

Е. И. Бавбель, ст. преп., канд. техн. наук;  
 П. А. Лыщик, проф., канд. техн. наук;  
 А. И. Науменко, доц. канд. техн. наук  
 (БГТУ, г. Минск)

## РАЗРАБОТКА СП «ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ДОРОГИ» НА БАЗЕ ТКП 500-2016

Эффективность работы лесотранспорта во многом зависит от правильно установленных параметров лесохозяйственной дороги, основными из которых являются: расчетная скорость движения автомобиля; расстояние видимости поверхности дороги; расчетная нагрузка на ось, число полос движения (пропускная способность дороги).

Расчетная скорость является одним из важнейших проектных параметров. Под этим термином подразумевается максимальная безопасная скорость движения автомобилей, которая обеспечивается на всех участках дороги данной категории. От величины расчетной скорости зависит, каким должно быть расстояние видимости, ширина земляного полотна, ширина проезжей части, радиусы кривых и т.д.

Расчетную скорость движения автомобиля следует принять в соответствии с существующей классификацией лесохозяйственных дорог: для I<sub>л</sub><sup>а</sup> категории – 16,7 м/сек ≈ 60 км/час; для I<sub>л</sub><sup>б</sup> категории – 13,9 м/сек ≈ 50 км/час; для II<sub>л</sub> категории – 11,1 м/сек ≈ 40 км/час; для III<sub>л</sub> категории – 8,3 м/сек ≈ 30 км/час.

Расчетное расстояние видимости препятствия на дороге называют минимально необходимое расстояние, на котором водитель должен всегда видеть перед собой дорогу, чтобы иметь возможность предотвратить наезд на препятствие путем торможения.

Величину необходимого расстояния видимости определяют

$$S_{\text{в}} = t_{\text{н}}V_{\text{п}} + \frac{500kV_{\text{п}}^2}{b + w - gi_{\text{сп}}} + S_3, \quad (1.1)$$

где  $V_{\text{п}}$  – расчетная скорость движения автомобиля, м/с;  $t_{\text{н}}$  – время на подготовку водителя к торможению, т.е. время реакции водителя, с;  $k$  – коэффициент не полного или несвоевременного нажатия тормозов;  $b$  – удельная тормозная сила, Н/м;  $w$  – удельное сопротивление автомобиля, Н/с;  $i_{\text{сп}}$  – максимальный спуск, ‰;  $S_3$  – запасной путь, т. е. расстояние, необходимое для остановки автомобиля, не доезжая до препятствия (8 ÷ 12 м);  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Учитывая, что нами установлены расчетные скорости движения автомобиля для каждой категории дороги и то, что лесохозяйственные дороги в основном имеют гравийное покрытие или грунтовое, рассто-

яние видимости составит: для лесохозяйственной дороги I<sup>a</sup><sub>л</sub> категории 125 м; I<sup>б</sup><sub>л</sub> – ой категории – 100 м; II<sub>л</sub> – 60 и III<sub>л</sub> – 50 м.

Расчетные нагрузки на ось лесовозного автомобиля и прицепного состава определяют необходимую прочность дорожной одежды и искусственных сооружений. В соответствии с ТКП 45-3.03-19 предусмотрены две группы подвижного состава на автомобильных дорогах в зависимости от нагрузки на ось:

– группа А – допускаемая нагрузка на одиночную ось 100 кН при расстоянии между осями более 2,5м; 90кН, если расстояние между смежными осями от 1,4 до 2,5; 80кН, если расстояние между смежными осями от 1,25 до 1,39м; 70 кН, если расстояние между смежными осями от 1,0 до 1,25м.

– группа Б – допускаемая нагрузка на одиночную ось 60 кН при расстоянии между осями более 2,5м; 55 кН, если расстояние между смежными осями от 1,25 до 2,5м; 45 кН, если расстояние между смежными осями от 1,0 до 1,25м.

На лесохозяйственных дорогах для вывозки леса и других продуктов леса используются автомобили и прицепной состав, относящийся к обеим группам.

Пропускная способность дороги – это число автопоездов или автомобилей, которое может проходить по данному участку дороги в одном направлении в единицу времени. Особенностью лесных дорог является то, что движение автопоездов происходит с одинаковой интенсивностью. Пропускную способность лесных дорог измеряют числом пар автопоездов грузового и негрузового направлений, которое может быть пропущено по данному участку в единицу времени, час, сутки.

Теоретическая пропускная способность двухполосной дороги за один час, можно определить по формуле:

$$N_{\text{од}} = \frac{3600 \cdot V_{\text{ср}}}{S_{\text{а}} + S_{\text{и}}}, \quad (1.2)$$

где  $V_{\text{ср}}$  – среднестатистическая скорость движения, м/с;  $S_{\text{а}}$  – длина автопоезда, м;  $S_{\text{в}}$  – расстояние видимости поверхности дороги, м.

Теоретическая пропускная способность однополосной дороги за один час, можно определить по формуле:

$$N_{\text{од}} = \frac{3600 \cdot V_{\text{ср}}}{2l + V_{\text{ср}} \sum t_{\text{пр}}}, \quad (1.3)$$

где  $l$  – расстояние между разъездами, м;  $\sum t_{\text{пр}}$  – время на разгон, замедление движения и ожидание встречного автопоезда на разъезде, с.

Расчеты показывают, пропускная способность однополосной дороги в зависимости от скорости движения, расстояния между разъездами  $l=500$  м и  $\Sigma t_{\text{пр}}=180$  с составляет от 10 до 15 авт./час, а для двухполосной в зависимости от скорости движения и расстояния видимости составляет от 200 до 300 авт./час., что достаточно для вывозки нескольких сот тысяч тонн брутто груза в год.

