного зерна в процессе обработки изменяется как по величине, так и по направлению, что способствует вовлечению в процесс резания не затупленных вершин зерен, а, следовательно, позволяет более эффективно использовать абразивный инструмент. С целью поиска оптимального решения задачи предложены основные уравнения, определяющие траекторию резания абразивным зерном, длину кривой контакта зерна с деталью необходимые для изучения условий взаимодействия шлифовального круга с обрабатываемой деталью, определены форма, положение зерна и его ориентация в процессе шлифования. Полученные выражения могут быть использованы для определения энергосиловых параметров процесса шлифования, что дает возможность на этапе проектирования технологической операции произвести анализ теплонапряженности процесса.

УДК 621.923.1

А.Х. Сакаев, В.Ф. Макаров

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШЛИФОВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ НА ТОКАРНО-ЛОБОВОМ МК163М И СТАНКЕ ELB-SCHLIFF MICRO CUT4-520

Приводится сравнительный анализ обработки профильных поверхностей лопаток турбины на многокоординатном шлифовальном станке и традиционной схемой обработки. Рассматривается практическое применение и подтверждение эффективности применения многокоординатной обработки. Наглядно показано оборудование, на котором производились испытания. Рассмотрено качество поверхностного слоя обработанной поверхности получаемых при разных способах шлифования. Отмечено, что наиболее предпочтительным методом обработки профильных поверхностей является многокоординатная обработка.

УДК 621.923

В.И. Белоус

МОДИФИЦИРОВАНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

За последнее время развитие нанотехнологий стало одним из стратегических направлений в машиностроении и авиадвигателестроении. В статье проведен анализ существующих

теорий трибологических воздействий при металлообработке. Рассмотрен вопрос возможности структуризации смазочно-охлаждающих жидкостей углеродными наномодификаторами совместно с поверхностно-активными веществами (ПАВ) с целью изменения реологических свойств смазочно-охлаждающих технологических средств в поверхностном слое при шлифовании труднообрабатываемых материалов для улучшения эксплуатационных характеристик деталей современных авиационных двигателей.

УДК 621.923

В. Ф. Макаров, Е. Н. Бычина, А. О. Чуюн

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛИРОВАНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассмотрены проблемы существующего метода полирования лопаток газотурбинных двигателей кругами на войлочной основе. Предложен новый метод полирования лопаток – полирование бесконечными лентами из шлифовальной шкурки. Новый метод позволяет решить проблему образования глубоких единичных рисок после обработки. Проведены экспериментальные исследования формирования шероховатости в процессе полирования лопаток, подтверждающие теоретические предположения. Приведены результаты исследований. Предложена методика расчета параметров шероховатости. Доказана возможность применения в практических целях математического расчета параметров шероховатости.

УДК 669.017:621.785

А.А. Жуков, Л. А. Хасанова

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АЗОТИРОВАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ГТД

Выявлена взаимосвязь марки стали с показателями качества азотированного слоя. Получены регрессионные статистические модели для оценки и прогноза качества азотированного слоя в зависимости от химического состава стали. Разработана математическая модель и алгоритм расчета показателей качества азотированного слоя от технологических факторов и химического состава стали, обеспечивающая возможность компьютерного управления качеством упрочненного слоя, а также оптимизации технологических режимов азотирования. Предложены рекомендации по совершенствованию технологического процесса азотирования зубчатых колес для ГТД за счет использования методов статистического анализа и моделирования.

УДК 669.017:621.785

Л. А. Хасанова

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АЗОТИРУЕМЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ГТД

Установлена взаимосвязь показателей качества упрочненного слоя с эксплуатационными свойствами азотированных зубчатых колес, используя статистические методы оценки. Получены соответствующие статистические модели, которые позволяют оценить предел контактной выносливости и износостойкость в зависимости от твердости и толщины азотированного слоя. Для комплексной оценки качества и работоспособности азотированного слоя на зубчатом колесе с учетом твердости азотированной поверхности, твердости сердце-

вины и относительной толщины слоя предлагается использовать критерий качества (работоспособности) слоя, что позволит обоснованно выбирать определенное сочетание показателей качества слоя для получения требуемых эксплуатационных свойств азотированного слоя.

