

просвет, удобство работы, обзорность и т.д., а машины большей мощности требуют дополнительных устройств для управления и обеспечения качества сельскохозяйственных работ, кроме этого их конструкция должна быть более прочная, следовательно, их стоимость резко возрастает.

Примерно такой же характер имеют графики изменения удельной мощности тракторов зарубежных фирм в зависимости от мощности их двигателей [2].

Таким образом, зависимость стоимости трактора и сельскохозяйственных машин от их параметров носит общий характер и описывается эмпирической зависимостью вида (1).

Следовательно, при прогнозировании параметров сельскохозяйственной техники ее стоимость можно определить по формуле вида  $y = ax^b e^{cx}$ , при этом отклонение расчетной стоимости от существующей не превышает 5,2%.

#### Л и т е р а т у р а

1. Каталог тракторов и сельскохозяйственных машин. ЦНИИТЭИ. М., 1973.
2. Солонский А.С. и др. Прогрессивные компоновочные схемы и конструктивные параметры универсально-пропашных тракторов. М., 1974.

Г.М. Кокин

#### ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОСТЬ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ-САМОСВАЛА

При исследованиях рассматривались автомобили-самосвалы грузоподъемностью более 4 т. Загрузка кузовов этих машин осуществляется, главным образом, экскаваторами и транспортерами. Эти автомобили-самосвалы можно разделить на общестроительные и карьерные.

Общестроительные предназначены для движения по дорогам общего назначения. В связи с существующими ограничениями по эксплуатации дорог Советского Союза общий вес двухосного автомобиля не может превышать 16 т, а трехосного — 24 т. Для ряда других стран наибольший вес двухосного автомобиля 20 т и трехосного — 30 т.

Карьерные самосвалы предназначены для работы в круп-

ных карьерах или на крупных строительствах по дорогам ведомственного подчинения. В этом случае ведомства сами устанавливают общий вес автомобиля для дорог, которые они строят и содержат.

В практике эксплуатации самосвалов обеих групп имеет место движение в одну сторону в полностью груженом состоянии и в обратную – без полезного груза. Длина рейсов общестроительных самосвалов колеблется в пределах 0,5 – 10 км, редко достигает 20 км. Наиболее трудные участки пути – на подъездах к погрузке и разгрузке. Длина рейсов карьерных самосвалов 1 – 5 км. При этом, как правило, в груженом состоянии при выезде из карьера преодолевается подъем.

Транспортная производительность автомобиля определяется номинальной грузоподъемностью, средней эксплуатационной скоростью и использованием грузоподъемности при перевозках. Рациональная грузоподъемность автомобиля определяется целесообразными размерами партий перевозимых грузов и ограничивается несущей способностью дорог по осевому весу. Дальнейшее повышение транспортной производительности автомобилей-самосвалов возможно за счет повышения средней эксплуатационной скорости. Эта скорость определяется средней технической скоростью, обусловливаемой конструктивными данными автомобиля, она также зависит от мероприятий по организации движения и безопасности его.

Средняя техническая скорость в заданных дорожных условиях зависит от тягово-динамических показателей автомобиля, обусловливаемых мощностью устанавливаемого на автомобиль двигателя и принятыми скоростными данными на основных передачах трансмиссии.

При исследовании энергонасыщенности автомобиля удобным показателем является удельная мощность, представляющая отношение максимальной мощности двигателя в лошадиных силах к полному весу автомобиля с полезным грузом в тоннах.

Второй основной показатель – техническая скорость движения и соответствующий ей коэффициент дорожного сопротивления  $\varphi = f \cos \alpha + \sin \alpha$ , определяющий сопротивление качению автомобильных колес, сопротивление движению автомобиля как системы колеблющейся массы и сопротивление движению от подъема дороги.

