

По результатам расчетов были сделаны выводы о том, что уровень безопасности недостаточен для допуска дизеля к эксплуатации в течение 8000 часов без осуществления ремонта.

С помощью программного комплекса в рассматриваемом исследовании произведена оценка затрат/выгод при различных вариантах управления рисками и по предложенной методике принятия технических решений были даны рекомендации о выполнении ремонта через 5000 часов эксплуатации. В качестве наиболее вероятных объектов, требующих замены, определены втулки 4, 5 и 6 цилиндра. С учетом остаточного ресурса втулок, равного около 5000 часов, было рекомендовано продолжить эксплуатацию двигателя в течение этого периода с последующей оценкой его технического состояния.

Для проверки точности сделанного прогноза и оценки правильности сделанных выводов двигатель был допущен к эксплуатации, а после 4850 часов разобран и повторно дефектован. По результатам измерений были заменены втулки 4 и 6 цилиндра (в них обнаружено превышение допустимой овальности) и втулка 5 цилиндра (обнаружено превышение допустимого износа). Неисправности других элементов не прогнозировались расчетами и не были выявлены фактически.

На основании сопоставления результатов расчетов с экспериментальными данными можно сделать следующие выводы:

- разработанные математическая модель и соответствующий программный комплекс позволяют оценить с достаточно высокой достоверностью остаточный ресурс элементов СЭУ;

- с использованием математического моделирования удается количественно оценить надежность работы каждого основного элемента СЭУ в течение исследуемого периода времени;

- наличие результатов предыдущей дефектации элементов СЭУ позволяет значительно повысить точность вычислений за счет учета условий эксплуатации и фактической скорости изнашивания деталей;

- результаты расчета позволяют проанализировать надежность оборудования и сравнить полученный показатель риска возникновения отказа со значением приемлемого риска, соответствующего рекомендациям ФОБ;

- количественный результат расчета обеспечивает возможность выбора технически обоснованного и экономически эффективного варианта управления рисками.

Литература:

5. Семионичев Д.С., Медведев В.В. Результаты разработки математической модели и программного комплекса для расчета остаточного ресурса и риска отказа СЭУ и ее элементов // Двигатель – 2010: Тр. Научно-техн. конф. М.: Изд-во МГТУ. 2010.

6. Медведев В.В., Серов А.В., Семионичев Д.С. Применение процедуры ФОБ к оценке риска эксплуатации судового дизеля и практика подготовки исходных данных // Тр. межотр. научно-техн. конф., посвящ. 100-летию П.А.Истомина. СПб: Изд-во СПбГМТУ. 2008. С.31–34.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ЯМЗ НА ТРАКТОРАХ КЛАССА ТЯГИ 10 ТОНН

Шароглазов Б. А., Сафаров М. Ф. (Южно-Уральский государственный университет)

Экономические возможности эксплуатирующих и ремонтирующих технику предприятий побуждают их к отысканию путей снижения затрат на её использование и ремонт. Так, в настоящее время нередки случаи практического применения дизелей производства ЯМЗ на гусеничных тракторах класса 10 тонн [1]. Это объясняется распространённостью двигателей такого типа на рынке, относительно невысокой их ценой и хорошей обеспеченностью рынка запасными частями для таких двигателей. Однако, сведений расчётного порядка, подтверждающих с технической точки зрения возможность и целесообразность такого применения ярославских моторов, в опубликованных источниках не содержится. На первый взгляд целесообразность использования двигателей ЯМЗ (в частности, двигателя ЯМЗ-238, номинальная мощность N_{eH} и частота вращения n_H равны соответственно 177 кВт и 2100 мин^{-1}) на тракторах названного класса (например, на тракторах производства ООО «ЧТЗ – Уралтрак») сомнительна.

Действительно, скоростные характеристики двигателя ЯМЗ-238 и, например, дизеля Д-180 (номинальная мощность равна 132 кВт при частоте вращения 1250 мин^{-1}), устанавливаемого на тракторы такого класса, существенно разнятся, см. рис.1. Безрегуляторные ветви характеристик рассчитаны исходя из численных значений номинальных параметров дизелей по известным (1) соотношениям, см. например [2].

Заметно разнятся для двигателей и коэффициенты приспособляемости к нагрузке (K_n и K_M соответственно). Здесь нужно отметить особенность внешней скоростной характеристики дизеля Д-180: она в том, что максимальная мощность двигателя достигается при частоте вращения заметно меньшей номинальной. Этим и объясняется высокая приспособляемость дизеля к нагрузке. Таким образом, для текущих значений эффективной мощности двигателя имеем:

$$N_e = \frac{V_h \cdot i}{30 \cdot \tau} \cdot p_{eH} \cdot \left[K_M - \frac{K_M}{(n_H - n_M)^2} \cdot \left(n - \frac{n_H}{K_n} \right)^2 \right] \cdot n, \quad (1)$$

где V_h – рабочий объём цилиндра, л; i – число цилиндров двигателя;

