

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  $2100 \text{ мин}^{-1}$ ) 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  $1250 \text{ мин}^{-1}$ ), 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;  $\tau$  – 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,  $\text{мин}^{-1}$ ;

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.

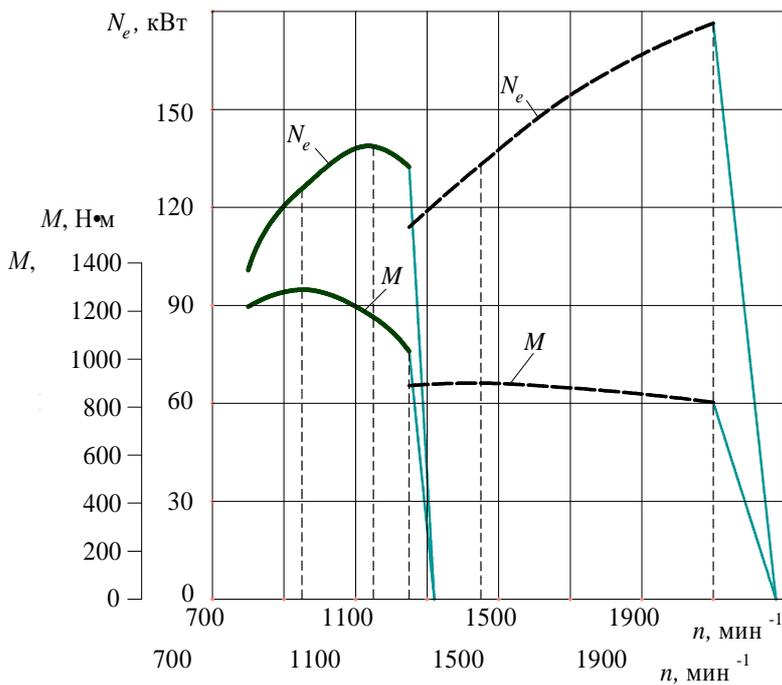


Рис.1. Характер изменения мощности и крутящего момента при работе дизелей по внешней скоростной характеристике:  
 — Д-180;  
 - - - - - ЯМЗ-238

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

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

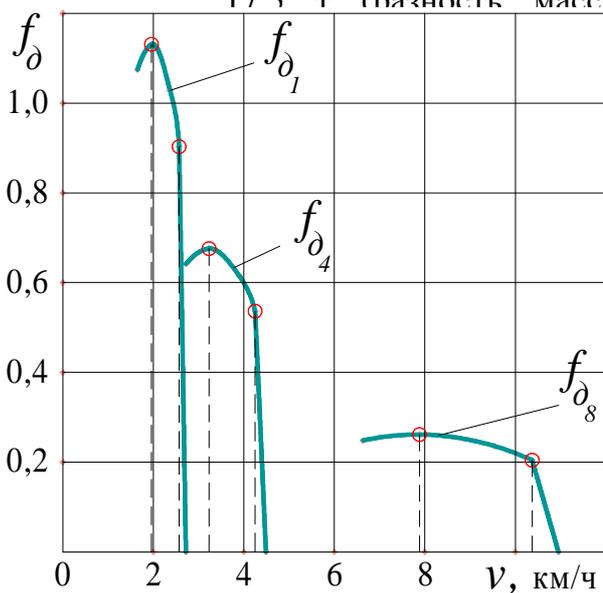
$$v = \frac{\pi \cdot d_{зв} \cdot n}{i_{тп}} \cdot \frac{60}{1000}, \text{ км/ч}$$

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

Расчёты, выполненные применительно к условиям использования на тракторе двигателя 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



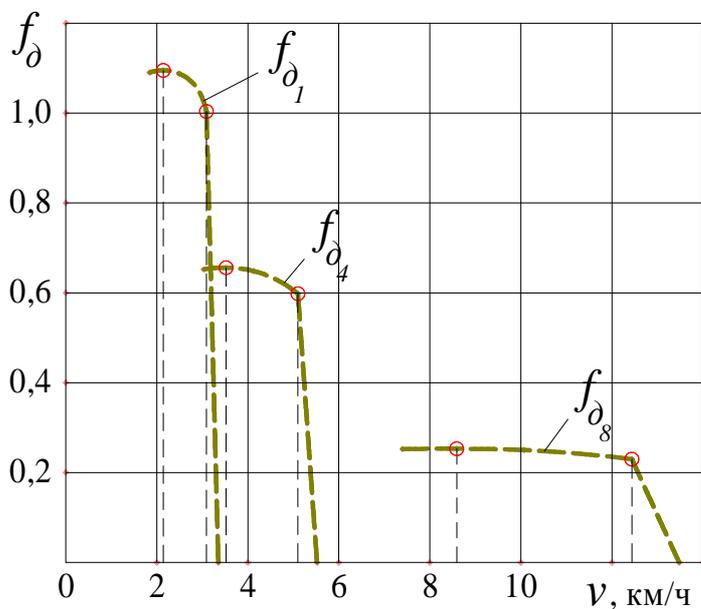


Рис.3. Протекание удельной силы тяги  $f_{\delta}$  в функции скорости  $v$  в условиях работы трактора с двигателем ЯМЗ-238 на 1, 4 и 8-й передачах (передаточное отношение трансмиссии увеличено в 1,4 раза)

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	$N_{e_n}$	$f_{\delta}$	0,903	0,536	0,204
		$v$	2,57	4,25	10,37
	$M_{макс}$	$f_{\delta}$	1,131	0,676	0,261
		$v$	1,96	3,23	7,88
ЯМЗ-238	$N_{e_n}$	$f_{\delta}$	1,004	0,598	0,230
		$v$	3,09	5,1	12,44
	$M_{макс}$	$f_{\delta}$	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>.