

программные оболочки для более детального их анализа и выполнения диагностических процедур.

Локальная система типа XTS-W фирмы АМОТ (Великобритания) предназначена для контроля технического состояния подшипников судового дизеля (головных, мотылевых, рамовых). Принцип работы системы основан на прецизионном измерении по вертикали расстояния от крейцкопфа дизеля до базовой точки, расположенной на остове. Минимум расстояния соответствует положению поршня в НМТ. С этой целью во всех отсеках устанавливают специальные индуктивные датчики. Система обладает высокой чувствительностью и может регистрировать и предупреждать о начале развития износов подшипников. Для облегчения ввода системы в эксплуатацию в процедуру настройки заложен принцип «самообучения» системы.

Для обеспечения безопасности мореплавания все судовые дизели большой мощности оборудуют детектором масляного тумана. Отбор проб газовой среды осуществляется из отсеков дизеля. При повышенных износах вкладышей подшипников, при их разрушении, при повреждении поверхностного слоя металла шеек коленчатого вала образуются высокотемпературные локальные зоны, в которых происходит интенсивное испарение циркуляционного масла. Пары масла, смешиваясь с воздухом в картере, могут образовать взрывчатую смесь. Взрыв такой смеси приводит к значительным повреждениям двигателя. Детектор масляного тумана «локализует» неисправный узел с точностью до отсека двигателя.

При работе судовых дизелей могут возникать значительные крутильные, а следовательно, осевые колебания коленчатого вала. Мерами, позволяющими избежать негативных последствий этих явлений, являются установка дополнительных маховых элементов на коленчатом валу, а также демпферов крутильных колебаний. В режимной области эксплуатации дизелей часто назначают запретные резонансные зоны. Для непрерывного контроля (мониторинга) уровня осевых колебаний на судовых дизелях большой мощности устанавливают мониторы осевых колебаний коленчатого вала (формально их также можно отнести к системам локального типа). Повышенный уровень осевых колебаний коленчатого вала возникает вследствие выхода из строя демпфера осевых колебаний — устройства, препятствующего их

развитию. Осевые колебания коленчатого вала негативно сказываются на состоянии его подшипников и, в первую очередь, на состоянии упорных сегментов и упорного гребня коленчатого вала.

### 6.2.5. ВИБРОДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЕЙ

Двигатель внутреннего сгорания является многофакторным источником мощных вибрационных сигналов. Вибрации двигателя обусловлены неуравновешенностью движущихся и вращающихся масс — силами инерции возвратно-поступательно движущихся масс, центробежными силами инерции и моментами этих сил, газодинамическими процессами — силами давления газов, протеканием газа при впуске и выпуске, вспышках горения топлива, а также соударением и трением между элементами и деталями узлов и механизмов.

**Цилиндроворшневая группа.** Для деталей этой группы принятые следующие структурные параметры: зазоры между поршнем и кольцом по высоте канавки, в стыках поршневых колец и между цилиндром и поршнем в верхнем поясе. На рабочем режиме или при прокручивании двигателя происходит перекладка поршня в зазоре с одной стороны гильзы на другую с высокой скоростью. В результате удара возникают упругие колебания стенок гильзы и цилиндра, что является источником вибрационности сигнала. Наиболее интенсивный удар при перекладке поршня наблюдается вблизи ВМТ, так как нормальная боковая сила имеет в этой зоне наибольшее значение. Удар в этом случае направлен в сторону, противоположную вращению коленчатого вала.

С изменением зазоров в сопряжениях поршень—гильза различных типов двигателей при начальных и предельных зазорах энергия вибросигнала интенсивно изменяется в достаточно узких полосах частот, что определяется резонансными частотами акустических каналов блока двигателя. При использовании временной селекции амплитуда виброимпульса информативна для оценки зазоров, однако зависимость фазы виброимпульса от зазора в сопряжении поршень—гильза при работе двигателя в различных режимах является иногда более чувствительным диагностическим признаком, особенно при прокручивании коленчатого вала двигателя (табл. 6.2.1).

