

ТЯГОВО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Наиболее трудоемкой операцией лесозаготовительного процесса является вывозка леса. Свыше половины лесных грузопотоков падает на автомобильный транспорт. В качестве подвижного состава используются автомобили различных типов, средней и повышенной грузоподъемности, работающие с прицепами-ропусками.

Целесообразность применения того или иного тягача диктуется условиями эксплуатации. Для лесовозного транспорта характерны следующие специфические особенности.

1. Однородность перевозимых грузов. Вывозка леса производится различными способами: в виде сортиментов, хлыстов и деревьев с кронами. В связи с этим имеется возможность наиболее рационально оборудовать подвижной состав, приспособив его для перевозки длинномерных грузов.

2. Лесные грузопотоки односторонние. Лес вывозится только в одном направлении—из лесосеки на нижний склад. После разгрузки, в обратном направлении, машина движется без груза.

Эффективность эксплуатации автомобилей зависит от их оборачиваемости и объема перевозимого груза. В целях повышения производительности автомобилей на лесовывозке необходимо в грузовом направлении всемерно повышать нагрузки, а в порожнем—скорости движения.

3. Собираемый характер грузов. Лесовозный транспорт делится на первичный и основной. Посредством первичного лес собирается на лесосеке и подвозится к погрузочной площадке. Сокращение первичного и приближение к лесосеке основного транспорта является одним из факторов повышения производительности и снижения себестоимости лесозаготовок.

4. Дорожные условия. Дорожные условия оказывают существенное влияние как на выбор подвижного состава, так и на эффективность его эксплуатации (ограничение давления

шин на дорогу, допустимая нагрузка на искусственные сооружения, радиусы закругления, уклоны и т. п.). В лесоизбыточной зоне (лесах 3 гр.), как правило, строятся специальные лесовозные дороги, тогда как в лесах 2 и 1 групп в основном используются существующие проселочные и лесные дороги. Ввиду относительно непродолжительного срока эксплуатации лесовозные дороги строятся без больших капиталовложений и относятся к низшим классам дорог. Созданы специальные типы лесовозных дорог—ледяные и лежневые.

5. Местные топливные ресурсы. Наличие местных топливных ресурсов в виде древесного топлива вызвало широкое распространение на лесотранспорте газогенераторных машин.

Практика эксплуатации автомобилей на лесовывозке показывает, что с большей эффективностью работают автомобили повышенной грузоподъемности.

Произведем сравнение двух лесовозных автомобилей—ЗИС-5 грузоподъемностью в 3 т и МАЗ-501 грузоподъемностью 5—6 т.

При испытании в одинаковых условиях (Червенский ЛПХ БССР) рейсовая нагрузка составила: для ЗИС-5—8 м³, а для МАЗ-501—16 м³. Средняя техническая скорость равна 15 км/час, что соответствует затрате времени на пробег 1 км пути в обоих направлениях—8 мин.

Для определения производительности автомобилей за смену воспользуемся известной формулой

$$Q = \frac{480 - T_1}{T_3 + T_2} q \text{ м}^3,$$

где: 1—среднее расстояние вывозки (в км),

q—рейсовая нагрузка (в м³),

T₁—косвенные затраты времени на смену (в мин), (для ЗИС-5—30 мин., для МАЗ-501—50 мин.),

T₂—простой под погрузкой и разгрузкой на рейс (в мин.) (для ЗИС-5—50 мин., для МАЗ-501—70 мин.),

T₃—норма времени на пробег 1 км пути в обоих направлениях (в мин.) (при V_{ср} = 15 км/час, T₃ = 8 мин.).

Сравнительные данные сменной производительности автомобилей большой и средней грузоподъемности приведены ниже.

Для выполнения производственной программы лесовозных автомобилей типа ЗИС-5 потребуется в полтора раза больше, чем автомобилей типа МАЗ-501. Для перевозки одного и того же количества древесины автомобилю меньшей грузоподъемности потребуется совершить в два раза больший километраж пробега, чем автомобилю большой грузоподъемности.

