

ПРИМЕНЕНИЕ ЯРОСЛАВСКИХ МОТОРОВ НА ТРАКТОРАХ КЛАССА ТЯГИ 10 ТОНН

Б.А. Шароглазов, М.Ф. Сафаров, Е.А. Горелый

USING THE YAROSLAVL'S ENGINES AT THE 10 TONS POWER CLASS TRACTORS

B.A. Sharoglazov, M.F. Safarov, E.A. Gorely

На основании анализа энергетических показателей массово выпускаемых дизелей Ярославского моторного завода, сопоставления их с показателями дизелей, устанавливаемых на гусеничные машины класса тяги 10 тонн, с учетом уже имеющегося опыта использования двигателей Ярославского моторного завода делается заключение о возможности использования ярославских моторов на машинах такого класса.

Ключевые слова: двигатель, крутящий момент, внешняя скоростная характеристика, удельное тяговое усилие, тяговый КПД.

Based on the analysis of power indicators the mass produced diesels of Yaroslavl motor plant, these according to diesel indicators, which were installed at the 10 tons power class caterpillar machines, with it to be have the experience of using the engines Yaroslavl motor plant it does the final of the possibly using the Yaroslavl motors in this class machines.

Keywords: engine, torque, external speed characteristics, specific force power, power efficient, efficiency.

Сегодня гусеничные машины (тракторы) класса тяги 10 тонн находят широкое применение в различных отраслях промышленности и хозяйства, и именно массовость их применения, а также достаточно высокая стоимость производства (так, отпускная цена трактора такого класса тяги, поставляемого на рынок ОАО «ЧТЗ-Уралтрак», колеблется в пределах от 2 млн 790 тыс. до 3 млн 710 тыс. руб. [1]) обуславливают рост интереса эксплуатирующих эту технику предприятий к восстановлению работоспособности машин посредством ремонтных воздействий [2]. Важной составляющей затрат на техническое обслуживание и ремонт таких машин являются расходы средств на восстановление работоспособности двигателей. Технические и ценовые параметры двигателей, их узлов и механизмов разнятся существенно (табл. 1, 2).

В табл. 1 (по данным [3, 4]) представлены основные технические и ценовые параметры дизелей: Д-180 (4ЧН 15/20,5) – производство ОАО «ЧТЗ-Уралтрак»; ЯМЗ-238 (8Ч 13/14), ЯМЗ-236 (6Ч 13/14), ЯМЗ-236Н-3 (6ЧН 13/14, две модификации, отличающиеся значениями номинальных частот вращения: 1800 и 2100 мин⁻¹) – производство Ярославского моторного завода (ЯМЗ).

В табл. 2 приведены данные о массогабаритных показателях названных двигателей (по данным [5, 6]).

Анализ табл. 1, 2 позволяет отметить, что по ряду технических показателей (мощность, масса, габариты) ярославские моторы обладают определенной привлекательностью с точки зрения использования их в качестве источника механической энергии. У них неплохие (по отношению к дизелю 4ЧН 15/20,5) и ценовые показатели. Здесь нужно отметить, что это касается не только цен, но и распространенности ярославских моторов и запасных частей к ним на рынке. Но вот по характеристике крутящего момента (имеется в виду изменение крутящего момента при работе двигателя по внешней скоростной характеристике (ВСХ)) каждый из ярославских моторов существенно уступает дизелю 4ЧН 15/20,5 (рис. 1).

Таблица 1

Основные технические показатели, рыночные цены двигателей и их основных комплектующих

Двигатель	$N_{ен}$, кВт	n_n , мин ⁻¹	$g_{ен}$, (г/кВт·ч)	Цены, тыс. руб.					
				Двигатель	ГЦ*	БЦ	КВ	ШПГ*	ТКР
4ЧН 15/20,5	132	1250	218	425	60	61	63,3	81,6	17,3
8Ч 13/14	177	2100	254	380	26,6	58	50,5	38,4	–
6Ч 13/14	132	2100	254	297–334	23,7	25	47,4	34,2	–
6ЧН 13/14	169	2100	231	362–385	22,8	25	40,5	32,2	8,5
	139,7	1800	236,6						

Примечание. $N_{ен}$ – номинальная мощность; n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала; $g_{ен}$ – удельный эффективный расход топлива при номинальной мощности; ГЦ – головка цилиндров; БЦ – блок цилиндров; КВ – коленчатый вал; ШПГ – шатунно-поршневая группа; ТКР – турбокомпрессор; * – цена комплекта на двигатель.

