

МАСЛА ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Тиняков А.Н.

ООО «Московский филиал Лубризол Гез.м.б.х», г. Москва

Объём потребляемых моторных масел железными дорогами России весьма значителен - более 200.000 тонн, что составляет 8-10% общего потребления всех типов масел в Российской Федерации. В связи с этим проблема увеличения срока смены масла представляется весьма актуальной. Техническими службами МПС периодически поднимается вопрос об увеличении срока службы масла до 100.000 км пробега в тепловозах, оснащённых современными четырёхтактными тепловозными дизелями типа Д49 производства ОАО «Коломенский завод», имеющих высокий уровень форсирования по наддуву и относительно низкий расход масла на угар. В данной статье делается попытка анализа возможности достижения поставленной задачи и путей её решения.

Парк тепловозных дизелей и их основные параметры Россия

Суммарное количество дизелей магистральных грузовых и тепловозных дизелей в АО «Российские железные дороги» составляет около 19.000 штук - по количеству секций тепловозов. В производстве сейчас находятся только четырёхтактные дизели серии Д49 ОАО «Коломенский завод» в 16 и 12 цилиндровом исполнении, их доля в тепловозном парке постоянно растёт. Имеется также информация о поступлении единичных экземпляров двухтактных дизелей 10Д100 производства Харьковского завода им. Малышева для замены аналогичных дизелей, выработавших ресурс. Распределение парка по типу тепловозных дизелей представлено на рис.1.

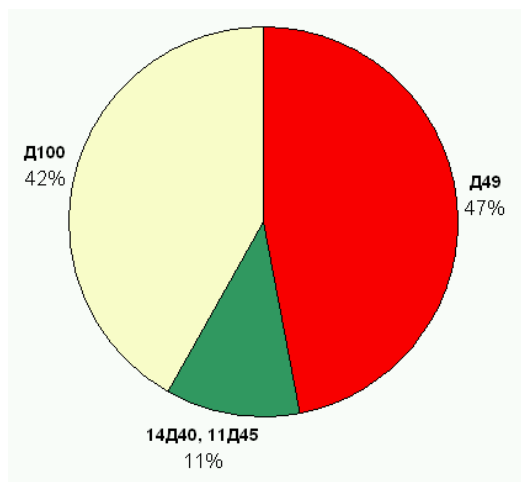


Рис.1. Парк магистральных тепловозов России, количество и тип дизелей.
4-х тактные – 47%; 2-х тактные – 53%.

Одним из наиболее важных параметров технического уровня дизелей является среднее эффективное давление – P_{me} . По этому параметру Коломенские дизели типа Д49 (P_{me} до 2,1 МПа) находятся на уровне лучших зарубежных аналогов. У двухтактных тепловозных дизелей значение среднего эффективного давления значительно ниже – не более 1,2 МПа. Четырёхтактные дизели имеют меньшие удельные расходы топлива и масла на угар по сравнению с двухтактными, для дизелей Д49 последних модификаций эти показатели составляют 185 г/(кВт· час) и 0,6-0,8 г/(кВт· час) соответственно [1]. Относительный расход масла на угар в дизелях Д49 составляет 0,32% от расхода топлива [2]. В последнее время среди дизелей средней быстроходности условно выделена специальная группа дизелей с очень низким расходом масла на угар, в эту группу включены дизели с расходом масла на угар 0,1- 0,3 г/(кВт· час), при том, что типичные значения в современных дизелях средней быстроходности составляют 0,15-0,65 г/(кВт· час), а в дизелях устаревших конструкций – 0,5-1,5 г/(кВт· час) [3]. Современные Коломенские дизели Д49 по расходу масла на угар относятся ко второй группе. Хорошо известно, что чем ниже расход масла на угар, тем более высокие требования предъявляются к маслу.

Сочетание вышеперечисленных факторов, а также то, что двухтактные тепловозные дизели не получили дальнейшего развития в России, определяют тот факт, что все новые тепловозные масла должны разрабатываться применительно к особенностям дизелей типа Д49. Такие требования были разработаны Коломенским заводом, и в основном они соответствуют показателям тепловозных масел 4 поколения.