### 6.2.1. Диагностические признаки вибрационной активности сигналов для различных неисправностей двигателей внутреннего сгорания

Энергия/амплитуда	СМД-14	СМД-62	ГАЗ-51	ЯМЗ-238-ВН	Д-37М	Д-50	8ЧН 26/26
<b>Цилиндрапоршневая группа</b>							
Частота, кГц	1,6...4	1,6...4	1,5...1,6	4...6,3	1,6...1,7	2...4	2,2
Фаза, °	3	3		2...10			
Рост амплитуды сигнала, раз	3...12	4...5		2...4		3...12	2,3
<b>Подшипники КШМ</b>							
Частота, кГц	0,5...2		1...1,2	1...3		0,5...2	1,7...2,3
Фаза		3					
Рост амплитуды сигнала, раз	2...3	2...3	5...6	2...3,5	1,8	2...3	2,3
<b>Система газораспределения</b>							
Частота, кГц	7...10	5...9	12...15	8...20	10...12	7...10	
Фаза, °		12					
Рост амплитуды сигнала, раз	1,5...2,6	3...4				1,5...2,6	

**Поршневые кольца.** Параметры вибrosигнала, позволяющие оценить состояние поршневых колец, зависят как от степени износа колец, так и от скоростного режима при диагностировании. Это связано с тем, что в условиях прокручивания коленчатого вала де-компрессированного двигателя поперечная перекладка поршня возможна только при определенном соотношении боковой силы, зависящей от осевых сил инерции и массы поршневого комплекта, с одной стороны, и поперечных сил трения поршневых колец в канавках, трения в верхней и нижней головках шатуна — с другой. По мере изнашивания поршневых колец их сила трения о зеркало цилиндра, а следовательно, поперечная сила трения в поршневых канавках уменьшаются. Вследствие этого перекладка поршня происходит при меньшем значении боковой составляющей силы инерции, т.е. при меньшей частоте вращения. Для двигателя Д-50 для новых колец порог резкого увеличения уровня виброакустического сигнала проявляется при  $n_{\min} = 180 \dots 190 \text{ мин}^{-1}$ , при предельно изношенных кольцах — при  $n_{\min} = 85 \dots 90 \text{ мин}^{-1}$ , при залегании компрессионных колец — при  $n_{\min} = 55 \dots 60 \text{ мин}^{-1}$ . При этом характерным является диапазон частот 10...16 кГц.

**Подшипники кривошипно-шатунного механизма.** Структурными параметрами подшипниковых узлов являются зазоры в подшипниках коленчатого вала и во втулке

поршневой головки шатуна, осевой зазор в коренных подшипниках. Эти параметры определяют несущую способность подшипникового узла и давление в слое масла, условия трения и тепловыделения, расход масла. На рабочих режимах вследствие изменения нагрузки на подшипники коленчатого вала центр шейки перемещается по сложной траектории. Вместе с тем во время импульсного изменения линейной скорости вследствие воздействия процесса сгорания в сопряжении появляются удары, вызывающие деформации и ударное возбуждение вибросигналов от соударяющихся деталей. Скорость соударения и, следовательно, амплитуда виброимпульса зависят в основном от зазора в подшипнике, характера индикаторной диаграммы и соотношения возмущающих сил в целом. Результаты исследований различных ДВС показывают, что среднее значение максимальной амплитуды виброимпульса в характерном диапазоне частот, генерируемого шатунными и коренными подшипниками при изменении зазора от начального до предельного увеличивается от 2 до 5 раз.

**Элементы системы газораспределения.** При диагностировании механизма газораспределения к структурным параметрам относят зазоры между направляющими втулками клапана и его стержней, в подшипниках распределительного вала, между клапаном и приводом клапана. С изменением теплового

зазора существенно изменяется интенсивность вибрации крышки головки блока в области проверяемого клапана. Для выделения виброимпульсов, формируемых посадкой и подъемом клапанов, необходимо производить временную селекцию в соответствии с фазами газораспределения. При изменении теплового зазора двигателей Д-50 и СМД-14А от начального до 1 мм уровень вибросигнала при установке датчика в зоне проявления дефекта увеличивается в 1,5 раза, вместе с тем временное стробирование увеличивает это соотношение для впускных и выпускных клапанов в 2,4–2,6 раза.