В табл. 1 приведены показатели автомобилей-самосвалов, находящихся на производстве, а также некоторые опытные образцы их. Представлены в ней также удельные мощности дви-

Таблица 1. Показатели автомобилей-самосвалов

№ п/п	Фирма-модель	Общий вес, кг	Мощность двигателя, л.с.	Удельная мощность, л.с./т	Максимальная скорость, км/ч	Коэффициент сопротивления дороги $\psi$ при максимальной скорости	Максимально возможный коэффициент сопротивления дороги $\psi$ и соответствующая скорость, км/ч				Скорость (км/ч) при различных $\psi$			
							высшая передача коробки передач		низшая передача коробки передач		0,04	0,076	0,11	0,18
							$\psi$	v	$\psi$	v				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	КАЗ-600В	8200	100	12,2	70	0,027	0,045	30	0,342	5,3	50	31	18	9,5
2	Форд Д-134	13200	141	10,7	62	0,032	0,048	31	0,376	6,1	51	46	34	9
3	МАЗ-503Б1	13900	180	13	54	0,050	0,056	41	0,462	5,2	54	30	24	7
4	Мерседес Бенц	14000	185	13,2	62	0,029	0,043	33	0,467	6,1	44	31	20	12
5	МАН	15000	186	12,4	85	0,021	0,035	31	0,321	7	59	27	20	12
6	Скания Вабис L 80	15000	208	13,9	79	0,028	0,036	40	0,312	9,3	62	37	20	11
7	Хеншель	14900	186	12,5	66	0,032	0,039	48	0,390	5,5	45	32	21	13
8	Берлие	18000	228	12,7	56	0,020	0,040	21	0,397	5,6	29	29	15	15
9	Бюссинг	22000	240	10,9	57	0,016	0,036	32	0,300	7	40	26	16	9,5
10	МАН	22000	230	10,5	70	0,032	0,035	39	0,326	4	49	25	16	10
11	Мерседес Бенц	22000	240	10,9	68	0,031	0,036	50	0,349	5,5	50	24	22	13
12	Хеншель	22000	230	10,5	57	0,034	0,038	43	0,358	5	40	28	18	11
13	Лейланд	25000	335	13,4	73	0,036	0,050	42	0,379	6,0	60	40	25	16
14	Магирус Дейц 310Д26	26000	305	11,7	75	0,028	0,033	57	0,485	4,4	41	23	22	12
15	Берна	26000	330	12,7	78	0,030	0,036	57	0,228	10,0	52	35	23	14
16	Скания Вабис Т-110	26000	275	10,6	68	0,028	0,032	49	0,218	8,0	51	27	21	11
17	Мерседес Бенц LAK-2624	26000	240	9,2	44	0,040	0,044	32	0,367	4,0	44	18	15	9
18	БелАЗ-540А	48000	360	7,5	52	0,029	0,032	39	0,317	4,0	36	15	12	7
19	ФАУН К-25*	50000	300	6,0	61/41	0,024 0,035	0,029/ 0,046	52/36	0,260	5,7	36	19	12	7
20	Коккум КЛ440*	54000	385	7,1	60/40	0,023/ 0,039	0,027/ 0,042	42/28	0,170	7,3	35	21	13	-
21	Вабко	54940	380	6,9	38	0,041	0,044	26	0,400	3,0	38	18	12	7
22	Дарт-2330	55740	475	8,5	34	0,053	0,060	26	0,550	2,9	34	24	16	11
23	Битфорд*	55814	456	8,2	45/31	0,041/ 0,061	0,043/ 0,063	26/17	0,336	3,3	45	24	14	9
24	Терекс*	58152	434	7,5	47/32	0,034/ 0,052	0,037/ 0,055	36/25	0,362	4,0	32	24	18	10

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7
25	Катерпилер	58200	415	7,1	44	0,034
26	МАЗ-530Х	78400	450	5,7	32	0,041
27	Берлие Т-45 *	84500	570	6,7	59/40	0,028/ 0,038
28	Берлие Т-60 *	102000	644	6,3	64/46	0,020/ 0,030
29	Вабко-20А	179530	900	5,0	39	0,028
30	Вабко Холлан-3200	360000	2000	5,5	44	0,028

Примечание. \* В числителе - скорость и коэффициент менателе - на прямой передаче коробки передач.

гателей и скорости движения при наиболее характерных суммарных сопротивлениях дороги движению автомобиля.