Северная Америка

Общее количество секций локомотивов в США составляет свыше 20.000 штук, в остальных североамериканских странах (Мексика, Канада) насчитывается ещё примерно 17.000 локомотивов. На этом рынке доминируют General Motors Electro-Motive Division (E.M.D) с двухтактными дизелями, в основном серии 645 – примерно 75% рынка и General Electric с четырёхтактными дизелями 7FDL – примерно 25% рынка. В Канаде некоторую часть рынка занимают дизели фирмы Alko. Имеет место тенденция снижения количества тепловозов при одновременном увеличении мощности дизеля в секции до 6000 л.с. Дизели такой мощности разработаны как фирмой General Electric, так и E.M.D, причём дизели обеих компаний четырёхтактные.

Западная Европа

Парк дизельных локомотивов составляет примерно 22.500 единиц, оснащенных дизелями от 21 производителя техники, в основном европейских. В Великобритании имеется значительное количество дизелей E.M.D..

Тепловозные масла - основные принципы

Масла для тепловозных дизелей, как правило, по уровню эксплуатационных свойств не превышают уровня CD, CF-4 по API (если это четырёхтактные дизели). Существует классификация, разделяющая тепловозные масла на поколения (Табл.1).

Таблица 1. Поколения тепловозных масел

Покол.	Год	TBN	Требования эксплуатации	Особенности рецептур
I	1958	5		
II	1964	7	Увеличенный срок службы фильтра	Применение первых дисперсантов
	1969	7	Улучшенная защита от пригорания колец (GE)	Улучшенные детергентные свойства
III	1970	10	Увеличенный запас нейтрализующих свойств	Более высокая щёлочность
	1975		Улучшенный контроль за нерастворимыми продуктами	Более высокие диспергирующие свойства
IV	1976	13	Дальнейшее улучшение нейтрализующих свойств и контроля за нерастворимыми продуктами	Увеличенные щелочность и диспергирующие свойства
V	1989	13	Улучшенные антиокислительные свойства	Более эффективные антиокислительные присадки и усиленные диспергирующие свойства

Ведущую роль в разработке спецификаций на тепловозные масла играют компании General Motors E.M.D., General Electric и Ассоциация специалистов по обслуживанию локомотивов (Locomotive Maintenance Officers Association – L.M.O.A.). Именно они сформировали нынешние спецификации на тепловозные масла, которые существенно отличаются от масел для тяжёлых условий работы (SHPD и UHPD), применяемых в дизелях тяжёлых грузовиков, автобусов, внедорожной и военной технике.

Основные отличия – это **отсутствие цинка**, которое обеспечивается заменой антиоксидантов дитиофосфатного типа и значительно **более высокое щелочное число**, чем в обычных дизельных маслах. Отсутствие цинка объясняется наличием серебросодержащих подшипников верхней головки шатуна в дизелях E.M.D., которые подвержены коррозионному износу в присутствии цинка. В дизелях GE таких подшипников нет, но в целях унификации в них применяются те же масла. В дизелях E.M.D. последних выпусков серебросодержащие подшипники уже отсутствуют, однако масла, не содержащие цинк, продолжают применяться. Для Россий-

ского рынка применение масел, не содержащих цинк, не является актуальным.

Начиная с начала 70-х годов как тепловозные, так и дизельные масла SHPD и UHPD развивались в основном по пути улучшения их диспергирующих свойств за счёт применения всё более эффективных беззольных дисперсантов. В начале, при внедрении масел SHPD, это было связано с проблемой полировки цилиндра в наддувных дизелях и защитой дизеля от низкотемпературного шлама, сейчас это всё более связано с экологическими требованиями по сокращению выброса частиц, в основном состоящих из сажи. Всё больше сажи должно удерживаться в масле в мелкодисперсном виде, не коагулируя и не выпадая из него с образованием отложений на деталях. На рис. 2 показано увеличение способности масла по удержанию сажи в зависимости от уровня качества масла по классификации API. По этим же причинам применение дисперсантов увеличивает также срок смены фильтров. Образование и коагуляция низкотемпературных отложений в тепловозных дизелях усугубляется особенностями режимов их работы, когда относительное время работы на холостом ходу превышает 50%.