**Топливная аппаратура.** К основным структурным параметрам топливной аппаратуры двигателей следует отнести цикловую подачу топлива  $\Delta g_{\text{ц}}$  и угол опережения (зажигания) начала подачи топлива. Эти параметры оказывают существенное влияние на энергетические и топливные показатели, а также динамические и температурные характеристики рабочего цикла, вызывающие форсированное изнашивание и снижающие показатели надежности двигателя. При различных параметрах работы топливной аппаратуры (давление начала впрыскивания, цикловая подача, угол опережения подачи топлива) вибрационные характеристики форсунки существенно изменяются, и на отдельных режимах тесно связаны с показателями работы системы высокого давления. Сравнение характеристики топливоподачи и временных реализаций вибрации форсунки при различных подачах показывает, что огибающая виброимпульсов хорошо согласуется с осциллограммами подъема иглы форсунки и давления топлива, характеризующего закон подачи.

При этом энергия виброакустического сигнала наиболее активно и закономерно изменяется при различных регулировках ТНВД двигателей СМД-14А в диапазоне частот 12...18 кГц, а дизеля 8ЧН26/26 — в диапазоне 7...16 кГц. Для двигателей типа СМД-14А при изменении цикловой подачи топлива от 20 до 100  $\text{мм}^3/\text{цикл}$  продолжительность вибросигнала увеличивается более чем в 3 раза, а интенсивность в активной полосе частот 12...18 кГц — примерно в 2 раза.

Анализ эффективности различных методов диагностирования ДВС показывает, что при высокой достоверности определения неисправностей виброакустическим методом полнота диагностирования достигает 80 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР) / В.Н. Костюков, С.Н. Бойченко, А.В. Костюков; под ред. В.Н. Костюкова. М.: Машиностроение, 1999. 163 с.
2. Аккерман Р.И., Далецкий К.П., Дюк В.А. Виброакустическое диагностирование топливной аппаратуры дизеля // Двигательестроение. 1984. №2. С. 24–25.
3. Бруевич Н.Г. Точность механизмов. М.: Гостехиздат, 1946. 76 с.
4. Величкин И.Н. Разработка комплекса ускоренных испытаний // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1999. № 11. С. 34–36.
5. Вибрации в технике: Справочник: Т. 6. М.: Машиностроение, 1978.
6. Возницкий И.В. Контроль и диагностика технического состояния судовых дизелей: Тексты лекций. М.: ЦРИА «Морфлот», 1978. 48 с.
7. Григорьев Е.А. Периодические и случайные силы, действующие в поршневом двигателе. М.: Машиностроение, 2002. 272 с.
8. Григорьев М.А. Методика ускоренных стендовых испытаний на безотказность бензиновых двигателей легковых автомобилей // Двигательестроение. 1996. №1. С. 54–56.
9. Григорьев М.А., Тимашев В.П., Бунаков Б.М. Диагностирование форсированных дизелей по показателям рабочего масла // Автомобильная промышленность. 1985. №4. С. 7–8.
10. Гусаков С.В. Пример применения электронных учебных материалов «LabMaster» для проведения лабораторной работы по динамическим испытаниям дизеля // Вестник РУДН. Инженерные исследования. М.: Изд-во РУДН. 2004. №2(9). С. 20–26.
11. Гусаков С.В., Патрахальцев Н.Н. Планирование, проведение и обработка данных экспериментальных исследований ДВС. Учеб. пособие. М.: Изд-во РУДН, 2004. 162 с.
12. Диагностика автотракторных двигателей / Под ред. Н.С. Ждановского. Л.: Колос, 1977. 264 с.
13. Диагностирование дизелей / Е.А. Никитин, Л.В. Станиславский, Э.А. Улановский и др. М.: Машиностроение, 1987. 224 с.
14. Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. 598 с.

15. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002. 224 с.
16. Костюков В.Н., Науменко А.П. Вибродиагностика поршневых компрессоров // Компрессорная техника и пневматика. 2002. № 3. С. 30–31.
17. Костюков В.Н., Науменко А.П. Нормативно-методическое обеспечение мониторинга технического состояния поршневых компрессоров // Контроль. Диагностика. 2005. № 11. С. 20–23.
18. Луканин В.Н. Шум автотракторных двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1971. 272 с.
19. Математическая теория планирования эксперимента / С.М. Ермаков, В.З. Бродский, А.А. Жиглевский и др. М.: Наука, 1983. 392 с.
20. Мониторинг неисправностей клапанов поршневых компрессоров / И.Ю. Востриков, А.А. Заруденский, О.С. Львов и др. // Химическая техника. 2004. № 9. С. 17–19.
21. Мониторинг технического состояния поршневых компрессоров / В.М. Дуросов, В.Н. Костюков, А.П. Науменко, А.С. Пидсадний // Компрессорная техника и пневматика. 2004. № 6. С. 6–12.
22. Обозов А.А. Алгоритм поиска фаз открытия и закрытия выпускного клапана цилиндра дизеля для системы функциональной диагностики // Двигательестроение, 2006. № 2 (224). С. 20–22.
23. Овсянников М.К., Петухов В.А. Эксплуатационные качества судовых дизелей. Л.: Судостроение, 1982. 208 с.
24. Райков И.Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания. М.: Высшая школа, 1975. 276 с.
25. Соколов А.И., Тищенко Н.Т., Аметов В.А. Диагностирование современных ДВС по параметрам работающего масла // Двигательестроение. 1989. № 10. С. 29–31.
26. Станиславский Л.В. Техническое диагностирование дизелей. Киев; Виша школа. Головное изд-во, 1983. 136 с.
27. Хруцкий О.В., Мясников Ю.Н., Соболев Л.Г. Акустическая эмиссия — метод технического диагностирования // Судостроение. 1980. № 9. С. 24–26.
28. Шишкун В.А. Анализ неисправностей и предотвращение повреждений судовых дизелей. М.: Транспорт, 1986. 192 с.
29. Chikao Furukawa, Takamasa Matsuo. Condition Monitoring & Data Logging System of Diesel Engines (Comos-D2) // Bulletin of the Mar. Eng. Soc. Jap. 1980. Vol. 8. № 2. P. 187–197.
30. Kostjukov V.N. The etalonless method of vibroacoustic diagnostics // PROCEEDINGS APEIE-2000 in 7 Volume: 2000 5<sup>th</sup> International conference on actual problems of electronic instrument engineering. Novosibirsk: NSTU. 2000. Vol. 1. P. 210–214.
32. Diagnostic Method for 2-Stroke Cycle Diesel Engine by Measurement of Vibration on Cylinder-Jacket / Ryuichi Kimura, Wataru Terashima and others // Observation of Change in Normal Vibration Pattern — Bulletin of the M.E.S.J. October, 1999. Vol. 27. №. 2.

МАШИНОСТРОЕНИЕ  
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

IV-14

# МАШИНОСТРОЕНИЕ

## ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

# **МАШИНОСТРОЕНИЕ**

## **ЭНЦИКЛОПЕДИЯ В СОРОКА ТОМАХ**

---

### **РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

**ФРОЛОВ К.В.**  
**Председатель редакционного совета**

**Члены совета:**

Белянин П.Н. (зам. Председателя редсовета и главного редактора), Колесников К.С. (зам. Председателя редсовета и главного редактора), Адамов Е.О., Анфимов Н.А., Асташев В.К., Бессонов А.П., Бюшгенс Г.С., Васильев В.В., Васильев Ю.С., Воронин Г.П., Долбенко Е.Т., Жесткова И.Н., Кирпичников М.П., Клюев В.В., Коптев Ю.Н., Ксеневич И.П., Мартынов И.А., Митенков Ф.М., Новожилов Г.В., Образцов И.Ф., Панин В.Е., Паничев Н.А., Патон Б.Е., Пашин В.М., Платонов В.Ф., Пугин Н.А., Румянцева О.Н., Силаев И.С., Федосов Е.А., Фортов В.Е., Черный Г.Г., Шемякин Е.И.