Коэффициент сопротивления качению автомобильных колес  $f'$  для асфальто-бетонных дорог в хорошем состоянии находится в пределах 0,011 - 0,012. С учетом потерь на гашение колебаний массы автомобиля он увеличивается до  $f = 0,015 - 0,018$ . Для горизонтального шоссе среднего качества суммарный коэффициент дорожного сопротивления лежит в пределах  $\Psi = f = 0,02 - 0,023$ .

Из исследований Л.Х. Гилелеса, А.В. Зотова, изложенных в их кандидатских диссертациях 1974 г., и других авторов следует, что на усовершенствованных автомобильных дорогах общей сети наибольшую математическую плотность имеют суммарные дорожные сопротивления, характеризуемые коэффициентом  $\Psi = 0,04$ , при этом для асфальтированных шоссе  $\Psi = 0,033$ , а для гравийного шоссе  $\Psi = 0,042$ .

Глинистые карьеры, исключая сырое состояние дороги  $\Psi = 0,05$ , каменные карьеры  $\Psi = 0,060$ , песчаные карьеры  $\Psi = 0,076$ . Наиболее трудные режимы в весенне-осенний период  $\Psi = 0,18$ .

Допустимые величины подъемов в карьерах 7 - 8%, на отдельных участках подъемы достигают 10 - 11%. Исходя из этого, представляет интерес рассмотреть скорость при  $\Psi = 0,11$ .

На основании изложенного в таблице приведены скорости движения для суммарных сопротивлений дороги, характеризуемых коэффициентами 0,04, 0,076, 0,11, 0,18.

н	9	10	11	12	13	14	15
0,037	28	0,341	4,0	31	18	9	5
0,042	28	0,345	3,0	32	12	9	3
0,029/ 0,041	43/28	0,165	7,5	29	20	13	-
0,023/ 0,032	49/35	0,215	5,5	28	18	11	7
0,031	25	0,281	2,7	27	15	7,5	4
0,038	22,5	0,276	6,0	23	16	12	10

сопротивления на повышенной передаче коробки передач, в зна-

Автомобили, представленные в табл. 1 позициями 5, 8, 9, при полной нагрузке максимальной скорости на высшей передаче развивать не могут. Высшая передача у них служит для движения в негруженом состоянии.

Автомобили, представленные позициями 15, 16, 19, 20, 27, 28, 29, 30, имеют недостаточную способность преодолевать сложные дорожные условия, так как на низшей передаче коробки имеют  $\Psi$  менее 0,3.

С другой стороны, большинство автомобилей сможет развивать скорость 9 - 16 км/ч в трудных режимах весенне-осеннего периода, когда  $\Psi = 0,18$ .

У автомобилей, представленных в таблице позициями 5, 6, 11, 13, и у других скорость при  $\Psi = 0,04$  выше, чем при максимальном значении  $\Psi$  на высшей передаче. Это происходит за счет перехода с высшей передачи на низшую. Для таких автомобилей основной рабочей передачей для движения с грузом является следующая за высшей низшая передача.

Общестроительные самосвалы в таблице представлены позициями 1 - 17. При этом трехосные машины общим весом 22 - 26 т широко используются и в карьерах с ограниченным объемом работ. Удельная мощность этих машин колеблется от 9,2 (позиция 17) до 13,9 (позиция 6) л.с./т, а максимальная скорость от 44 до 85 км/ч. Определенной закономерности между принятыми удельной мощностью и максимальной скоростью движения не наблюдается.

С точки зрения обеспечения наибольшей производительности при заданной грузоподъемности для общестроительных само-

свалов является скорость движения при сопротивлениях дороги, имеющих наибольшую математическую плотность и характеризуемых  $\psi = 0,04$ .

У общестроительных самосвалов в этом случае скорость колеблется в пределах от 60 до 40 км/ч. Она зависит от удельной мощности двигателя и рационально подобранной максимальной скорости движения.

Скорость движения 60 км/ч имеет автомобиль Лейланд (позиция 13) с удельной мощностью двигателя 13,4 л.с./т и максимальной скоростью 73 км/ч.