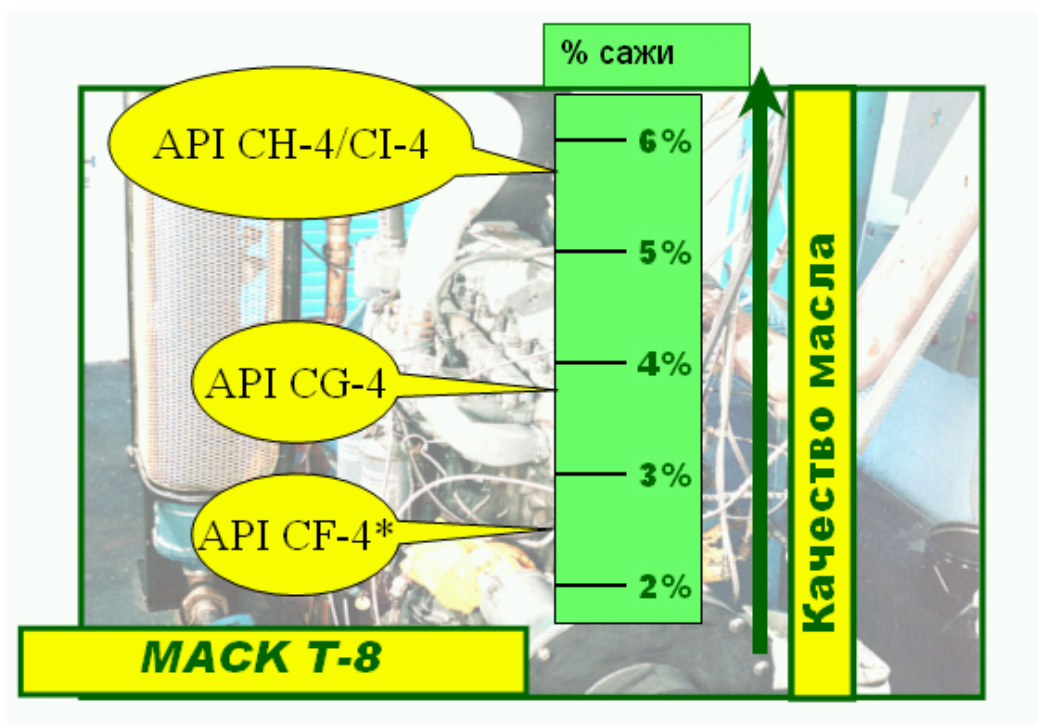


Рис.2. Улучшенная способность удержания сажи

В маслах с грамотно подобранной композицией дисперсантов скорость срабатывания щелочного числа значительно меньше, т.е. присут-

ствии дисперсантов проявляет себя как элемент, замедляющий снижение щелочного числа.

Когда мы говорим о резерве щелочного числа, следует иметь в виду не столько его высокий исходный уровень, который может быть легко обеспечен, сколько скорость срабатывания щелочного числа (TBN retention), и именно этот показатель позволяет увеличить срок смены масла.

Известны примеры и из отечественной практики, когда при использовании масел, имеющих более низкое исходное щелочное число, удавалось сохранить его более высокий уровень в конце испытания при лучшем состоянии двигателя, чем при использовании масел с более высоким исходным щелочным числом, как это было, например, при испытаниях на карьерных самосвалах в Нюренгри, проведённых НАМИ в 1990-1992 годах, и при испытаниях тепловозов в России в 1996 году и Латвии в 1992 году. Во всех перечисленных случаях применялись масла с пакетами, содержащими большое количество дисперсантов: Уфалуб ХД Экстра SAE 15W-40 CF-4/SG и SAE 40 CD Loc соответственно. Дисперсанты вносят относительно небольшой вклад в общее щелочное число масла, и практически не определяются по Российскому ГОСТу 11362, поскольку, представляя собой азотсодержащие продукты, они полностью этим методом не оттитровываются. Полный запас нейтрализующих свойств масла можно определить по методу ASTM D 2896, а наличие дисперсантов – по содержанию азота в масле и ИК-спектру.

Нужно отметить, что щелочное число в маслах IV-V поколений значительно выше (13 мгКОН/г и выше), чем в маслах для автомобильных дизелей - где даже имеется тенденция снижения щелочного числа, - и в основном это объясняется высоким содержанием серы в топливе для локомотивов - 0,5% и выше. Тенденция понижения серы в дизельных топливах не имеет такого ярко выраженного характера, как в автомобильных топливах. Европейский стандарт EN 590, ограничивающий содержание серы в топливе уровнем 350 ppm, не распространяется на топлива для тепловозов и внедорожной техники, не говоря уже о более жёстких национальных стандартах, которые требуют к 2007 году практически нулевого уровня серы. Однако требования по сере будут ужесточаться и по отношению к топливам для железных дорог.