УДК 621.74

Г.В. Снежной

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НИЗКИХ СОДЕРЖАНИЙ ФЕРРИТА И МАРТЕНСИТА В АУСТЕНИТНЫХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЯХ

Приведены результаты развития начальной стадии $\gamma + \alpha' \rightarrow \gamma$ и $\gamma + \delta + \alpha' \rightarrow \gamma + \delta$ превращений при малых пластических деформациях и термообработке сталей типа 18-10. Получены температурные зависимости магнитной восприимчивости χ разделенных фаз α' -мартенсита и δ -феррита. Предложен магнитометрический метод количественного определения и разделения малых содержаний δ -феррита и α' -мартенсита деформации, присутствующих одновременно в аустенитной матрице. Обнаружен температурный гистерезис кривых χ , вызванный как фазовым превращением, так и изменением магнитного состояния деформированного аустенита.

УДК 621.74

Г.В. Снежной

КОНТРОЛЬ КОЛИЧЕСТВА δ -ФЕРРИТА В СТАЛЯХ ТИПА 18-10 МЕТОДОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАПРОЦЕССНОЙ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ

Экспериментально установлена количественная линейная зависимость δ -феррита от парапроцессной магнитной восприимчивости аустенитных хромоникелевых сталей. Полученная зависимость может быть положена в основу для разработки нового магнитометрического метода определения объемного содержания δ -феррита в сталях по парапроцессной магнитной восприимчивости. Результаты исследований представляют интерес для определения корреляции между количеством ферритной фазы и служебными свойствами промышленных аустенитных хромоникелевых сталей, что представляет большое практическое значение.

УДК 669.715

Н.Е. Калинина, З.В. Вилищук, В.Т. Калинин

ОСОБЕННОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL-MG

В работе рассмотрен один из наиболее важных для деформируемых алюминиевых сплавов видов модифицирования – измельчение матричной фазы. Показано два способа введения модификатора в сплав: в виде лигатуры вместе с другими составляющими шихты и путем непрерывной подачи при литье слитков лигатурного прутка в кристаллизатор. Изучены первичные и вторичные интерметаллиды, их средний приведенный диаметр, объемная доля, а также массовая доля первичных и вторичных интерметаллидов. Показано и обосновано расход вводимых в сплав 01570 скандия и циркония, формирующих упрочняющую фазу.

УДК 621.763:621.74.043

Л.П. Клименко, В.І. Андреев, О.Ф. Прищепов, Л.М. Дыхта, В.Ю. Голдун

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР РАБОТЫ КОКИЛЕЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНОВОЙ ГУБКИ

С целью определения критической температуры работы кокиля, изготовленного из композиционного пористого материала, рассматривались некоторые особенности структурных превращений титана и химическая активность образца при тепловой нагрузке по следующей программе: нагрев от комнатной температуры до температуры 950 °С со скоростью 30 °С/мин.; выдержка при температуре 950 °С; охлаждение до температуры 350 °С со скоростью 30 °С/мин.. Химическая активность образца проверялась методом синхронного термического анализа. Цель исследования – установить максимальную рабочую температуру для кокилей изготовленных из композиционных пористых материалов на основе титановой губки. В результате исследования установлено, что оптимальная рабочая температура для кокиля из композиционного материала на основе титана составляет 500 °С.

УДК 681.32:638.562

А.О. Титарчук, Є.М. Осінній

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ САПР T-FLEX ПРИ СТВОРЕННІ ПАРАМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СКЛАДНИХ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ

В статті розглянуто підхід до створення параметричної моделі деталі типу «Корпус» з можливістю зміни як розмірів, так і форми моделі. В якості базової деталі при створенні параметричної моделі запропоновано використовувати комплексну деталь, яка використовується при написанні групових технологічних процесів виробництва. Проведено аналіз можливості застосування такого підходу щодо деталей типу «Корпус». Розглянуто спосіб урахування параметрів форми для деталей типу «Корпус» в системі параметричного моделювання T-Flex. Вказано на переваги та недоліки даного підходу.

