

Платонов А. А., канд. техн. наук, доц.  
Московский государственный университет путей сообщения  
Коверина А. Ю., студент  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА КОМБИНИРОВАННОМ ХОДУ

раа75@yandex.ru

Установлено, что современные двигатели автомобильной техники на комбинированном ходу должны иметь высокую экономичность, отвечать современным требованиям по экологии и как можно более оптимально соответствовать общей конструкции автомобиля. Выявлены наиболее важные энергетические характеристики автомобильных двигателей. Показаны наиболее типичные представители автомобильной техники на комбинированном ходу с двигателями, обладающими различными характеристиками. Раскрыты особенности конструкции и эксплуатации отечественных и зарубежных двигателей.

**Ключевые слова:** техника, комбинированный ход, автомобильный двигатель, характеристика.

Современные тенденции производства и эксплуатации автомобильных двигателей заключаются в том, что данные источники энергии должны иметь высокую экономичность, надёжность, возможно меньшие габаритные размеры и массу, а также обеспечивать безотказный пуск и работу при различных условиях окружающей среды. Кроме того, современные автомобильные двигатели должны иметь минимальную токсичность отработавших газов. Конструкция двигателей должна быть технологичной и по возможности простой, чтобы облегчить дальнейшее техническое обслуживание во время их эксплуатации. Кроме того, по своим характеристикам двигатель должен как можно более оптимально соответствовать общей конструкции автомобиля и целям, которые ставятся перед этим автотранспортным средством.

Автомобильные двигатели обладают целым рядом различных энергетических характеристик, которые в конечном итоге непосредственным образом оказывают влияние на эффективность использования автомобильной техники. К таким характеристикам относятся, например, следующие:

– тип двигателя (характеристика двигателя по роду применяемого топлива: в основном, бензиновые или дизельные) и по расположению цилиндров (в основном, рядные или V-образные);

– степень сжатия (отношение объёма цилиндра к объёму камеры сгорания, являющееся безразмерной величиной). Повышение степени сжатия повышает мощность, увеличивает КПД двигателя и способствует снижению расхода топлива;

– мощность (скорость изменения энергии двигателя, традиционно измеряемая в лошадиных силах; 1 л.с. = 0,735 кВт). Мощность является одной из важнейших технических характеристик двигателя;

– крутящий момент, наряду с мощностью также являющаяся важнейшей характеристикой двигателя и измеряемая в Н·м.

В современных условиях развития рыночной экономики производители автомобильной техники стремятся расширить ассортимент предлагаемой продукции, при этом как отмечается в [6], одним из перспективных направлений совершенствования автомобильной техники является установка на ней так называемого комбинированного хода, когда за несколько минут колёсная машина получает возможность дальнейшего движения по колее железнодорожного пути. Такие колёсные машины нередко называются локомотивами.

В настоящее время множество отечественных и зарубежных компаний занимаются производством подобной техники, способной обслуживать и ремонтировать железнодорожный путь. Среди наиболее типичных представителей автомобильной техники на комбинированном ходу с двигателями, обладающими различными энергетическими характеристиками, можно отметить КамАЗ-53228-1990-15 (на базе которого выполнена путеремонтная летучка на комбинированном ходу ЛПК-25Е; рис. 1, а), Урал-55571 (на базе которого выполнен специализированный автомобиль МАРТ-3; рис. 1, б), Ford F450 (на шасси которого была выпущена машина для текущего содержания железнодорожного пути; рис. 1, в), а также тяговый модуль для перемещения вагонов ТМВ-2 (рис. 1, г) и многофункциональные автомобили Unimog серии U400 (рис. 1, д).

Два первых представителя автомобильной техники (автомобили КамАЗ и Урал) относятся к традиционно применяемым автомобилям на территории Российской Федерации (включая многие страны СНГ) в том числе благодаря широко развитой дилерской сети и достаточно не

сложному сервисному обслуживанию. Американские автомобили Ford F450 используются на Эстонской железной дороге, немецкие автомобили Unimog различных серий широко используются во многих странах в различных отраслях

промышленности с 1960-х годов, а тяговый модуль ТМВ-2 является современной отечественной разработкой, во многом повторяющий, а по некоторым параметрам и превосходящий автомобили Unimog.