τ – тактность двигателя; p_{eH} – среднее эффективное давление рабочего тела на режиме номинальной мощности, МПа; $K_M = M_{\text{макс}}/M_H$ – коэффициент приспособляемости двигателя к внешней нагрузке по крутящему моменту; M_H, M_M – номинальное и максимальное значения крутящих моментов соответственно, Н·м; $K_n = n_H/n_M$ – коэффициент приспособляемости двигателя к внешней нагрузке по частоте вращения; n_H, n_M – частоты вращения коленчатого вала на режимах номинальной мощности и максимального крутящего момента соответственно, мин^{-1} ;

Различие в характере протекания мощностей и моментов как функций частоты вращения не позволяет дать прямого ответа относительно возможности использования моторов ЯМЗ на тракторах рассматриваемого типа.

Более детальную и предметную оценку можно сделать на основе анализа тяговых характеристик машин класса 10т с двигателями соответствующего типа. Такие характеристики, применительно к условиям использования машин на первой, четвёртой и восьмой передачах, представлены на рис.2 и рис.3.

При расчёте приводимых тяговых характеристик за основу приняты скоростные характеристики двигателей, показанные на рис.1. В качестве базового рас-

сма­тривал­ся тра­ктор Т-170 с ме­хан­иче­ской транс­мис­сией и пе­ре­даточ­ны­ми чис­ла­ми, рав­ны­ми 79,64; 48,28 и 19,79 со­от­вет­ствен­но для пер­вой, чет­вёр­той и вось­мой пе­ре­дач. Услов­ия ис­поль­зо­ва­ния ма­шин (ха­рак­тер грун­та, коэф­фи­ци­ент сцеп­ле­ния и др.) при­ни­ма­лись оди­на­ко­вы­ми.

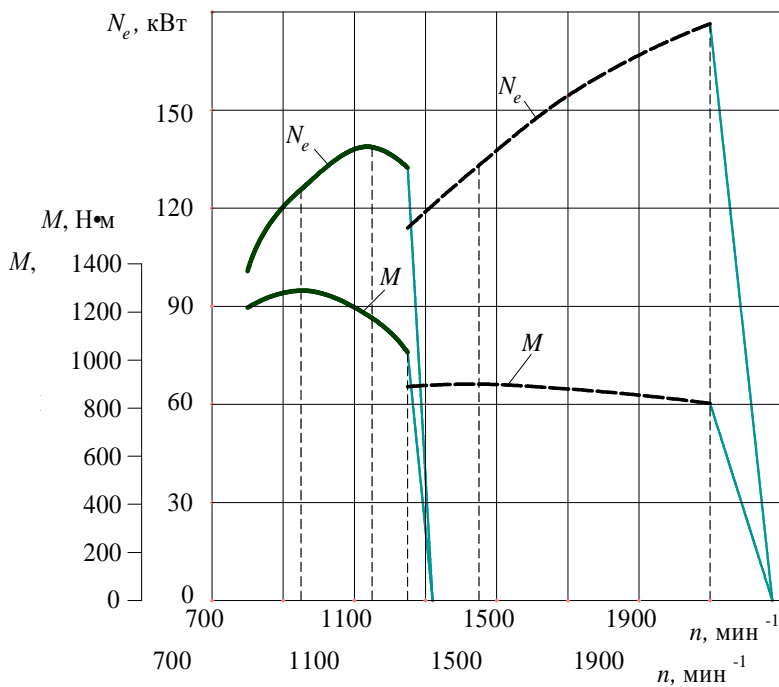


Рис.1. Ха­рак­тер из­ме­не­ния мощ­но­сти и кру­тяще­го мо­мен­та при ра­бо­те ди­зель­ев по внеш­ней скорост­ной ха­рак­те­рис­ти­ке:
 - Д-180;
 ----- - ЯМЗ-238

Рис.2. Про­те­ка­ние удель­ной си­лы тя­ги f_d в функ­ции ско­ро­сти v в ус­ло­виях ра­бо­ты тра­кто­ра с ди­вигателем Д-180 на 1, 4 и 8-й пе­ре­да­чах

(раз­ность масс ди­вигателев не учи­ты­ва­лась). Ско­ро­сть дви­же­ния ма­шин опре­де­ля­лась по вы­ра­же­нию:

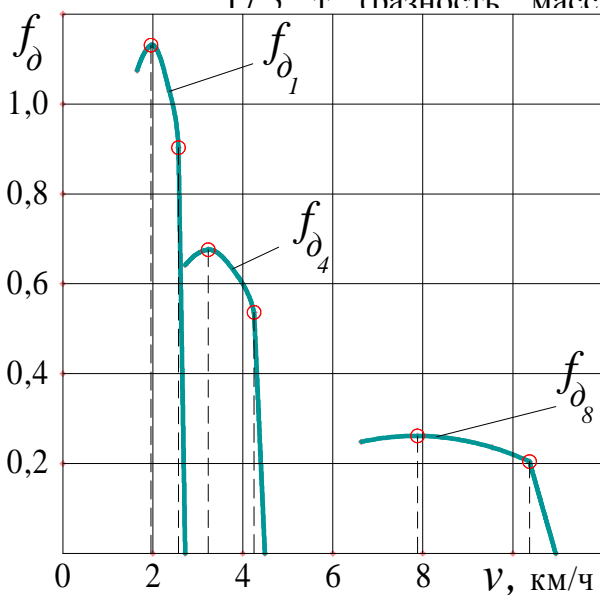
$$v = \frac{\pi \cdot d_{зв} \cdot n}{i_{тп}} \cdot \frac{60}{1000}, \text{ км/ч}$$