К сожалению, в России всё ещё преобладает такой стиль в создании композиций присадок и пакетов для дизельных масел, когда дисперсанты в маслах отсутствуют вообще. Такой подход характерен и для тепловозных масел. Тепловозные масла, выпускаемые Российской промышленностью: М-14В2, М-14Г2цс, М-14ДР, по-видимому, можно отнести к маслам II поколения, поскольку они не содержат в своём составе дисперсантов (Табл.2).

Таблица 2. Отечественные масла для тепловозных дизелей

Основные показатели масла	Масла для тепловозных дизелей						
	M14B ₂	M14Г ₂	M14Г ₂ ЦС	CCLOC	CDLOC	M14ДР	M14Д2
Класс вязкости	40	40	40	40	40	40	40
Категория по API	CB	CC	CD	CC	CD	CD	CD+
Кин. вязк. при 100°C, мм ² /с	14	14	14	14	14	14	14
Темп. вспышки, °C	210	220	220	215	215	215	220
Темп. застывания, °C	-12	-12	-10	-12	-12	-10	-12
Щелочное число, мг КОН/г	4.8	7.0	9.0	4.8	6.6	10	13
Зольность сульф., %	1.2	1.3	1.5	1.2	1.2	1.85	2.0
Элементный состав, %							
Кальций	0.23	0.23	0.28	0.12	0.19	0.04	0.45
Барий	-	-	-	-	-	-	-
Цинк	0.045	0.045	0.045	0.07	0.085	0.09	0.1
Фосфор	0.040	0.040	0.040	0.049	0.066	0.08	0.1
Азот	-	-	-	0.03	0.045	-	-

Как видно из таблицы, требования по включению в рецептуру дисперсантов не заложены и в показатели масла М-14-Д2, часто называемого маслом IV поколения. Если мы говорим о создании отечественного тепловозного масла IV поколения, мы должны помнить о том, что такое масло обязательно должно содержать дисперсанты. Можно утверждать, что решение задачи по увеличению срока смены масел в тепловозных дизелях до 100.000 км с использованием рецептур присадок, не содержащих дисперсантов, практически невозможно.

В качестве дополнительной иллюстрации приведём основные требования и причины, которые вызвали появление в Северной Америке тепловозного масла V поколения:

- Рост вязкости до смены масла не должен выходить за верхний предел вязкостного класса (Stay in grade)
- Сокращение расхода масла на угар за счёт внедрения загущенных масел
- Сокращение расхода масла на угар за счёт совершенствования конструкции дизеля – 0,2% от расхода топлива в дизелях GE
- Меньшая скорость срабатывания щелочного числа (TBN retention)
- Лучшее удержание сажи и больший срок службы фильтров
- Более длительное время поддержания дизеля в чистоте
- Повышенные рабочие температуры воды и масла

- Увеличенный ресурс дизеля и тепловоза

Выполнение этих требований создало необходимость значительного улучшения антиокислительных и диспергирующих свойств масла. Ужесточение требований к маслу в связи с уменьшением расхода масла на угар показано на рис. 3.

