

УДК 630*375.5

М.Ю. Смирнов

Смирнов Михаил Юрьевич родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Марийский политехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспорта леса Марийского государственного технического университета. Имеет 122 научных труда в области транспорта леса и эксплуатации лесовозных дорог.



ФОРМИРОВАНИЕ СОСТАВА ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

Рассмотрены теоретические основы комплектования лесовозных автопоездов. Учтено изменение действия сил на автопоезд на наклонном участке пути и влияние прицепных единиц на автомобиль-тягач.

Ключевые слова: лесовозный автопоезд, автомобиль, прицепной состав, руководящий подъем, полезная нагрузка.

Сущность методики формирования состава лесовозного автопоезда заключается в определении наиболее выгодной его массы, подборе прицепного состава, который позволяет наиболее полно реализовать массу поезда и обеспечить максимальную рейсовую нагрузку при рациональном размещении груза на подвижном составе.

На лесовозных дорогах предельно допустимое значение расчетной массы поезда с грузом определяют из условия обеспечения возможности его равномерного движения на руководящем подъеме [1]. Для этого используют известное уравнение тягового баланса.

Затем, исходя из имеющегося прицепного состава и применяемых схем комплектования, подбирают такой состав автопоезда, фактическая полная масса которого близка к предельной.

Эффективность работы автомобильных поездов зависит от особенностей конструкции и параметров тягачей и прицепных звеньев, а также от соответствия состава поездов дорожным условиям. Поэтому для более точного подбора состава поезда, позволяющего учитывать изменение действия сил на автопоезд на наклонном участке пути и влияние прицепных единиц на автомобиль-тягач, может быть использована следующая методика.

Рассмотрим силы, действующие на лесовозный автопоезд (см. рисунок) при равномерном движении на руководящем подъеме [5] (на примере автопоезда: автомобиль + прицеп). Лесовозный автомобиль принят полноприводным.

Из уравнения проекции сил, действующих на автопоезд, на ось x находим:

для автомобиля

$$D_{\text{ед}}^0 = P_{\text{к}} - P_{\text{fa}} - P_{\text{ia}} - P_{\text{в.а}}; \quad (1)$$

$$P_{i\ddot{\theta}} = G_{i\ddot{\theta}}^{\dot{\alpha}\delta} \sin \alpha \approx G_{i\ddot{\theta}}^{\dot{\alpha}\delta} i_p.$$

Из уравнения проекций сил на ось z находим:
для автомобиля

$$G_a^{\dot{\alpha}\delta} \cos \alpha = R_1 + R_2 + R_3 = R_1 + R_{23}; \quad (3)$$

для прицепа

$$G_{i\ddot{\theta}}^{\dot{\alpha}\delta} \cos \alpha = R_4 + R_5, \quad (4)$$

где R_1, R_2, \dots, R_5 – нормальные реакции на колеса, кН;

R_{23} – нормальная реакция на тележку автомобиля, кН.

Здесь

$$R_1 = [G_a^{\dot{\alpha}\delta} (l_{23} \cos \alpha - h_{ц.т.а} \sin \alpha) - (M_{f1} + M_{f2} + M_{f3}) + (M_{к1} + M_{к2} + M_{к3}) - P_{кр} h_{кр} - P_{в.а} h_{в.а}] / L_a;$$

$$R_{23} = [G_a^{\dot{\alpha}\delta} (l_1 \cos \alpha + h_{ц.т.а} \sin \alpha) + (M_{f1} + M_{f2} + M_{f3}) - (M_{к1} + M_{к2} + M_{к3}) + P_{кр} h_{кр} + P_{в.а} h_{в.а}] / L_a;$$

$$R_4 = [G_{i\ddot{\theta}}^{\dot{\alpha}\delta} (l_5 \cos \alpha - h_{ц.т.п} \sin \alpha) - (M_{f4} + M_{f5}) + P_{кр} h_{кр}] / L_p;$$

$$R_5 = [G_{i\ddot{\theta}}^{\dot{\alpha}\delta} (l_4 \cos \alpha + h_{ц.т.п} \sin \alpha) - (M_{f4} + M_{f5}) - P_{кр} h_{кр}] / L_p.$$

У полуприцепного автопоезда вместо тяговой крюковой нагрузки находят силу, приложенную к седельному устройству.

Касательная сила тяги ограничивается мощностью двигателя тяговой машины и сцеплением ведущих колес с поверхностью качения. Ее определяют по общеизвестным формулам [2].