в ко­то­ром $d_{зв}$ — ди­аметр ве­ду­ще­го ко­ле­са, м; n — частота вра­ще­ния ко­лен­ча­то­го ва­ла ди­вигате­ля, мин^{-1} ; $i_{тп}$ — пе­ре­даточ­ное чис­ло транс­мис­сии.

Рас­чё­ты, вы­пол­нен­ные при­мен­итель­но к ус­ло­виям ис­поль­зо­ва­ния на тра­кторе ди­вигате­ля ЯМЗ-238, по­ка­зы­ва­ют, что тя­го­вая ха­рак­те­рис­тика тра­кто­ра, ана­логич­ная при­веден­ной на рис.2, не мо­жет быть ре­а­ли­зо­ва­на.

По­ло­же­ние ме­ня­ет­ся в том слу­чае, ко­гда об­щее пе­ре­даточ­ное от­но­ше­ние транс­мис­сии при ра­бо­те на каж­дой из пе­ре­дач уве­личено в 1,4 ра­за (кон­струк­тивно это осу­ществимо), см. рис.3.

При рас­чё­те тя­го­вых ха­рак­те­рис­тик пол­ная масса тра­кто­ра в обо­их слу­чаях по­ла­га­лась оди­на­ко­вой и рав­ной 17,5 т (раз­ность масс



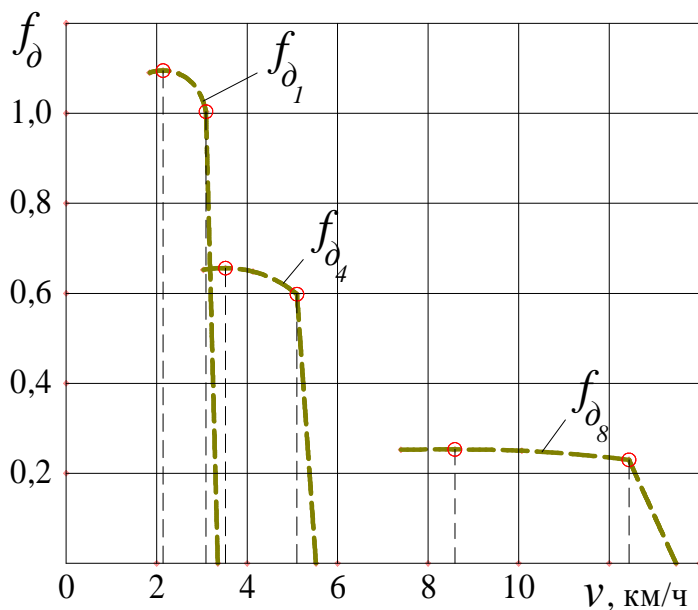


Рис.3. Протекание удельной силы тяги f_{δ} в функции скорости v в условиях работы трактора с двигателем ЯМЗ-238 на 1, 4 и 8-й передачах (передаточное отношение трансмиссии увеличено в 1,4 раза)

В приводимой таблице 1 для режимов работы с номинальной мощностью и максимального крутящего момента дано сопоставление параметров тяговой характеристики тракторов рассматриваемого класса тяги при условии их комплектования дизелями рассмотренного типа.

Таблица 1

Тип двигателя и режим работы		Параметры	Номер передачи		
			I	IV	VIII
Д-180	N_{e_n}	f_{δ}	0,903	0,536	0,204
		v	2,57	4,25	10,37
	$M_{макс}$	f_{δ}	1,131	0,676	0,261
		v	1,96	3,23	7,88
ЯМЗ-238	N_{e_n}	f_{δ}	1,004	0,598	0,230
		v	3,09	5,1	12,44
	$M_{макс}$	f_{δ}	1,094	0,656	0,253
		v	2,14	3,52	8,59

Анализ результатов расчётных исследований позволяет заключить, что применение двигателя ЯМЗ-238 на тракторах класса 10т (при условии повышения передаточного числа трансмиссии) может оказаться целесообразным как с технической, так и экономической точек зрения. В эксплуатационной практике такие решения известны (см. например [1,3]).

Литература:

1. <http://www.uralmachzavod.ru/articles.php>.
2. Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания»/ Под ред. засл. деят. науки РФ Б.А. Шароглазова.- Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006.- 382 с.
3. <http://www.tm10.ru>.