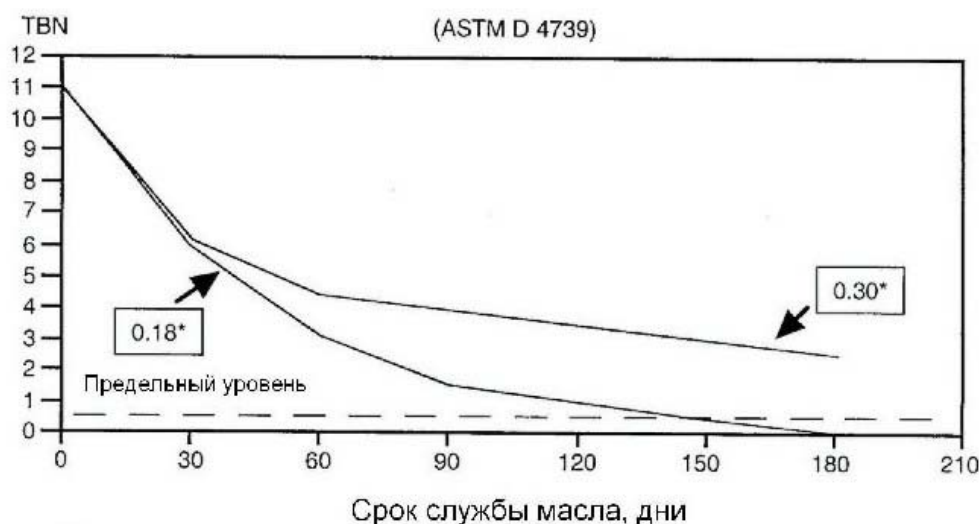


Рис.3. Изменение щелочного числа (TBN) при испытаниях масла V поколения. *Расход масла в % от расхода топлива.

Масло V поколения должно обеспечить службы не менее 6 месяцев при ежемесячном пробеге 10.000 миль/16.000 км и при эксплуатации на топливе с содержанием серы до 0,5%.

Для получения допуска масло должно пройти лабораторные испытания, стендовые испытания на дизелях и эксплуатационные испытания.

Стендовые испытания включают:

- 25-часовое испытание на коррозию подшипников в 2-х цилиндровом отсеке E.M.D. 2-567
- 480-часовое испытание на одноцилиндровом двигателе Cat 1-G2(1M) по оценке моющих и противоизносных свойств масла
- 750 часов на полноразмерном двигателе 7FDL

Эксплуатационные испытания проводятся на трёх тепловозах E.M.D. и трёх тепловозах GE при пробеге не менее 100.000 миль и при сроке смены масла 60.000 миль. Параметры масла в процессе испытаний не должны выходить за следующие пределы:

- Максимальный рост вязкости не более 30% от исходного
- Щелочное число по ASTM D 4739 не менее 1,0
- Нерастворимые в пентане не более 5%

Для сравнения приведём требования ОАО «Коломенский завод» и ОАО «Российские железные дороги» по предельным показателям состояния масла:

- **Кинематическая вязкость не более 16,5 сСт при 100° С**
- **Щелочное число по ГОСТ 11362 (сходен с ASTM D 4739) не менее 1,2**
- Водородный показатель pH не менее 5,0
- **Диспергирующая способность не менее 0,3**
- Температура вспышки не менее 175 ° С
- Кинематическая вязкость не менее 11,5 сСт при 100° С
- Оптическая загрязнённость не более 1200

Жирным шрифтом показаны наиболее важные показатели, характеризующие старение масла. При этом параллельное применение двух показателей: щелочного числа и водородного показателя, характеризующих один и тот же параметр – нейтрализующие свойства масла, вероятно, не совсем оправдано.

Большинство производителей тепловозных двигателей рекомендуют использовать масла классов вязкости SAE 40 (или 20W-40). Внедрение загущенных масел отстаёт от масел для дизелей тяжёлых грузовиков примерно на 15 лет. Пионерами в этой области являются Британские Железные Дороги, которые уже 20 лет используют масла класса вязкости SAE 15W-40. Применение загущенных масел позволяет получить экономию масла и топлива (примерно 1%).

ВЫВОДЫ

Для обеспечения срока смены масла 100 000 км пробега в современных четырёхтактных тепловозных дизелях типа Д49, имеющих низкий уровень масла на угар (до 0,6 г.кВт.час) и высокий уровень форсирования (P_{me} до 2,1МПа) необходимо применять масла, имеющие высокие нейтрализующие свойства (щелочное число не менее 13 мгКОН/г) и высокие диспергирующие свойства. С целью экономии топлива желательно применять масла в загущенном исполнении. При разработке и испытаниях масел следует в большей степени использовать мировой опыт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ширяев В.М. Четырёхтактные двигатели семейства Д49 // Тяжелое машиностроение .- 2002. - N 9. - С.16-19.
2. Рыжов В.А. Перспективы развития высокофорсированных тепловозных дизелей Коломенского завода // Тяжелое машиностроение .- 2002. - N 9. - С.52-54.
3. Adrian Dunn, Peter J. Dowding. Lubrication of medium speed engines with very low lube consumption, problems and solutions // 24 th CIMAC World Congress on Combustion Engine Technology, June 7-11, 2004, Kyoto, Japan.