Таблица 2

Массогабаритные показатели двигателей

Двигатель	m , кг	Габариты, мм		
		L	B	H
4ЧН 15/20,5	2095	1730	1190	1730
8Ч 13/14	1000	1245	1000	1245
6Ч 13/14	800	1020	1000	1245
6ЧН 13/14	980	990	1045	1080

Примечание. m – масса двигателя; B – ширина; H – высота; L – длина.

Названное обстоятельство означает, что, несмотря на более высокие мощностные показатели моторов ЯМЗ, они не могут, при прочих равных условиях, составить альтернативу двигателям типа 4ЧН 15/20,5: не удается обеспечить соответствующих тяговых показателей, прежде всего тягового усилия, для машин класса 10 т тяги. Требуется вмешательство в трансмиссию. Такая конструктивная мера по существу означает создание новой машины, что требует значительных временных и материальных затрат. Но ремонтная и эксплуатационная практика показала, что есть более простое (и экономически доступное) решение названной проблемы. Тяговые показатели машин, применительно к условиям использования ярославских моторов, можно улучшить, установив в их трансмиссии коробки перемены передач (КПП) с более высокими передаточными числами. Так, если говорить о массово распространенных гусеничных машинах класса 10 т (например, модификациях трактора Т-170.01, производство ОАО «ЧТЗ „Уралтрак“»), решение названной проблемы можно обеспечить использованием КПП трактора Т-170.00, ранее также выпускавшегося названным предприятием. Такие КПП и сегодня выпускаются промышленностью и в достаточном количестве имеются на рынке запасных частей.

В табл. 3 дается сопоставление передаточных чисел КПП, используемых на тракторах Т-170.01 и Т-170.00.

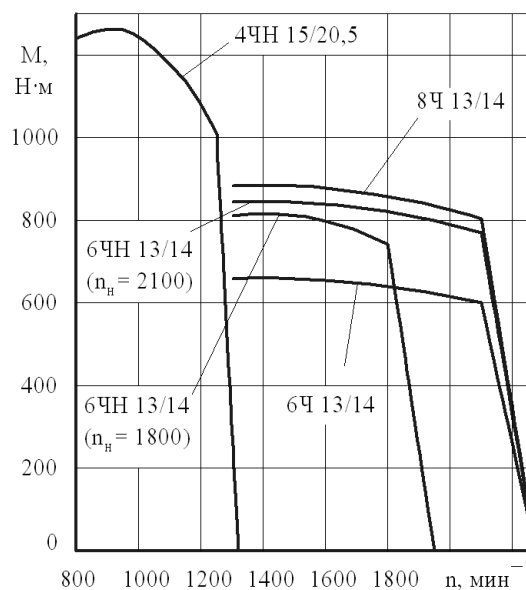


Рис. 1. Изменение крутящего момента при работе дизелей по внешней скоростной характеристике

Значения передаточных чисел КПП, устанавливаемых на тракторы Т-170.01 и Т-170.00

Марка трактора и № КПП	Номер передачи							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Т-170.01(50-12-8СБ)	1,75	1,47	1,263	1,061	0,870	0,730	0,517	0,435
Т-170.00(50-12-7СБ)	2,58	2,166	1,861	1,564	1,281	1,077	0,762	0,640

Использование КПП с более высокими передаточными числами (при других неизменных параметрах трансмиссии) позволит значительно улучшить характеристику момента на ведущем колесе гусеничной машины с дизелями ЯМЗ. Это иллюстрируется рис. 2, где приведен характер изменения M_k на ведущем колесе машин, на которых использованы моторы ЯМЗ ($i_{тр} = 117,41$).

Момент на ведущем колесе машины связан с крутящим моментом двигателя соотношением $M_k = M \cdot \eta_{тр} \cdot i_{тр}$, где M – крутящий момент двигателя; $\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии (принимался равным 0,88); $i_{тр}$ – общее, с учетом зацеплений в КПП, главной и бортовой передачах, передаточное число трансмиссии при работе на соответствующей передаче (в нашем случае рассматривается первая).

Оценка численных значений моментов на ведущем колесе (см. рис. 2) выполнена для случаев, когда передаточное число трансмиссии $i_{тр} = 117,41$ (применительно к использованию всех ярославских моторов) и $i_{тр} = 79,64$ (при использовании дизеля 4ЧН 15/20,5, серийно выпускавшийся трактор Т-170.00).