# Раздел IV

## РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МАШИН

---

### Том IV-14

#### ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Редакторы-составители:

д-р техн. наук, профессор **Н.А. Иващенко**  
д-р техн. наук, профессор **А.А. Александров**

Ответственный редактор академик РАН

**К.С. Колесников**

Редакторы тома: **Н.А. Иващенко** (Введение. Теория и расчет рабочих процессов двигателей); **Н.Д. Чайнов** (Основы конструирования и расчета двигателей и их основных узлов и деталей); **Л.В. Грехов, Ю.А. Гришин, В.А. Марков** (Системы двигателей); **В.А. Звонов, В.Е. Тольский** (Снижение вредного влияния двигателей на окружающую среду); **Б.М. Бунаков** (Топлива, смазочные материалы и охлаждающие жидкости); **В.Н. Костюков, С.В. Гусаков** (Испытания и диагностика двигателей); **В.А. Рыжов, Н.Д. Чайнов** (Конструкции, технико-экономические показатели современных двигателей); **В.Н. Никишин** (Приложение. Качество двигателей как основа обеспечения их конкурентоспособности)

УДК 621.01/03  
ББК 34.44  
М38

**Авторы:** Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков, Э.В. Аболтин, С.А. Афинеевский, Ф.Б. Барченко, Д.И. Бельский, А.О. Борисов, Г.В. Борисова, Б.М. Бунаков, В.А. Вагнер, А.В. Васильев, В.И. Волков, А.И. Гайворонский, Ю.В. Галышев, М.Д. Гарипов, Л.Н. Голубков, А.Н. Гоц, Ю.А. Гришин, С.В. Гусаков, Р.И. Давтян, А.В. Дмитриевский, В.Г. Дьяченко, Р.Д. Еникеев, Ю.К. Есеновский-Лашков, В.Г. Заренбин, В.А. Звонов, А.А. Зеленцов, В.А. Зенкин, В.И. Ивин, Д.В. Извеков, А.А. Ипатов, Р.З. Кавтарадзе, В.Ф. Каменев, Б.В. Кисуленко, В.Б. Клименков, А.В. Козлов, А.Д. Конев, Г.А. Конкс, Ю.А. Корольков, В.Н. Костюков, Л.Д. Котельников, А.Н. Краснокутский, А.Г. Кузнецов, А.С. Кулешов, В.Ф. Кутенев, Н.А. Лапушкин, В.А. Лашко, В.Г. Лежнев, В.А. Лукшо, М.В. Мазинг, Н.С. Маластовский, А.П. Марченко, Д.Д. Матиевский, Л.Л. Мягков, М.В. Нагайцев, А.П. Науменко, В.Н. Никишин, А.А. Обозов, П.Л. Озимов, Д.О. Онищенко, В.И. Панин, В.И. Панчишный, И.В. Парсаданов, Н.Н. Патрахальцев, А.В. Первушин, М.Р. Петриченко, Е.Г. Пономарев, С.В. Путинцев, М.И. Раенко, В.С. Рогов, И.Б. Рудой, В.А. Рыхков, М.А. Салтыков, Г.Д. Седельников, В.В. Соколов, В.И. Сонкин, Г.Г. Тер-Мкrtичян, А.Н. Тиняков, В.Е. Тольский, В.А. Федоров, Т.А. Филипоянц, Н.А. Хрипач, Н.Д. Чайнов, А.А. Черноусов, В.И. Шатров, М.Г. Шатров, В.В. Эфрос, А.И. Яманин

Рабочая группа Редакционного совета: К.С. Колесников, В.К. Асташев, П.Н. Белянин, А.П. Бессонов, В.В. Васильев, Н.Ф. Иванников, Г.В. Москвитин, Е.Т. Долбенко, И.Н. Жесткова

**Машиностроение. Энциклопедия.** Ред совет: К.В. Фролов (пред.) и др. — М38 М.: Машиностроение.

**Двигатели внутреннего сгорания.** Т. IV-14 / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков и др.; Под общ. ред. А.А. Александрова и Н.А. Иващенко. 2013. 784 с.: ил.

