АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ, ДЕГРАДАЦИИ И ХАРАКТЕРНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДИЗЕЛЕЙ МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ

Рахмонов Миртемир Илхомиддин угли
Абдуганиев Аброр Алишер угли
Рахматов Хамза Абдулхакимович
Ташкентский государственный транспортный университет
https://doi.org/10.5281/zenodo.22982250

Аннотация В работе проведен детальный анализ технического состояния, эксплуатационной надежности и механизмов физического старения дизельных силовых установок маневровых тепловозов (типа ПД1М, 1-ПД4Д, K6S310DR). Рассмотрена специфика маневрового цикла, характеризующаяся преобладанием режимов длительного холостого хода и частых теплосмен. Выявлены ключевые эксплуатационные дефекты цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного механизма, топливной аппаратуры и системы наддува, возникающие вследствие температурной нестабильности и разжижения моторного масла. Представлен сравнительный анализ эксплуатационных показателей базовых и перспективных модульных дизелей, а также предложен комплекс научно обоснованных мер по снижению темпов износа и продлению остаточного ресурса локомотивных двигателей.

Ключевые слова: маневровый тепловоз, дизельная силовая установка, холостой ход, цилиндропоршневая группа, износ и деградация, моторное масло, эксплуатационная надежность, техническая диагностика.

Введение и особенности эксплуатации дизелей маневровой тяги

Маневровые тепловозы серий ТЭМ2, ТЭМ18ДМ и ЧМЭ3 несут непрерывную круглосуточную службу на сортировочных станциях, промышленных узлах и подъездных путях. Специфика их эксплуатационного цикла коренным образом отличается от магистральной работы [1-2]. Для маневрового движения характерны постоянные циклы разгона и торможения, частая смена направления движения, кратковременные пиковые нагрузки и чрезвычайно продолжительные интервалы ожидания составов при работающем дизеле.

Более половины общего времени работы локомотива дизель функционирует на минимальных оборотах холостого хода. В этом состоянии температурный режим охлаждающей жидкости и моторного масла опускается ниже оптимальных технологических отметок. Сгорание топлива происходит в неблагоприятных условиях низкого давления и температуры заряда, что влечет за собой целый комплекс негативных трибологических, теплофизических и химических процессов, ускоряющих физический износ всех основных узлов дизельного агрегата [3-5].

Причины и механизмы преждевременного старения и деградации узлов

Основным фактором ускоренного старения тепловозных дизелей (типа 1-ПД4Д, ПД1М, K6S310DR) является нестабильность теплового поля в блоке цилиндров [5-6]. При длительном холостом ходе температура стенок гильз цилиндров падает ниже точки росы отработавших газов, что вызывает интенсивную электрохимическую и сернокислую коррозию металлов. Несгоревшее

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

дизельное топливо оседает на стенках гильз и смывает масляную пленку, создавая режим сухого и граничного трения компрессионных колец о рабочую поверхность [7].

Кроме того, смываемое топливо проникает через зазоры в картер дизеля, вызывая разжижение моторного масла, резкое падение его вязкости, окисление и раннюю сработку функционального пакета присадок. Работа дизеля на загрязненном и разжиженном масле провоцирует микрозадиры на антифрикционном слое коренных и шатунных вкладышей коленчатого вала, что существенно сокращает остаточный ресурс межремонтного пробега [8-9].

Характерные неисправности основных систем дизеля и их последствия

В таблице 1 обобщены типичные отказы и дефекты дизельных установок, возникающие в процессе многолетней маневровой эксплуатации.

Таблица 1 – Характерные эксплуатационные неисправности узлов дизелей маневровых тепловозов и их последствия

Узел / Система дизеля	**Характерные дефекты и неисправности**	**Эксплуатационные причины возникновения**	**Последствия для надежности**
Цилиндропоршневая группа (гильзы, поршни, кольца)	Овальность и износ гильз, закоксовывание и пригорание колец, задиры юбок поршней, трещины по днищу поршня	Длительная работа на холостом ходу, частые теплосмены, смыв масляной пленки топливом, термическая усталость металла	Прорыв газов в картер, падение компрессии, резкий рост расхода масла на угар, риск заклинивания поршня
Кривошипно-шатунный механизм (КШМ)	Усталостное выкрашивание баббита, задиры вкладышей, биение коренных шеек коленчатого вала	Разжижение моторного масла топливом, падение давления в масляной магистрали, циклические ударные нагрузки	Проворот вкладышей, аварийный останов дизеля, необходимость сложной перешлифовки коленвала
Топливная аппаратура (ТНВД, форсунки)	Зависание иглы распылителя, износ прецизионных плунжерных пар, закоксовывание сопловых отверстий	Низкое качество очистки топлива, попадание микрочастиц и влаги, перегрев распылителей при частичных нагрузках	Неравномерная подача топлива по цилиндрам, дымный выпуск, перерасход горючего, локальные тепловые перегрузки
Система турбонаддува (турбокомпрессор)	Закоксовывание соплового аппарата, биение ротора, износ опорно-упорных подшипников, течь	Недостаток смазки на переходных режимах, нагарообразование из-за неполного сгорания	Помпаж турбокомпрессора, нехватка наддувочного воздуха, потеря