УДК 621.7.044

В.В. Третьяк, С.А. Стадник, А.Ю Комаров

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ВЗРЫВНОЙ ШТАМПОВКИ

Проведен анализ современных тенденций в области развития новых подходов к проектированию технологических процессов изготовления листовых деталей авиационных двигателей нового поколения. Обоснована перспективность и экономическая целесообразность применения процесса штамповки взрывом с использованием взрывчатых веществ для изготовления деталей из новых труднообрабатываемых материалов. Особенностью деталей, изготовленных импульсными источниками энергии, является отличная от статических методов неравномерная картина деформационного поля, зависящая от характера приложенной нагрузки. При изготовлении деталей из-за больших деформаций в отдельных участках образуется разрыв и деталь становится бракованной. Кроме этого, для деталей используемых в авиационной промышленности накладываются жесткие требования по точности и утонению. Это требует разработки грамотного технологического процесса как на уровне маршрутной, так и на уровне операционной технологии. Как правило, для отработки такой техноло-

гический процесс требует перед внедрением использования методов математического моделирования, что не всегда возможно по ресурсам предприятия и другим причинам. Представлен алгоритм расчета параметров технологического процесса импульсной обработки, основанный на использовании полуэмпирических зависимостей, основанных на опытных внедренных технологических процессах для сложных листовых деталей. Сделаны выводы по ограничениям в использовании импульсных методов и их экономической эффективности.

УДК 621.7.044

В.В.Третьяк, В.Д. Сотников, С.А. Мирошниченко, А.С. Ивакин

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В докладе рассматриваются современные методы и возможности проектирования технологических процессов импульсных технологий в среде современных САПР систем. Описаны особенности и преимущества использования групповых технологических процессов в производстве. Проведен конструкторско-технологический анализ технологичности для листовых деталей авиационных двигателей. Отражена математическая модель комплексной детали для данных групп. Представлен алгоритм разработки группового ТП в среде СПРУТ ТП. Представлены разработанные графы для формирования этапов обработки детали и маршрутной технологии.

УДК 621.7.044

В.В.Третьяк

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ГАЗО-ВЗРЫВНОЙ ШТАМПОВКИ

В статье рассмотрен процесс газо-взрывной импульсной штамповки, который основывается на преобразовании химической энергии топлива в работу пластического деформирования материала обрабатываемой заготовки посредством высвобождения химической энергии топлива в ходе экзотермической реакции окисления горючего окислителем. Представлена математическая модель для расчета физических и технологических параметров процесса. Рассмотрены преимущества и недостатки газо-взрывной штамповки. Приведен алгоритм расчета энергетических характеристик. Разработана программа и представлена форма для расчета энергетических и технологических характеристик.

УДК 621.7.044

В.В.Третьяк, А.В.Онопченко, Т.В. Лоза

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОБЪЕКТНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ

В зависимости от различных конструкторско-технологических признаков, материала и точности деталей в промышленности используются различные способы обработки материалов импульсными технологиями как листовых, так и объемных деталей. В статье представлены материалы для расчета параметров импульсной штамповки в объектном представлении. Представлена общая схема и алгоритм расчета параметров для штамповки днищ технологией взрывной штамповки. Авторами разработана и представлена программа для расче-

та параметров взрывной штамповки, которая может быть адаптирована и использована как в научных целях для анализа энергетических возможностей метода, так и в качестве учебного пособия в курсе «Импульсные технологии».