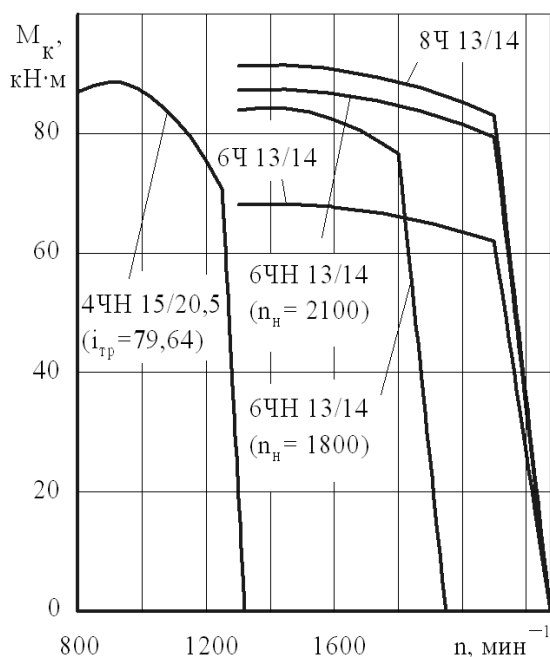


Рис. 2. Характер изменения крутящего момента на ведущем колесе гусеничной машины в зависимости от частоты вращения двигателя (для случая работы на 1-й передаче)

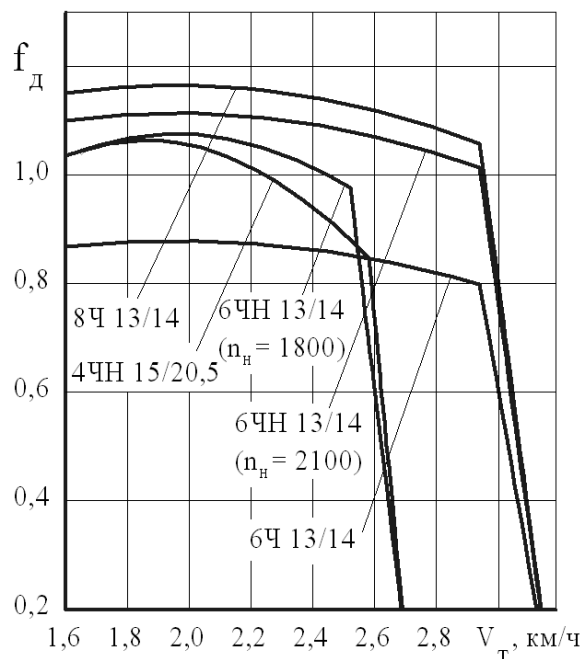


Рис. 3. Изменение удельного касательного усилия на ведущем колесе гусеничной машины в зависимости от скорости движения (работа двигателей по ВСХ, 1-я передача) ($i_{тр} = 79,64$ – для трактора с дизелем 4ЧН 15/20,5; $i_{тр} = 117,41$ – для тракторов с дизелями ЯМЗ)

На рис. 3 для условий использования рассматриваемых типов дизелей приведены теоретические тягово-скоростные характеристики машин (без учета потерь на самопередвижение и затрат энергии на деформацию грунта и буксование). Рассматривается зависимость численных значений удельного окружного усилия на ведущем колесе от теоретической скорости машины (работа на первой передаче). Удельное окружное усилие на ведущем колесе определялось как частное:

$$f_d = P_k / G_a; \quad P_k = M_k / r_{вк},$$

где P_k – окружное (касательное) усилие на колесе; G_a – вес агрегата (включает непосредственно вес трактора, вес отвала и рыхлителя); $r_{вк}$ – радиус ведущего колеса.

Анализ протекания f_d как функции скорости (рис. 3) позволяет отметить, что близкими являются тягово-скоростные характеристики машин, снабженных дизелями 4ЧН 15/20,5 и ЯМЗ-236Н-3 ($n_n = 1800 \text{ мин}^{-1}$): изменение удельного касательного усилия на ведущем колесе и его численные значения в функции скорости разнятся незначительно.

Неплохими тягово-скоростными показателями обладают и машины с двигателями ЯМЗ-238 и ЯМЗ-236Н-3, имеющими $n_n = 2100 \text{ мин}^{-1}$ (на номинальных нагрузках двигателей при $f_d = 1,1$ движение агрегатов характеризуется скоростями равными примерно 2,90–2,95 км/ч).