Нагрузка на рейс определяется с учетом максимального использования тяговой мощности машины. Внешние сопротивле-

ния в процессе движения постоянно меняются и зависят от дорожных условий и состояния движения.

Среднее расстояние вывозки (в км)		5	10	15	20	25	30
Сменная производит. для ЗИС-5	м ³ число рейсов (п)	40	28	21,2	17,2	14,5	12,4
		5	3,5	2,7	2,1	1,8	1,5
Сменная производит. для МАЗ-501	м ³ число рейсов (п)	62,5	45,8	36,7	30,0	25,5	22,2
		3,9	2,9	2,3	1,9	1,6	1,4

При установившемся движении момент сопротивления движению должен соответствовать крутящему моменту двигателя.

Известно, что при трогании с места, а также преодолении крутых подъемов и тяжелых участков пути внешние сопротивления возрастают настолько, что требуется увеличение крутящего момента двигателя в 5—8 раз.

Наибольшая нагрузка, соответствующая максимальному крутящему моменту, не совпадает с максимумом мощности. Для техники-эксплуатационных расчетов имеет значение интервал характеристики между наибольшими значениями мощности и крутящего момента. Понижение нагрузки вызывает снижение топливной экономичности. Поэтому экономически не выгодно работать с недогрузкой двигателя.

При выборе руководящего уклона и установлении рейсовой нагрузки следует учитывать, что нормальная работа машины протекает при тяговых усилиях, соответствующих нормальной мощности.

Окружное усилие (F_0), действующее на обод колеса, вызывает реактивную силу (X_0), направленную в противоположную ей сторону. Если между ними устанавливается равновесие или же первое превышает второе, колеса машины будут буксовать.

Максимальное значение реакции, а, следовательно, и сила тяги, ограничивается сцеплением колес с дорогой.

$$X_{0 \max} = P_k \varphi,$$

где: P_k — вес, приходящийся на сцепные колеса (в кг);
 φ — коэффициент сцепления колеса с дорогой.

Коэффициент сцепления — величина переменная и зависит от дорожных условий и ходовой части машины. Он может быть повышен:

1. На дорогах с твердым покрытием и сухой поверхностью — за счет снижения внутреннего давления в шинах (применение

шин типа «баллонов»). Это вызывает увеличение площади контакта шины с дорогой и уменьшение удельного давления.

2. На дорогах с твердым покрытием, но смоченной поверхностью—за счет повышения давления. При этом происходит более быстрое выдавливание водяной пленки с площади контакта.

3. На дорогах с глубокими колеями, покрытыми грязью,—за счет медленной езды при постоянных оборотах двигателя. Постоянство оборотов уменьшает динамическое воздействие колес на дорогу, предотвращая тем самым разрушение грязевого основания под колесами и повышая сцепление шины с дорогой.

Приемы вождения автопоездов по плохим дорогам имеют ряд специфических особенностей и требуют от водителей особых навыков. Например, по скользкой дороге движение должно происходить на малой скорости без остановок. При вынужденных остановках трогаться с места следует на малом газу. При невозможности начать движение нужно принять меры по улучшению сцепления путем подкладки хвороста, досок, применения цепей противоскольжения и т. п.

Для облегчения трогания с места груженого лесом автомобиля движение лучше начинать задним ходом (при этом используется максимальное тяговое усилие). Под колесами машины в момент погрузки образуются вмятины, выезд из которых облегчается при включении заднего хода.

Расчет рейсовой нагрузки при малых значениях коэффициента сцепления, т. е. при $X_0 < F_0$, следует производить по силе сцепления с учетом трогания с места.

Для хороших сухих дорог при $X_0 > F_0$ рейсовая нагрузка должна определяться по максимальному тяговому усилию с учетом сопротивления троганию с места.

Тяговые качества автомобилей принято сравнивать по приведенному к единице веса свободному тяговому усилию (так называемому динамическому фактору).

Изменение веса автопоезда вызывает обратно пропорциональное изменение динамического фактора.

Если для веса автопоезда P_a динамический фактор D , то для веса P'_a — $D^1 = \frac{D}{a}$.