Скорость движения 40 км/ч имеет автомобиль Бюссинг (позиция 9) с удельной мощностью 10,9 л.с./т и максимальной скоростью 57 км/ч.

Карьерные самосвалы в таблице представлены позициями 18 - 30. Удельная мощность двигателей этих машин колеблется от 5 до 8,5 л.с./т, а максимальная скорость от 32 до 61 км/ч. Самосвалы позиций 21, 22, 23, 26 способны преодолевать суммарные дорожные сопротивления при  $\psi = 0,04$  с максимальной скоростью на высшей передаче коробки.

При сопротивлениях дороги, характеризуемых коэффициентом  $\psi = 0,04$ , скорость движения лежит в пределах 23 - 45 км/ч, при  $\psi = 0,076$  скорость - 12 - 24 км/ч; а при  $\psi = 0,110$  - 7,5 - 18 км/ч.

Автомобили Коккум и Берлие (позиции 20 и 27) не могут работать в трудных режимах весенне-осеннего периода, характеризуемых  $\psi = 0,180$ .

Следует устанавливать целесообразные скорости движения, исходя из имеющихся предпосылок повышения транспортной производительности автомобилей-самосвалов, возможностей развития скорости движения современного состояния дороги и уровня развития техники, а также из необходимости решения ряда организационных вопросов и вопросов безопасности движения.

У общестроительных самосвалов при движении без полезной нагрузки, а также при движении с полезной нагрузкой по хорошей дороге скорость может быть увеличена до 75 - 80 км/ч. При движении с грузом по дорогам среднего качества скорость может снижаться до 55 - 60 км/ч.

У карьерных самосвалов при движении без груза скорость может быть увеличена до 60 км/ч, а по дорогам среднего качества с грузом она может снижаться до 40 км/ч, однако при движении из любого карьера, исключая отдельные участки, она должна быть не менее 20 км/ч.

При обеспечении подбора надлежащих передаточных чисел элементов трансмиссии таким условиям будет удовлетворять удельная мощность двигателей у общестроительных автомобилей-самосвалов в 14 л.с./т, а у карьерных самосвалов - 8 - 9 л.с./т.

Указанная рекомендация не относится к карьерным самосвалам общим весом более 150 т. Для таких тяжелых машин вопрос должен решаться с учетом конкретных карьеров и двигателей, находящихся в стадии производства.

А.Г. Александровский, Б.Е. Железко,  
А.Н. Саррапин, А.С. Масюк

### АНАЛИЗ УРАВНОВЕШЕННОСТИ V-ОБРАЗНОГО ВОСЬМИЦИЛИНДРОВОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ С КРЕСТООБРАЗНЫМ КОЛЕНЧАТЫМ ВАЛОМ

Для современного развития автотракторного двигателестроения характерно применение V-образных конструктивных схем. Наибольшее распространение в автомобилестроении получили восьмицилиндровые V-образные двигатели с углом развала блоков цилиндров  $90^\circ$  и крестообразным коленчатым валом. Эти двигатели обеспечивают равномерное чередование процессов в цилиндрах и полностью уравниваются с помощью противовесов на коленчатом валу. Такая конструктивная схема трудно поддается компоновке при проектировании двигателей для пропашных тракторов из-за неудовлетворительных габаритов по ширине. Поэтому в данном случае предпочтение следует отдать V-образным схемам с углом развала блоков цилиндров меньшим, чем  $90^\circ$ , однако это приводит к усложнению схемы коленчатого вала и к ухудшению уравновешенности двигателя.

Настоящая работа посвящена анализу уравновешенности восьмицилиндрового V-образного четырехтактного двигателя с крестообразной схемой расположения кривошипов коленчатого вала. Конструктивная схема такого двигателя представлена на рис. 1. Рассматривается общий случай, когда угол развала блоков цилиндров может быть произвольным, а смежные шатунные шейки коленчатого вала в пределах каждого кривошипа могут быть развернуты друг относительно друга на угол  $\psi = 90^\circ - \gamma$  или же иметь общую шатунную шейку на два