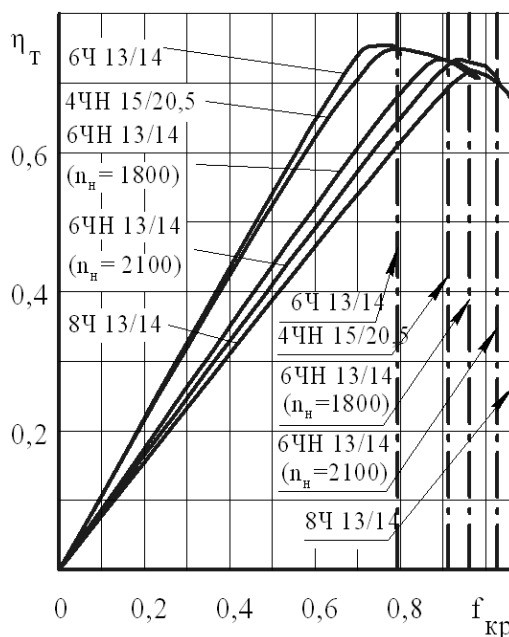


Рис. 4. Изменение тягового КПД тракторов в зависимости от удельного тягового усилия при работе на 1-й передаче

Применительно к реальным условиям эксплуатации (работа машин по ВСХ на твердом сухом грунте) выполнены расчеты тяговых характеристик и выявлен характер изменения их тягового КПД в функции удельного крюкового усилия $f_{кр}$ (рис. 4) (некоторые методические особенности оценки затрат энергии на самопередвижение, преодоление сопротивлений и буксование машин изложены в статье [7]).

Анализ характера протекания η_t позволяет отметить, что максимальное значение КПД для всех машин равно $\approx 0,72\text{--}0,75$, а максимальное значение удельного крюкового усилия для машин с двигателями 4ЧН 15/20,5 и 8Ч 13/14 составляет $\approx 0,92\text{--}1,07$. На рис. 4 штрихпунктирные линии соответствуют максимальным значениям удельных крюковых усилий для машин с названными двигателями. Таким образом, приведенные расчетные исследования позволяют заключить, что наиболее близким аналогом широко распространенной гусеничной машины класса тяги 10 тонн (трактор Т-170.01) является машина, снабженная дефорсированным по частоте вращения дизелем ЯМЗ-236Н-3 ($n_n = 1800 \text{ мин}^{-1}$): этот дизель при использовании КПП № 50-12-7СБ обеспечивает реализацию тяговых характеристик и величин тягового КПД, близких к массово используемой машине. К подобному заключению приходим и в случае, когда рассматриваем работу машин (в частности, тяговые и тягово-скоростные характеристики) на других передачах. Дизель ЯМЗ-236Н-3 ($n_n = 1800 \text{ мин}^{-1}$) имеет газотурбинный наддув, по этой причине требует более высокой культуры эксплуатации, обслуживания и ремонта. Вследствие названных обстоятельств при ремонте гусеничных машин отдается предпочтение дизелю ЯМЗ-238: он относительно недорог, достаточно распространен, обладает хорошими массогабаритными показателями (табл. 2), отличается хорошей тяговой и тягово-скоростной характеристиками. Меньшие значения среднего эффективного p_e и максимального $p_{\text{макс}}$ давлений цикла, меньший уровень максимальных температур $T_{\text{макс}}$ (так, p_e , $p_{\text{макс}}$ и $T_{\text{макс}}$ в дизеле ЯМЗ-238 на номинальном режиме равны 0,68; 7,2 МПа и 1700 К соответственно против 0,83; 8,5 МПа и 1900 К в ЯМЗ-236Н-3) позволяют утверждать, что двигатели 8Ч 13/14 обладают меньшей механической и тепловой напряженностью. А значит, есть основание утверждать, что они (двигатели 8Ч 13/14) обладают и большим ресурсом. Как раз эти качества позволяют рассматривать их как наиболее перспективный источник механической энергии для гусеничных машин класса тяги 10 т.

Дизель 8Ч 13/14, благодаря хорошим массогабаритным и энергетическим показателям, обладает неплохими компоновочными качествами (рис. 5) и уже нашел широкое применение при ремонте машин такого класса. Ему по существу отдается сегодня предпочтение при создании новых машин класса тяги 10 т (рис. 6).