где a —коэффициент степени загрузки, $a = \frac{P'_a}{P_a}$.

По сцепному фактору можно сравнивать проходимость машин.

Приняв сопротивление движению для данного типа дороги постоянным, получим формулу, по которой определяются максимально возможный подъем и ускорение поезда:

$$W_{0 \max} = D_{сц} - i; i_{\max} = D_{сц} - W_0.$$

Максимальный подъем должен быть проверен на продольное опрокидывание:

$$i_{\max} = \frac{b}{h_g},$$

где: b —расстояние от задней оси автомобиля до линии центра тяжести,

h_g —высота центра тяжести.

При недостаточном сцеплении на подъеме произойдет буксование, а если подъем крутой, то и опрокидывание тягача с предварительной потерей управляемости. Особую опасность представляют крутые и затяжные подъемы зимой, когда при малом значении коэффициента сцепления машина начнет скатываться назад, теряя управление.

При торможении в данных условиях возможно движение «юзом».

Следует на больших уклонах применять покрытия, повышающие коэффициент сцепления.

Приспособляемость автомобиля к условиям эксплуатации зависит от правильного подбора передаточных чисел в трансмиссии. Передаточное число на первой передаче определяется, исходя из условий преодоления заданного максимального сопротивления движению:

$$\psi_{\max} = i_{\max} \div W_0 = D_{\max}; i_k^I > \frac{P_a \cdot \psi_{\max} \cdot R_0}{M_{\text{дв.макс}} \cdot \eta_n \cdot i_{i_0}}$$

Полученное передаточное число должно быть проверено по сцеплению.

$$i_k^I \leq \frac{P_a \cdot D_{\text{сч}} \cdot R_0}{M_{\text{дв.макс}} \cdot \eta_n \cdot i_{i_0}}$$

Данное неравенство возможно при условии $\psi_{\max} \leq D_{\text{сч}}$.

Передаточные числа для промежуточных передач, как известно, подбираются по закону геометрической прогрессии. Максимально установившееся число ступеней передач равно 5. В целях улучшения проходимости машины дальнейшее увеличение крутящего момента достигается за счет введения в систему трансмиссии демультипликатора.

Определим основные эксплуатационные параметры нового лесовозного автомобиля МАЗ-501 с коэффициентами сопротивления для дорог: первой $W_0 = 0,03$ и второй $W_0 = 0,10$. Грузоподъемность автомобиля МАЗ-501 на лесовывозке принята: 5 т на конике автомобиля и 10 т на конике прицепа-ростпуска. Общий вес автопоезда $P_a = 24$ т.

Касательная сила тяги определена по максимальному крутящему моменту:

а) При включении высшей передачи в раздаточной коробке, т. е.

при $i_p = 1,0$:

$$F_o^I = \frac{M_{дв.к^I} \cdot \eta_{им}}{R_o} = \frac{47 \cdot 60,47 \cdot 0,80}{0,532} = 4274 \text{ кг};$$

$$F_o^{II} = \frac{M_{дв.к^{II}} \cdot \eta_{им}}{R_o} = \frac{47 \cdot 33,32 \cdot 0,80}{0,532} = 2355 \text{ кг};$$

$$F_o^{III} = \frac{M_{дв.к^{III}} \cdot \eta_{им}}{R_o} = \frac{47 \cdot 17,54 \cdot 0,80}{0,532} = 1240 \text{ кг};$$

$$F_o^{IV} = \frac{M_{дв.к^{IV}} \cdot \eta_{им}}{R_o} = \frac{47 \cdot 9,8 \cdot 0,85}{0,532} = 736 \text{ кг};$$

$$F_o^V = \frac{M_{дв.к^V} \cdot \eta_{им}}{R_o} = \frac{47 \cdot 7,64 \cdot 0,80}{0,532} = 540 \text{ кг};$$

б) При включении низшей передачи в раздаточной коробке, т. е.