Однако, следует отметить, что для однополосной дороги наряду со снижением стоимости ее строительства характерно снижение производительности лесотранспортных машин за счет увеличения времени, затрачиваемого на рейс, в связи с ожиданием встречных машин на разъездах. Таким образом, снижение инвестиций влечет за собой рост эксплуатационных затрат.

Учитывая изложенное, можно написать условие выгодности варианта применения однополосного пути взамен двухполосного:

$$\mathcal{E}_{\text{од}} - \mathcal{E}_{\text{дв}} \leq E_n (K_{\text{дв}} - K_{\text{од}}) \quad (1.4)$$

где  $K_{\text{дв}}$  и  $K_{\text{од}}$  – соответственно, инвестиции на постройку двух – и однополосной дорог;  $\mathcal{E}_{\text{од}}$  и  $\mathcal{E}_{\text{дв}}$  – годовые эксплуатационные расходы по вывозке грузов по двухполосной и однополосной дорогам;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности (коэффициент дисконта).

Величина  $(\mathcal{E}_{\text{од}} - \mathcal{E}_{\text{дв}})$  – представляет собой стоимость простоя автопоездов на разъездах в ожидании встречных машин, т.е.

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{од}} - \mathcal{E}_{\text{дв}} = T_{\text{п}} M_{\text{ч}}, \quad (1.5)$$

где  $T_{\text{п}}$  – общая величина простоев за год, час;  $M_{\text{ч}}$  – стоимость одного машино-часа автопоезда с накладными расходами и учетом зарплаты водителя, руб.

Значение  $T_{\text{п}}$  можно определить по формуле

$$T_{\text{п}} = \frac{\alpha N k_{\text{с.н.}} t_{\text{пр}} D}{1800} \left( \frac{2NL}{3.6VT_{\text{сут}}} - 1 \right), \quad (1.6)$$

где  $\alpha$  – коэффициент учитывающий движение хозяйственного и прочего транспорта, равный 1,2;  $N$  – проектное число рейсов автопоездов в сутки;  $t_{\text{пр}}$  – время простоя при встрече на разъезде, сек ( $150 \div 200$ с);  $D$  – число рабочих дней в году;  $T_{\text{сут}}$  – продолжительность работы дороги за день, час;  $V$  – скорость движения автопоездов, м/с;  $L$  – длина дороги, км;  $k_{\text{с.н.}}$  – коэффициент, учитывающий, что в начале и в конце рабочего дня автомобили движутся по дороге в одном направлении не имея встречных машин ( $0,8 \div 0,9$ ).

Разница в капитальных вложениях (затратах) по вариантам:

$$\Delta K = K_{\text{дв}} - K_{\text{од}} = 1000L(B_{\text{дв}} - B_{\text{од}})(aH_{\text{ср}} + \gamma b)\mu, \quad (1.7)$$

где  $B_{\text{дв}}$  и  $B_{\text{од}}$  – ширина земляного полотна двух – и однополосной дороги, м;  $a$  – стоимость постройки 1 м<sup>3</sup> насыпи с учетом ее от-

сыпки, уплотнения, плани-ровки и т.д., руб.;  $b$  – стоимость постройки  $1 \text{ м}^2$  дорожной одежды, руб.;  $\mu$  – коэффициент, учитывающий дополнительные расходы по устройству развязок на однополосных дорогах, равный – 0,9;  $\gamma$  – коэффициент, учитывающий некоторое увеличение ширины полосы движения и толщины дорожной одежды на однополосных дорогах по сравнению с двухполосными, равный 0,8.

Подставляя значения  $\Delta \mathcal{E}$  и  $\Delta K$  в неравенство (1.1-1.4) получим квадратное уравнение, из которого можно определить число пар автопоездов в сутки, при котором целесообразно переходить к двухполосной дороге.

$$N \geq \frac{B + 2\sqrt{AE_H \Delta K}}{2A}, \quad (1.8)$$

$$\text{где } A = \frac{2LB}{3.6VT_{\text{ср}}}; \quad B = \frac{ak_{\text{с.н.}} t_{\text{пр}} DM_{\text{ч}}}{1800}.$$

Условие (8) можно записать в зависимости от годового грузооборота

$$Q_{\text{год}} \geq Q_{\text{пол}} D \frac{B + 2\sqrt{AE_H \Delta k}}{2A}. \quad (1.9)$$

Расчеты показывают, что при грузообороте 200 тыс. брутто тонн в год потери времени автомобилей на развязках в ожидании встречных доходят до  $6,5 \div 7,0$  тыс. час. В таких условиях является выгодным устраивать двухполосные дороги. Следовательно, на дорогах I-ой категории необходимо устраивать двухполосные дороги. На однополосных дорогах развязки назначают на расстоянии друг от друга не более 500м в пределах видимости.

Таким образом, на лесохозяйственных дорогах решение вопроса об ее пропускной способности по существу сводится к установлению числа полос движения в пределах проезжей части. Следовательно, при проектировании лесохозяйственных дорог необходимо решать вопрос о строительстве дороги с одной или двумя полосами движения в пределах проезжей части и рассчитать ее ширину.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Третьяков В.В., Бавбель Е.И. Проектирование и строительство лесохозяйственных автомобильных дорог в Республике Беларусь / В.В. Третьяков, Е.И. Бавбель // Состояние и перспективы развития лесного комплекса в странах СНГ. Сборник статей II Международной научно-технической конференции в рамках Международного молодежного форума по лесопромышленному образованию (Лес-Наука-Инновации-2022). БГТУ. Минск, 2022. С. 60-67.