Таким образом, результаты приведенных в статье расчетных исследований и анализ уже сложившегося опыта ремонтных предприятий позволяют отметить, что ярославские моторы

Контроль и испытания

(в частности, дизель ЯМЗ-238) успешно могут использоваться (и используются) на машинах класса тяги 10 т при их ремонте, а также и в новых гусеничных машинах такого класса.

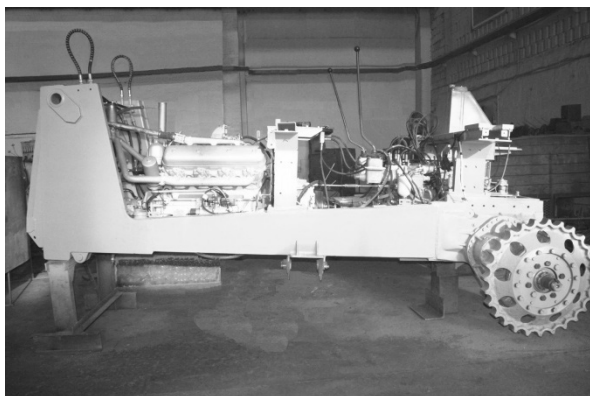


Рис. 5. Компоночное решение по установке дизеля 8Ч 13/14 (ЯМЗ-238) на раме гусеничной машины

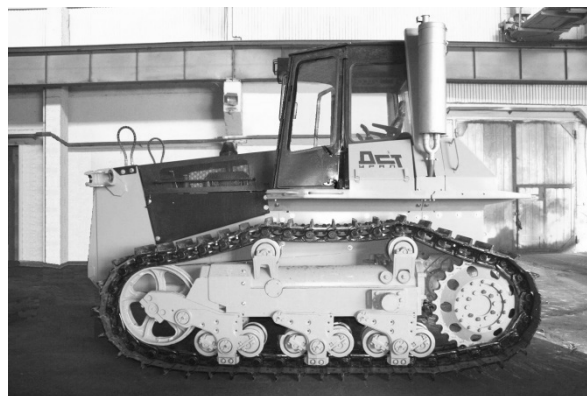


Рис. 6. Общий вид трактора класса 10 т с дизелем 8Ч 13/14 (производство ДСТ «Урал»)

Литература

1. <http://chtz-uraltrac.ru/articles/categories/90.php>
2. <http://www.uralmachzavod.ru/articles/php>
3. http://www.yamz76.ru/yamz_avtodizel_zapchasti/
4. http://dortex74.ru/dvigatel_d-180
5. <http://chtz-uraltrac.ru/catalog/items/28.php>
6. <http://www.dymz.ru/6-tehnicheskaya-karakteristika-dvigatelej-yamz-236-yamz-238.html>
7. Шароглазов, Б.А. Тяговые параметры промышленного трактора класса 10 при использовании в качестве источника энергии транспортных дизелей ЯМЗ / Б.А. Шароглазов, М.Ф. Сафаров, Е.А. Горелый // *Транспорт Урала*. – 2011. – Январь – март (№ 1 (28)).

Поступила в редакцию 7 февраля 2012 г.

Шароглазов Борис Александрович. Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – исследование и моделирование рабочих процессов ДВС. E-mail: G389@mail.ru

Boris A. Sharoglazov. Doctor of technical sciences, professor, honored scientist of Russian Federation, professor the chair of “Internal combustion engines”, South Ural state university. The area of scientific interests – research and modeling business processes internal combustion engines. E-mail: G389@mail.ru

Сафаров Марат Фагитович. Аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – оценка эффективности использования дизелей на гусеничных тракторах. E-mail: safarovmf@yandex.ru

Marat F. Safarov. The post-graduate student of chair “Internal combustion engines”, South Ural state university. The area of scientific interests – an estimation of efficiency of use of diesel engines on catarpillars. E-mail: safarovmf@yandex.ru

Горелый Евгений Анатольевич. Ведущий инженер ООО «ДСТ „Урал“», г. Челябинск. Область научных интересов – оценка эффективности использования энергетических установок на машинах общего назначения. E-mail: G389@74.ru

Evgeny A. Gorely. The leading engineer of Open company DST “Ural Mountains”, Chelyabinsk. The area of scientific interests – an estimation of efficiency of use of power installations by general purpose cars. E-mail: G389@74.ru