УДК 621.7.044

В.В. Драгобецкий, В.М. Шмандий, Е.В. Харламова

КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, УЧИТЫВАЮЩИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассмотрены основные отличительные особенности листовых деталей газотурбинных двигателей летательных аппаратов. Обосновано, что задача выбора технологии их формоизменения является вариантной и подразумевает множество варьируемых значений параметров технологического процесса. Установлено, что при решении задач оптимизации процессов пластического формоизменения необходимо учитывать несколько противоречащих целей. Рассматриваемый обобщенный критерий включает математическое ожидание величины наносимого ущерба. Показатели экологической безопасности разделены на детерминированные и случайные. Введен вероятностный параметр оценки нанесенного ущерба конкретным видом вредного воздействия. Проведено сопоставление вредных воздействий при выполнении сварочных и взрывных работ.

УДК 621.7.044

Я.С. Жовноватюк

ПУТИ СТАБИЛИЗАЦИИ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПОЛЕЙ НАГРУЖЕНИЯ УДАРНЫМИ ВОЛНАМИ ПРИ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКЕ ЗА СЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

Рассмотрены основные способы увеличения эффективности нагружения заготовки ударными волнами с целью формообразования локальных элементов большой кривизны, а также отверстий и пазов. Показана возможность увеличения энергоэффективности процесса электрогидроимпульсной штамповки на стадии проектирования как электрогидравлических прессов (а именно их разрядных камер), так и технологической оснастки (профилирование концентраторов и прижимных плит). Выявлены области эффективного применения рассмотренных способов стабилизации и интенсификации полей нагружения ударными волнами.

УДК 621.7.044

О.В. Мананков, Я.С. Жовноватюк

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «КОРОБКИ»

Определены конструктивные элементы деталей типа «коробки», влияющие на технологичность их производства. Приведены причины, определяющие сложность формообразования указанных элементов. Представлены способы расширения технологических возможностей оборудования и интенсификации процесса электрогидравлической штамповки. Рассмотрены пути оптимизации технологической оснастки и технологических процессов (а именно применяемых технологических приемов) изготовления деталей. Выявлены области

эффективного применения рассмотренных способов и даны рекомендации по их использованию.

УДК 621.7.044+621.914.1-185.4:621.9.06-529

М.К. Князев, Р.В. Варнас, В.Ю. Беспалый

ОТЛАДКА ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКИ В СИСТЕМЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Выполнен анализ отработки процесса электрогидравлической штамповки листовой детали «полутор» и потребной конфигурации штамповой оснастки по переходам в системе технологической подготовки производства. Рассмотрены особенности проектирования процессов штамповки и доработки штамповой оснастки в подсистемах «моделирование» и «изготовление». Показаны необходимость увязки параметров процессов формообразования листовых деталей, конструкции штамповой оснастки и их моделирования в единой системе. Установлена высокая эффективность станков с числовым программным управлением для изготовления штампов и выполнения их доработок для листовых деталей сложных форм. Разработаны технические условия для проектирования штамповой оснастки с учетом оптимизации процессов штамповки и доработки технологической оснастки.

УДК 621.7.044+669.716

М.К. Князев, Д.Н. Ткаченко, Я.С. Жовноватюк

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ СПЛАВА Д16Т

Приведен аналитический обзор преимуществ электрогидроимпульсной штамповки по сравнению с традиционными методами и влияния холодной штамповки на микроструктуру алюминиевого сплава. Изложено краткое описание результатов экспериментального исследования влияния импульсной штамповки на микроструктуру сплава Д16Т. Проведен комплексный анализ микроструктуры сплава и выявлены структурные изменения после импульсного деформирования. Определены количественные характеристики деформирования зерна и листового металла. Обозначены направления дальнейших исследований.