ISBN 978-5-94275-623-9 (Т. IV-14)  
ISBN 5-217-01949-2

Изложены вопросы теории рабочих процессов и моделирования двигателей внутреннего сгорания, а также принципы конструирования и расчеты основных узлов и деталей на прочность, жесткость и надежность. Рассмотрены основные системы (питания, управления, наддува, охлаждения, смазочная, очистки, пуска и реверсирования), методы снижения вредного влияния двигателей на окружающую среду. Приведены характеристики топлив (в том числе альтернативных), смазочных материалов и охлаждающих жидкостей, методы испытаний и технического диагностирования двигателей. Рассмотрены циклы, конструктивные особенности и основные технико-экономические показатели современных двигателей, включая нетрадиционные, и установок. Сформулированы принципы обеспечения качества и конкурентоспособности двигателей.

УДК 621.01/03  
ББК 34.44

ISBN 978-5-94275-623-9 (Т. IV-14)  
ISBN 5-217-01949-2

© ООО «Издательство Машиностроение», 2013

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства и со ссылкой на источник информации.

3.9.2. Типы систем автоматического управления . . . . .	486
3.9.3. Конструктивные особенности и статический расчет регуляторов . . . . .	489
3.9.4. Динамические характеристики САУ . . . . .	496
3.9.5. Использование электронных устройств в САУ . . . . .	503
<b>Глава 3.10. Системы автоматического управления и регулирования бензиновых двигателей (А.Г. Кузнецов, В.А. Марков)</b> . . . . .	506
3.10.1. Этапы развития систем регулирования и управления двигателей . . . . .	506
3.10.2. Основные элементы комплексных электронных систем регулирования и управления . . . . .	518
Список литературы . . . . .	525
<b>Раздел 4. СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ</b> . . . . .	527
<b>Глава 4.1. Токсичность отработавших газов двигателей</b> . . . . .	527
4.1.1. Экологическая безопасность двигателя в полном жизненном цикле (В.А. Звонов, А.В. Козлов) . . . . .	527
4.1.2. Токсичные компоненты в выпускных газах (В.А. Звонов, А.В. Козлов) . . . . .	530
4.1.3. Нормирование выбросов токсичных компонентов (В.А. Марков) . . . . .	532
4.1.4. Уменьшение токсичности выпускных газов воздействием на рабочий процесс (В.А. Марков) . . . . .	541
4.1.5. Выпускные системы с нейтрализацией и фильтрацией отработавших газов (В.И. Панчишинский) . . . . .	550
<b>Глава 4.2. Шум и вибрация автомобильных двигателей (В.Е. Тольский, А.Д. Конев)</b> . . . . .	560
4.2.1. Нормирование внешнего уровня шума автотранспортных средств . . . . .	560
4.2.2. Составляющие шума двигателей . . . . .	562
4.2.3. Методы исследований влияния структурного шума двигателя на внешний шум автомобиля . . . . .	566
4.2.4. Шум и вибрация отдельных систем и механизмов . . . . .	575
4.2.5. Шум выпускных систем двигателей. Автомобильные глушители . . . . .	578
4.2.6. Применение виброакустических материалов . . . . .	583
4.2.7. Вибрация двигателя и силовой передачи . . . . .	587
Список литературы . . . . .	595
<b>Раздел 5. ТОПЛИВА, СМАЗОЧНЫЕ МАСЛА И ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ</b> . . . . .	597
<b>Глава 5.1. Топлива</b> . . . . .	597
5.1.1. Физико-химические характеристики топлив и их ассортимент (Б.М. Бунаков, Д.В. Извеков) . . . . .	597