Рис. 1. Автомобильная техника на комбинированном ходу

На автомобиле КамАЗ-53228-1990-15 установлен V-образный 8-ми цилиндровый дизельный двигатель 740.31-240 с рабочим объёмом 10.8 л, соответствующий экологическому классу ЕВРО-2 [8]. Двигатель развивает мощность равную 240 л.с. при частоте вращения коленчатого вала 2200 об/мин и степени сжатия равной 17. Максимальный крутящий момент, развиваемый двигателем, составляет 834 Н·м. Данный двигатель является широко распространённой серийной моделью, и при выпуске на базе шасси КамАЗ-53228 путеремонтной летучки его было решено не менять.

На автомобилях Урал традиционно устанавливается двигатель ЯМЗ-236 мощностью 230 л.с. Однако, как отмечается в [4] для специализированного автомобиля МАРТ-3 был использован двигатель Caterpillar CAT-3126 с автоматической коробкой передач (АКПП) Allison серии 3000. Необходимость использования этого двигателя объясняется отсутствием практической возможности агрегатировать АКПП с двигателями российского производства. АКПП в данном случае является единственным вариантом обеспечения наивысшего крутящего момента при трогании с места и обеспечения плавного переключения передач при большом весе буксируемого подвижного состава.

В целом, Caterpillar CAT-3126E является шестицилиндровым дизельным двигателем с рабочим объёмом 7.2 л, соответствующий эко-

логическому классу ЕВРО-3 [1]. Двигатель развивает мощность равную 270 л.с. при частоте вращения коленчатого вала 2400 об/мин и степени сжатия равной 17,25. Максимальный крутящий момент, развиваемый двигателем, составляет 1125 Н·м. Отличительной особенностью данного двигателя является использование передовой технологии в системе впрыска топлива, обеспечивающей в холодную погоду надёжный запуск, и способность выдерживать перегрузки при низких оборотах.

На автомобиле Ford F450, производства Ford Motor Company (США), установлен V-образный 8-ми цилиндровый дизельный двигатель POWER STROKE с рабочим объёмом 6.4 л, соответствующий экологическому классу ЕВРО-4 [7]. Двигатель развивает мощность равную 350 л.с. при частоте вращения коленчатого вала 3000 об/мин и степени сжатия равной 16,7. Максимальный крутящий момент, развиваемый двигателем, составляет 880 Н·м. Отличительной особенностью данного двигателя является то, что он оснащён пьезоэлектрическими инжекторами, позволяющими намного быстрее распыляться большим объёмам топлива. Кроме того, для максимальной отдачи и эффективности двигатель оснащён двумя турбинами, позволяющими двигателю развивать максимальные мощность и крутящий момент.

Два последних представителя автомобильной техники на комбинированном ходу являют-

ся уникальными многофункциональными машинами, которые способны выполнять на железной дороге целый комплекс различных задач.

На тяговом модуле для перемещения вагонов ТМВ-2, производства ОАО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод», установлен двигатель TCD2013L42V [2] компании DEUTZ (ФРГ). В целом, данный двигатель относится к рядным 4-х цилиндровым дизельным двигателям с рабочим объёмом 4.8 л и соответствует нормам по газовым выбросам ЕС Step III A и Tier 3 (США). Двигатель развивает мощность равную 173 л.с. при частоте вращения коленчатого вала 2300 об/мин и степени сжатия равной 18,1. Максимальный крутящий момент, развиваемый двигателем, составляет 670 Н·м. Отличительной особенностью данного двигателя является то, что он адаптирован к эксплуатации с применением российского топлива и допускает содержание серы в дизельном топливе до 1 %. Также к особенностям относится то, что картер и головка блока цилиндров данного двигателя изготовлены из чугуна, а топливная система включает в себя два топливных насоса высокого давления с электронным регулятором.