при $i_p = 2,44$:

$$F_o^I = 10427 \text{ кг}; F_o^{II} = 5746 \text{ кг}; F_o^{III} = 3024 \text{ кг}; F_o^{IV} = 1793 \text{ кг};$$

$$F_o^V = 1313 \text{ кг}.$$

Максимальный динамический фактор подсчитан по максимальной касательной силе тяги с учетом сопротивления ветра только для 3-й, 4-й и 5-й скоростей при включенной высшей передаче в раздаточной коробке,

при $i_p = 1,0$:

$$D_{\max}^I = \frac{F_o^I}{P_a} = \frac{4274}{24000} = 0,178; D_{\max}^{II} = \frac{F_o^{II}}{P_a} = \frac{2355}{24000} = 0,098;$$

$$D_{\max}^{III} = \frac{F_o^{III} - F_w}{P_a} = \frac{1234}{24000} = 0,052; D_{\max}^{IV} = \frac{F_o^{IV} - F_w}{P_a} = \frac{719}{24000} =$$

$$= 0,030; D_{\max}^V = \frac{F_o^V - F_a}{P_a} = \frac{513}{24000} = 0,021.$$

Сопротивление ветра рассчитывалось по формуле

$$F_w = \frac{k \cdot f \cdot v^2}{3,6^3} = 0,357 \text{ V}^2 \text{ кг}.$$

При $i_p = 2,44$:

$$D_{\max}^I = 0,434; D_{\max}^{II} = 0,238; D_{\max}^{III} = 0,125; D_{\max}^{IV} = 0,075;$$

$$D_{\max}^V = 0,054.$$

На четвертой скорости при включенной низшей передаче в раздаточной коробке динамический фактор (0,075) обеспе-

чивает нормальную работу автомобиля на лежневых, гравийных и грунтовых дорогах без излишнего переключения передач.

Максимальные подъемы, преодолеваемые автопоездом при минимально устойчивых числах оборотов двигателя под нагрузкой, равны:

При $i_p = 1,00$

При $i_p = 2,44$

I. Для первой передачи

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= D^I_{\max} - W'_0 = \\ &= 0,178 - 0,03 = 14,8\% (8^\circ 25') \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 0,434 - 0,03 = \\ &= 40,4\% (23^\circ 45') \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= D^I_{\max} - W''_0 = \\ &= 0,178 - 0,1 = 7,8\% (4^\circ 22') \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 0,434 - 0,10 = \\ &= 33,40\% (19^\circ 8') \end{aligned}$$

II. Для второй передачи

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= D^{II}_{\max} - W'_0 = \\ &= 0,098 - 0,03 = 6,8\% (3^\circ 53') \end{aligned}$$

$$\sin \alpha = 0,238 - 0,03 = 20,8\% (11^\circ 44')$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 0,238 - 0,10 = \\ &= 13,8\% (7^\circ 57') \end{aligned}$$

III. Для третьей передачи

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= D^{III}_{\max} - W'_0 = \\ &= 0,052 - 0,03 = 2,2\% (1^\circ 15') \end{aligned}$$

$$\sin \alpha = 0,125 - 0,03 = 9,5\% (5^\circ 28')$$

$$\sin \alpha = 0,125 - 0,10 = 2,5\% (1^\circ 25')$$

IV. Для четвертой передачи

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= D^{IV}_{\max} - W'_0 = \\ &= 0,030 - 0,03 = 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 0,075 - 0,03 = \\ &= 4,5\% (2^\circ 35') \end{aligned}$$

V. Для пятой передачи

$$\sin \alpha = 0,054 - 0,03 = 2,4\% (1^\circ 25')$$

Скорости движения машины:

При $i_p = 1,00$

$$V^I_{\min} = 0,377 \frac{R_0 n}{kl} = 0,377 \frac{0,532 \cdot 1000}{60,57} = 3,32 \text{ км/час.}$$

$$V^V_{\max} = 0,377 \frac{R_0 n}{kV} = 0,377 \frac{0,532 \cdot 2000}{7,64} = 52,50 \text{ км/час.}$$

При $i_p = 2,44$

$$V^I_{\min} = 0,377 \frac{R_0 n}{kl} = 0,377 \frac{0,532 \cdot 1000}{147,34} = 1,36 \text{ км/час.}$$

$$V^V_{\max} = 0,377 \frac{R_0 n}{kV} = 0,377 \frac{0,532 \cdot 2000}{18,65} = 21,52 \text{ км/час.}$$

Не обладая достаточной инерцией ввиду малых скоростей движения, лесовозный автомобиль преодолевает повышенные сопротивления движению за счет большого динамического фактора.