УДК 621.9.06-529

В.В. Комбаров, Е.А. Аксенов, Е.А. Криживец

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОРГАНОВ СТАНКОВ С ЧПУ

Точность определения параметров перемещения, таких как положение, скорость и ускорение влияет на погрешность перемещения по контуру при высокоскоростной обработке. Проведены исследования с целью определения необходимого уровня точности получения данных о скорости и ускорении. Выявлено, что измерение положения с дискретностью 0,001мм не позволяет получить корректные значения скорости и ускорения. Для определения скорости необходимо обеспечить разрядность измерения положения порядка $1 \cdot 10^{-5} \dots 3 \cdot 10^{-6}$ мм., а для определения ускорения $1 \cdot 10^{-5} \dots 1 \cdot 10^{-6}$ мм., что невозможно реализовать за счет увеличения дискретности датчиков. Предложено разработать алгоритмы устройства регистрации сигналов датчика и алгоритмы обработки данных о положении для определения значений скорости и ускорения с необходимой точностью

УДК 629.735.33.002: 621.9.06-529: 004.421

В.С. Кривцов, Е.В. Комбарова, Р.В. Варнас, Е.А. Аксенов

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ И ПРОЦЕССОВ В СТАНКАХ С ЧПУ

Повышение эффективности механообработки в авиастроении во многом зависит от применения технологии высокоскоростного фрезерования. Необходимость проведения исследования алгоритмов и процессов в станках с ЧПУ на реальном оборудовании обусловлена зависимостью эффективности процесса высокоскоростной обработки от параметров отдельных единиц оборудования. Разработан программно-аппаратный комплекс, интегрированный с системой ЧПУ на базе персонального компьютера, позволяющий регистрировать данные о процессах в технологическом оборудовании и внутренних переменных системы ЧПУ с частотой управляющего цикла системы ЧПУ. Показано применение комплекса при разработке алгоритма управления оборудованием при пошаговом перемещении от пульта оператора, алгоритма прогнозирования подачи, оптимизации программно реализованного регулятора, исследовании энергопотребления и вибраций при высокоскоростном фрезеровании.

УДК 621.9.06-529:004.032.2:004.94

В.В. Комбаров, Е.А. Аксенов, Е.В. Комбарова

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ В КОНТУРЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ СИСТЕМЫ ЧПУ

Одним из наиболее важных параметров, определяющих точность обработки, является точное определение параметров перемещения: положение, скорость, ускорение. Шумы, присутствующие в данных положения, значительно влияют на точность определения скорости и ускорения. Рассмотрены методы сглаживания, обеспечивающие наилучшее подавление шума в условиях ограничения вычислительных ресурсов системы ЧПУ. Методы экспоненциального сглаживания, простого и взвешенного скользящего среднего обеспечивают снижение уровня шума от 8,5 до 12,74 раза. Наилучшие результаты сглаживания показал метод взвешенного скользящего среднего.

УДК 621.983.044:658.011.3

М.А. Голованова

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рассмотрены методические подходы к решению актуальной задачи по оценке рисков при принятии управленческих решений при выборе альтернативных вариантов технологических процессов изготовления листоштампованных деталей. Предложен комплексный критерий экономической эффективности выбора варианта технологического процесса. Учет неопределенности или риск при принятии решений предлагается свести к интервальному заданию исходных данных, учитывающих динамику изменения отдельных показателей во времени. Приведен пример оценки ущерба от принятия решения по использованию технологических процессов при производстве деталей методом способом электрогидравлической штамповки. Практическое применение рекомендаций дает возможность учета рисков в деятельности предприятий и наиболее эффективного управления ими.

XVI

МІЖНАРОДНИЙ КОНГРЕС ДВИГУНОБУДІВНИКІВ

Тези доповідей

Редактор
Г. А. Кучук

Коректор
В.В. Бойко

Комп'ютерна верстка
М.Г.Сіренко

Відповідальний за випуск
С.В. Єпіфанов

Оригінал-макет виготовлено на кафедрі конструкції авіаційних двигунів
Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Підписано до друку 08.08.2011 р.
Формат 60x84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк
Умовн.-друк. арк. 1,4. Облік.-вид. арк. 1,62. Наклад. 100 прим.
Замовлення Ціна вільна

Адреса редакції видавника і поліграфпідприємства

**Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова,17
<http://www.khai.edu>**