На автомобилях Unimog серии U400, производства компании Zwihehoff GmbH (ФРГ), установлен двигатель Mercedes-Benz OM 906LA [3, 5]. В целом, данный двигатель относится к рядным 6-ти цилиндровым дизельным двигателям с рабочим объёмом 6.4 л. Двигатель развивает мощность равную 238 л.с. при частоте вращения коленчатого вала 2200 об/мин и степени сжатия равной 17,4. Максимальный крутящий момент, развиваемый двигателем, составляет 1100 Н·м. Отличительной особенностью данного двигателя является то, что за счёт низкого уровня выбросов вредных веществ двигатель Mercedes-Benz OM 906LA является экологически чистым, при этом норма содержания вредных веществ в отработанных газах соответствует стандарту Евро-5, а изоляция от внешнего шума выполнена согласно допуска ЕС 70/157/EG вкл. 96/20/EG. Кроме того, на данном силовом агрегате используется электронное регулирование системы впрыскивания топлива, а также полностью синхронизированная с двигателем реверсивная коробка передач с 8 передачами для движения вперёд и 6 передачами заднего хода, что обеспечивает легкую смену направления движения.

При анализе характеристик двигателей выше приведённых представителей автомобильной техники на комбинированном ходу можно отметить следующее.

По роду применяемого топлива все двигатели относятся к дизельным. Выбор между ди-

зельным и бензиновым двигателями в пользу первого диктуется в последнее время соображениями экономии за счёт более низкой стоимости топлива и его меньшего расхода. Кроме того, дизельные двигатели являются более долговечными, чем бензиновые, что объясняется более прочным и жёстким выполнением блока цилиндров, коленчатого вала, деталей цилиндропоршневой группы, головки блока цилиндров и применением дизельного топлива, которое в отличие от бензина в известной степени также является смазочным материалом.

Однако в российских условиях эксплуатации определённую и совсем не положительную роль может сыграть качество самого дизтоплива. Наличие в нём твёрдых примесей, что означает некачественную его очистку (этим грешат почти все отечественные нефтезаводы), а также необходимость применения сезонного (зимнего и летнего) дизтоплива накладывает определённые ограничения на возможности использования дизельных двигателей. По данному фактору несомненными лидерами среди рассмотренных двигателей являются двигатели 740.31-240 (как непосредственно создаваемый для топлива не лучшего качества) и TCD2013L42V (как адаптированный к эксплуатации с применением российского топлива).

В целом же дизель только в том случае экономичен, когда он хорошо отрегулирован и у него не изношены топливная аппаратура и/или цилиндро-поршневая группа.

Как уже отмечалось выше, немаловажным для двигателя является его экологичность. Ввиду всё более ужесточающихся норм по содержанию вредных веществ в отработанных газах и запрету на производство топлива стандарта Евро-2 не рекомендуется использование и внедрение в модернизируемую технику двигателей низкого экологического класса. По этой причине в отличие от всех остальных рассмотренных двигателей будущее двигателя 740.31-240 представляется весьма туманным,

При рассмотрении такой характеристики, как число и расположение цилиндров можно отметить, что рядные 4-х цилиндровые двигатели (TCD2013L42V) являются чаще всего наиболее простыми в обслуживании и ремонте. Рядные 6-ти цилиндровые двигатели (OM906LA) обладают большим ресурсом и надёжностью благодаря полной уравновешенности этих двигателей. V-образные 8-ми цилиндровые двигатели (740.31-240, POWER STROKE) являются неуравновешенными, а возникающие при работе двигателя силы инерции могут порождать высокочастотную вибрацию, которая проявляется в виде гула в салоне автомобиля.

Анализ степени сжатия показал, что у всех рассмотренных дизельных двигателей величина данной характеристики находится в пределах 17...18 единиц, при этом лидером по этому показателю является двигатель TCD2013L42V, степень сжатия которого (а, следовательно, и более высокий КПД) достигает значения 18,1. При этом сравнение двигателей по их объёму выявило, что у двигателя 740.31-240 (с наибольшим рабочим объёмом 10.8 л среди рассмотренных двигателей) величина мощности достигает всего лишь 240 л.с., в то время как двигатели с гораздо меньшим объёмом (ОМ 906LA, САТ-3126Е) достигают такой же или даже большей мощности.

Что касается величин мощности и крутящего момента рассмотренных дизельных двигателей, то несомненным лидером по мощности является двигатель POWER STROKE (350 л.с. и максимальный крутящий момент 880 Н·м). Однако при этом следует отметить, что двигатель TCD2013L42V, обладая вдвое меньшей мощностью (173 л.с.), а следовательно и гораздо меньшим расходом топлива, создаёт похожий крутящий момент в 670 Н·м. Лидером по максимальному крутящему моменту среди рассмотренных является двигатель Caterpillar САТ-3126Е (1125 Н·м), при этом двигатель ОМ 906LA при меньшей мощности создаёт практически такой же крутящий момент в 1100 Н·м.