Состав автомобильных поездов можно характеризовать коэффициентами [5]:

полной нагрузки автомобиля

$$\Lambda = \frac{Q_{\dot{\alpha}\delta}}{m_a}; \quad (5)$$

нагрузки автомобиля от прицепных звеньев

$$\lambda = \frac{m_i}{m_a}, \quad (6)$$

где m_a – полная масса автомобиля, т;

m_p – суммарная полная масса прицепных звеньев, т;

$Q_{бр}$ – полная масса автопоезда, т.

Коэффициенты Λ и λ взаимосвязаны:

$$\Lambda = \lambda + 1. \quad (7)$$

К основным характеристикам поверхности дороги могут быть отнесены коэффициенты: сопротивления качению f , подъему i , суммарного сопротивления $\psi = f + i$, сцепления φ , проезжаемости $\xi = \varphi / \psi$.

С учетом этого формулы для расчета основных параметров автомобильных поездов можно представить следующим образом.

Тяговое усилие в сцепном устройстве тягача:
по двигателю

$$D_{\text{сд}} = \frac{N_e \eta_{\text{дд}} \gamma_i \beta}{v} - m_a g \psi - P_{\text{в.а.}}, \quad (8)$$

где N_e – мощность двигателя, кВт;

$\eta_{\text{тр}}$ – коэффициент полезного действия силовой передачи;

γ_m – коэффициент использования свободной мощности двигателя по эксплуатационным условиям;

β – коэффициент отбора мощности двигателя на привод вспомогательных механизмов;

v – скорость движения, м/с;
по сцеплению

$$P_{\text{кр}} = m_a g(\varphi - \psi) - P_{\text{в.а.}} \quad (9)$$

Тяговое сопротивление прицепа

$$P_{\text{кр}} = m_{\text{пр}} g \psi. \quad (10)$$

Подобрав состав автопоезда, следует проверить его массу по условию непревышения предельной массы автопоезда.

Расчетную предельную полную массу автомобильного поезда определяют по формуле

$$Q_{\text{ад}}^{\text{д}} = \frac{10^3 D_{\text{сд}}}{w_0 + g i_p}, \quad (11)$$

где $Q_{\text{ад}}^{\text{д}}$ – предельная полная масса автопоезда по силе тяги автомобиля, т;

$P_{\text{к}}$ – расчетная касательная сила тяги автомобиля с учетом ограничения по сцеплению, кН;

w_0 – основное удельное сопротивление движению, Н/т.

Фактическая полная масса лесовозного автопоезда (по грузоподъемности)

$$Q_{\text{ад}} = m_a + \sum m_i + \frac{Q_a + \sum Q_i}{g} \leq Q_{\text{ад}}^{\text{д}}, \quad (12)$$

где Q_a – грузоподъемность автомобиля, кН;

$\sum Q_i$ – суммарная грузоподъемность всех единиц прицепного состава, кН.

Важной характеристикой проходимости автопоезда по дорогам с низкими сцепными свойствами и повышенным сопротивлением движению является коэффициент сцепной массы

$$\hat{E}_{\text{н.о.и}} = \frac{m_{\text{н.о.}}}{Q_{\text{а.д}}}, \quad (13)$$

где $m_{\text{сц}}$ – сцепная масса автопоезда, т.

Коэффициент $K_{\text{сц.м}}$ связан с коэффициентом проезжаемости ξ дороги:

$$\hat{E}_{\text{н.о.и}} \geq \frac{1}{\xi}. \quad (14)$$

На основании выполненных исследований [5] можно принять следующую классификацию дорожных условий:

	по двигателю ψ	по сцеплению $1/\xi$
легкие	$\leq 0,06$	$\leq 0,20$
средние	$0,06 \dots 0,12$	$0,20 \dots 0,30$
тяжелые	$0,12 \dots 0,24$	$0,30 \dots 0,45$
особо тяжелые	$\geq 0,24$	$\geq 0,45$

Лесовозные автопоезда должны обладать достаточной проходимостью и надежно работать в средних и тяжелых по двигателю и сцеплению дорожных условиях (при $0,06 < \psi \leq 0,24$ и $0,3 < 1/\xi \leq 0,45$).

После подбора прицепного состава к принятому автомобилю следует проверить полную массу поезда по рекомендуемой удельной мощности двигателя:

$$Q_{\text{а.д}} \leq \frac{N_e}{N_{\text{о.а}}}, \quad (15)$$

где $N_{\text{уд}}$ – рекомендуемая удельная мощность двигателя автомобильного поезда, кВт/т.

Удельная мощность двигателя считается приемлемой в интервале от 6 до 8 л. с./т (4,4 ... 5,9 кВт/т) [3].