Расчетные данные для лесовозных автомобилей

Именования	Значение расчетных величин для автомобилей				
	ЗИС-5	ЗИС-21	ЗИС-150	ЗИС-151	МАЗ-501
1. Грузоподъемность (нагрузка на коник автомобиля) (в кг)	3000	2500	4000	4500	5000
2. Вес груженого автомобиля (в кг)	6240	6695	8110	10490	13000
3. Полный вес автопоезда, груженого лесом (в кг)	11360	11315	13230	20490	24000
4. В том числе полезная нагрузка (в кг)	7000	6000	8000	12500	16000
5. Радиус колес машины (в м)	0,450	0,450	0,484	0,410	0,440
6. Механический к. п. д. трансмиссии	0,850	0,850	0,850	0,800	0,800
7. Максимальный динамический фактор (кг/кг):					
на первой передаче	0,201	0,180	0,193	{ 0,117 0,295	{ 0,178 0,434
на второй передаче	0,114	0,105	0,102	{ 0,062 0,151	{ 0,098 0,238
на третьей передаче	0,050	0,053	0,060	{ 0,035 0,085	{ 0,052 0,125
на четвертой передаче	0,032	0,030	0,031	{ 0,018 0,043	{ 0,030 0,075
на пятой передаче	—	—	0,025	{ 0,015 0,036	{ 0,021 0,054
8. Вес машины с грузом, приходящийся на ведущие колеса (цепной вес) (в кг)	4800	5080	6020	10490	13000
9. Цепной фактор для груженого автомобиля при $\varphi=0,1$ кг/кг	0,077	0,075	0,0742	0,100	0,100
10. Сцепной фактор для негруженого автомобиля при $\varphi=0,1$ кг/кг	0,0593	0,0576	0,0533	0,100	0,100
11. Предельные подъемы на дороге при $w=0,02$:					
а) автомобиль с грузом	0,057	0,055	0,054	0,080	0,080
б) автомобиль без груза	0,039	0,037	0,034	0,080	0,080

ВЫВОДЫ

1. На основании исследований, подтвержденных опытом эксплуатации машин, установлена целесообразность применения на лесотранспорте автомобилей большой грузоподъемности и повышенной проходимости.

2. Анализ внутрисменных простоев показывает, что для большегрузных автомобилей значительным резервом повыше-

ния производительности является снижение простоев под погрузкой и разгрузкой.

3. Выявлена необходимость снабжения автомобилей большой грузоподъемности и повышенной проходимости (МАЗ-501 и ЗИС-151) вспомогательным тросо-блочным оборудованием с приводом от лебедки для частичного собирания леса на лесосеке и погрузки (разгрузки) хлыстов.

Создаются условия независимой от погрузочно-разгрузочных средств работы автомобилей, приближается основной транспорт к лесным грузам и повышается в целом эффективность лесотранспорта.

4. Применение хлыстовой и поездной вывозки леса обеспечивает более полное использование тяговой мощности лесовозных автомобилей.

В связи со специфическими условиями лесовозного транспорта, в целях повышения производительности, необходимо добиваться повышения нагрузки для грузового направления и скоростей движения—для порожнего направления.

5. Большое значение в повышении эффективности использования автомобилей приобретает обобщение и распространение опыта передовых шоферов по вождению большегрузных автопоездов при хлыстовой вывозке леса.

6. Поддержание автомобилей в технически исправном состоянии путем организации систематического техобслуживания и своевременного ремонта является основной гарантией эффективности их эксплуатации. Каждое лесозаготовительное предприятие должно иметь РММ в сочетании с передвижными средствами техобслуживания и ремонта.