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

	масла	топлива, попадание нагара на лопатки	тяговой мощности локомотива
Система охлаждения и теплообменники	Течи секций радиаторов, кавитационное разрушение рубашек охлаждения, отложение накипи и шлама	Вибрационные нагрузки, использование некачественной охлаждающей воды, кавитационные гидроудары	Локальные перегревы цилиндров, трещины в головках блоков, необходимость внеплановой смены секций

Сравнительная оценка эксплуатационной надежности дизелей маневрового парка

Таблица 2 – Сравнительная оценка показателей надежности, износа и ремонтопригодности базовых дизелей маневровых тепловозов

Тип дизеля	**Серия тепловоза**	**Конструктивные особенности**	**Уязвимые зоны и узлы износа**	**Уровень ремонтопригодности в депо**
ПД1М / 1-ПД4Д	ТЭМ2, ТЭМ18ДМ	Шестицилиндровый рядный, четырехтактный, среднеоборотный, чугунный блок	Быстрый нагар на распылителях форсунок при холостом ходе, трещины перемычек головок цилиндров	Высокая. Простота конструкции, отработанная технология текущего и капитального ремонта
K6S310DR	ЧМЭ3, ЧМЭ3Т	Шестицилиндровый вертикальный рядный дизель с непосредственным впрыском	Кавитационный износ наружных стенок втулок цилиндров, старение резиновых уплотнений водяной рубашки	Средняя. Дефицит оригинальных запасных частей, необходимость модернизации узлов
КАМАЗ-910 / КамАЗ-Р6	ТЭМ23 (двухдизельный)	Высокооборотные модульные двигатели с электронным впрыском Common Rail	Высокие требования к чистоте топлива, чувствительность электронных блоков к вибрациям	Агрегатный метод ремонта. Быстрая модульная замена силовой установки целиком
ЯМЗ-8502	ТЭМ10 (двухдизельный)	V-образный двенадцатицилиндровый двигатель с турбонаддувом	Тепловая напряженность выпускных коллекторов, повышенные	Высокая в условиях развитого машиностроительного сервиса

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

			механические нагрузки на коренные опоры	промышленных предприятий

Экспертные рекомендации по продлению ресурса дизелей

– Внедрение систем автоматического прогрева и глушения дизеля: Использование систем «Старт-Стоп» и дополнительных автономных подогревателей позволяет автоматически глушить дизель при простоях свыше 10 минут, предотвращая закоксовывание распылителей и снижая непроизводительный моторесурс.

– Переход на безразборную трибодиагностику и спектральный анализ масла: Регулярный спектрометрический контроль проб моторного масла на содержание кремния, железа, меди, свинца и олова [10] позволяет выявлять начальную стадию износа вкладышей и гильз задолго до наступления аварийной ситуации.

– Модульная двухдизельная концепция: Переход на тепловозы с двумя двигателями меньшей мощности (типа ТЭМ23, ТЭМ10) исключает работу силовой установки на предельно малых нагрузках, так как маневровые операции с малыми составами выполняются только одним дизелем в оптимальной температурной зоне.

– Регулирование цикловой подачи и модернизация форсунок: Применение форсунок с повышенным качеством распыла и антикоксующимися соплами обеспечивает полноценное сгорание смеси при низких оборотах коленчатого вала.

Список рекомендуемой научной литературы

1. Коссов В.С., Бабков Ю.В., Грачев А.А. Эксплуатационная надежность и старение дизельных двигателей маневровых тепловозов // Вестник ВНИИЖТ. – 2021. – Т. 80. – № 4. – С. 210–218.
2. Грищенко А.В., Кручек В.А., Кононов В.Е. Устройство и ремонт силовых установок тепловозов. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2020. – 384 с.
3. Сенько В.И., Комиссаров В.В. Оценка технического состояния и износа узлов дизелей маневрового тягового подвижного состава. – Гомель: БелГУТ, 2021. – 198 с.
4. Володин А.И. Моделирование процессов изнашивания и надежности элементов цилиндропоршневой группы локомотивных дизелей // Транспорт: наука, техника, управление. – 2019. – № 8. – С. 34–41.
5. Четвергов В.А., Овчаренко С.М. Надежность локомотивов: теория и практика технического диагностирования. – Омск: ОмГУПС, 2020. – 272 с.
6. Киселев В. ., Попов П.В. Трибологический мониторинг моторных масел и диагностика износа подшипников коленчатых валов дизелей // Локомотив. – 2022. – № 5. – С. 28–31.
7. ГОСТ 10150-2014. Двигатели дизельные судовые, тепловозные и промышленные. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 36 с.
8. Spiryagin M., Cole C., Sun Y.Q., Raman D. Design and Reliability Engineering for Locomotive Diesel Engines // International Journal of Heavy Vehicle Systems. – 2020. – Vol. 27. – No. 3. – Pp. 245–268.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

9. Pyrgidis C. N. Railway Transportation Systems: Technology and Operation Maintenance. – CRC Press, 2021. – 540 p.
10. Duleba B., Dulebova L. Technical Failures and Degradation of Heavy Diesel Engines in Industrial Shunting Yards // Transport Problems. – 2022. – Vol. 17. – No. 4. – Pp. 89–101.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.