В целом же проведённый анализ энергетических характеристик рассмотренных двигателей позволяет сделать следующий вывод.

По целому ряду характеристик (объём двигателя, экономичность, экологичность, мощность) двигатель 740.31-240 (устанавливаемый на путеремонтной летучке КаМАЗ ЛПК-25Е) уступает своим конкурентам. Едва ли не единственным преимуществом этого двигателя является его приспособленность к российским условиям эксплуатации.

Целесообразность применения на локомотивах МАРТ-3 двигателей Caterpillar САТ-3126Е благодаря весьма большому крутящему моменту не вызывает сомнений, однако возможные проблемы с российским топливом могут привести к снижению эффективности применения данного двигателя и всего локомотива в целом.

Положительные качества двигателей POWER STROKE, устанавливаемые на машинах для текущего содержания железнодорожного пути Ford F450 (экологичность, мощность и создаваемый крутящий момент) могут отпугнуть потребителя большими эксплуатационными расходами на топливо.

Наиболее оптимальными и перспективными по целому ряду энергетических характеристик представляются двигатели TCD2013L42V и ОМ 906LA, устанавливаемые соответственно на тяговый модуль для вагонов ТМВ-2 и автомобили Unimog серии U400. Данные двигатели отличаются экономичностью, приспособленностью к российским условиям эксплуатации, они соответствуют все современным требованиям по экологии, а также оптимизированы по мощности и крутящему моменту с конструкцией соответствующего транспортного средства.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Двигатели для грузовых автомобилей и автобусов [Электронный ресурс] // Caterpillar-Россия [сайт] [2013]. – URL: <http://rossiya.cat.com/cda/layout?m=61760&x=97> (Дата обращения: 16.04.2013)
2. Двигатель TCD2013L42V [Электронный ресурс] // DEUTZ: Дизельные двигатели [сайт] [2013]. – URL: [http://deutz-diesel.ru/series\\_tcd2013/tcd2013l4\\_2v.html](http://deutz-diesel.ru/series_tcd2013/tcd2013l4_2v.html) (Дата обращения: 15.04.2013)
3. Локомотивный УНИМОГ [Электронный ресурс] // Грузовики и всё о них [сайт] [2013]. – URL: <http://trucktir.ru/content/локомотивный-унимог> (Дата обращения: 4.03.2013)
4. Локомотив – специальная машина [Электронный ресурс] // ООО «МЗСА» [сайт] [2013]. – URL: <http://www.automzsa.ru/autofurgons.php?id=66#92> (Дата обращения: 3.03.2013)
5. Локомотив Unimog U400 [Электронный ресурс] // Инновационный дайджест: всё самое интересное о железной дороге [сайт] [2013]. – URL: [http://www.rzd-expo.ru/gallery/list.php?PAGE\\_NAME=section&SECTION\\_ID=429](http://www.rzd-expo.ru/gallery/list.php?PAGE_NAME=section&SECTION_ID=429) (Дата обращения: 27.01.2013)
6. Платонов, А.А. Сервисное обслуживание техники на комбинированном ходу при текущем содержании железнодорожного пути / А.А. Платонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – №2. – 2013. – с. 196-200.
7. Технические характеристики Ford F-450 [Электронный ресурс] // Bibipedia: Выбор и сравнение автомобилей [сайт] [2013]. – URL: [http://www.bibipedia.info/tech\\_harakteristiki/Ford/F-450\\_super\\_duty/F-\\_450\\_super\\_duty\\_2007\\_-\\_2010](http://www.bibipedia.info/tech_harakteristiki/Ford/F-450_super_duty/F-_450_super_duty_2007_-_2010) (Дата обращения: 16.04.2013)
8. Шасси КАМАЗ 53228 [Электронный ресурс] // Truckspark Company: Парк грузовиков [сайт] [2013]. – URL: <http://www.kamaservis.ru/shassi-kamaz-53228-93-novyi.html> (Дата обращения: 15.04.2013)