При выборе прицепного состава следует отдавать предпочтение единицам с меньшей собственной массой при одинаковой грузоподъемности.

При формировании самозагружающихся автопоездов гидроманипулятор размещают на автомобиле или на прицепных единицах. Поэтому при определении полной массы автопоезда по формуле (12) к собственной массе транспортной единицы следует прибавлять массу манипулятора, а ее грузоподъемность уменьшать. Интенсивность снижения грузоподъемности зависит от размещения манипулятора на транспортной единице и обоснована ниже.

Возможную полезную нагрузку на автопоезд определяют по следующим критериям:

исходя из тяговых возможностей автомобиля

$$Q_{\text{тг}} = \frac{Q_{\text{а}} - m_{\text{а}} - m_{\text{т}}}{\gamma}, \quad (16)$$

где γ – средняя плотность (объемная масса) древесины, т/м³;
по грузоподъемности

$$Q_{\text{тг}} = \frac{Q_{\text{а}} + \sum Q_{\text{тг}}}{g\gamma}; \quad (17)$$

исходя из возможности размещения груза или грузоподъемности

$$Q_{\text{тг}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{п}}} V_{\text{с}i} K_{\text{т}i}, \quad (18)$$

где $V_{\text{с}i}$ – объем, занимаемый i -й пачкой сортиментов, м³;

$K_{\text{т}i}$ – коэффициент полндревесности i -й пачки;

$n_{\text{п}}$ – число пачек сортиментов на автопоезде.

Занимаемый пачкой сортиментов объем $V_{\text{с}}$ определяют по формуле

$$V_{\text{с}} = (B_{\text{г}} - b_{\text{ст}}) l_{\text{с}} h_{\text{п}}, \quad (19)$$

где $B_{\text{г}}$ – габаритная ширина автопоезда, м;

$b_{\text{ст}}$ – толщина стоек, м;

$l_{\text{с}}$ – длина сортиментов, м;

$h_{\text{п}}$ – высота пачек, м.

Для дальнейших расчетов принимают меньшее из сравниваемых значений $Q_{\text{пол}}$.

При формировании автопоездов для транспортировки хлыстов или полухлыстов следует проверить возможность полной загрузки элементов автопоезда. При вывозке хлыстов необходимо определить рациональное расстояние между кониками автомобиля и роспуска. Если на практике его реализовать оказывается невозможно, из-за больших свесов вершинной части хлыстов, то следует определить возможную нагрузку на роспуск при полной загрузке автомобиля [4] и допустимом свесе вершин:

$$Q_{\text{д}}^{\text{а}} = \frac{Q_{\text{а}} (c - a)}{L_{\text{хл}} - \tilde{n} - \varepsilon}, \quad (20)$$

где $Q_{\text{д}}^{\text{а}}$ – возможная нагрузка на коник роспуска, кН;

$L_{\text{хл}}$ – длина пачки хлыстов, м;

ε – расстояние от комлевой части хлыстов до центра тяжести пачки, м;

a – свес комлей за коник автомобиля, м;

c – свес вершин за коник роспуска, м.

При вывозке полухлыстов необходимо определить оптимальный способ их размещения на автопоезде по методике, изложенной в [4].

При сравнении автопоездов, сформированных на базе одного автомобиля, в большинстве случаев предпочтение следует отдать прицепному

составу, обеспечивающему наибольшее значение $Q_{\text{пол}}$. При различных автомобилях и сопоставимой $Q_{\text{пол}}$ необходимо определить производительность автопоезда – основной определяющий фактор выбора состава поезда, а также экономические показатели работы вариантов автопоездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ильин Б.А., Кувалдин Б.И.* Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 384 с.
2. *Ильин Б.А., Салминен Э.О.* Теория лесотранспорта. – СПб.: ЛТА, 1992. – 188 с.
3. *Курганов В.М.* и др. Автомобильные грузовые перевозки: Учеб. пособие / В.М. Курганов, Л.Б. Мирошин, Ю.Ф. Ключин и др. – Тверь: ТГТУ, 1999. – 442 с.
4. *Смирнов М.Ю.* Организация вывозки лесоматериалов: Учеб. пособие. – Йошкар-Ола: Марийск. гос. техн. ун-т, 2001. – 80 с.
5. *Шалягин В.Н.* Выбор параметров автомобильных и тракторных поездов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. – № 3. – С. 37–41.

Марийский государственный
технический университет

Поступила 21.01.03

M.Yu. Smirnov

Logging Truck Train Formation

Theoretical principles of collecting logging truck train are considered. Changing of forces' effect on log train on the sloping road and influence of trailers on hauling tractor are taken into account.