5.1.2. Альтернативные виды топлива (В.А. Марков) . . . . .	601
5.1.3. Дизельное биотопливо (Е.Г. Пономарев, В.В. Соколов) . . . . .	611
5.1.4. Водород как перспективное топливо для автомобильных энергостановок (Н.А. Хрипач) . . . . .	615
<b>Глава 5.2. Смазочные и охлаждающие жидкости</b> . . . . .	624
5.2.1. Моторные масла (Б.М. Бунаков) . . . . .	624
5.2.2. Присадки к маслам (А.Н. Тиняков) . . . . .	631
5.2.3. Синтетические масла (А.Н. Тиняков) . . . . .	633
5.2.4. Расход масла и пути его снижения (С.А. Афинеевский, А.В. Первушин) . . . . .	634
5.2.5. Энергосберегающие масла (Д.В. Извеков) . . . . .	636
5.2.6. Охлаждающие жидкости (А.В. Первушин) . . . . .	637
Список литературы . . . . .	640
<b>Раздел 6. ИСПЫТАНИЯ И ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЕЙ</b> . . . . .	641
<b>Глава 6.1. Испытания двигателей (С.В. Гусаков, В.В. Эфрос, А.Н. Гоц)</b> . . . . .	641
6.1.1. Цели и виды испытаний. Основные требования . . . . .	641
6.1.2. Определение характеристик двигателей . . . . .	642
6.1.3. Оборудование для испытаний двигателей . . . . .	649
6.1.4. Ускоренные испытания двигателей . . . . .	657
<b>Глава 6.2. Техническая диагностика двигателей (В.С. Рогов, Н.С. Маластиовский, А.А. Обозов)</b> . . . . .	661
6.2.1. Задачи технической диагностики . . . . .	661
6.2.2. Двигатель как объект диагностирования . . . . .	662
6.2.3. Средства и методы диагностики двигателей . . . . .	665
6.2.4. Функциональное техническое диагностирование судовых дизелей большой мощности . . . . .	672
6.2.5. Вибродиагностика двигателей (В.Н. Костюков, А.П. Науменко) . . . . .	679
Список литературы . . . . .	681
<b>Раздел 7. КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОВРЕМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ</b> . . . . .	683
<b>Глава 7.1. Дизели наземных транспортных средств (П.Л. Озимов, В.Ф. Эфрос, А.Н. Гоц)</b> . . . . .	683
<b>Глава 7.2. Судовые дизели (В.А. Лашко, Г.А. Конкс)</b> . . . . .	703
7.2.1. Судовые среднеоборотные двигатели . . . . .	703
7.2.2. Судовые малооборотные двигатели . . . . .	708
7.2.3. Системы утилизации теплоты судовых двигателей (Г.Д. Седельников)	717

## **СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ**

**Грехов Леонид Вадимович,  
Иващенко Николай Антонович,  
Марков Владимир Анатольевич и др.**

### **МАШИНОСТРОЕНИЕ. ЭНЦИКЛОПЕДИЯ Том IV-14**

#### **ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

30

Редактор *З.М. Рябкова*

Дизайнер *Т.Н. Голицына*

Корректоры *Л.И. Сажина, Л.Е. Сонюшкина*

Инженеры по компьютерному макетированию: *Т.И. Андреева,  
В.Г. Верхозин, С.А. Жиркина*

---

Сдано в набор 14.09.2012 г. Подписано в печать 15.03.2013 г.  
Формат 70×100 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура NewtonC.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 63,7.  
Уч.-изд. л. 78,2. Заказ 2730

---

ООО «Издательство Машиностроение»,  
107076, Москва, Стромынский пер., 4.  
[www.mashin.ru](http://www.mashin.ru)

---

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»,  
121099, Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 978-5-94275-623-9



9 785942 756239