

V.P. Stukov

Transport Network of Highways and Bridges in the Arkhangelsk Region, its Nearest Perspective in Improving the Regional Infrastructure

The state, development trends of the transport network of highways and bridges, their role in improving the regional infrastructure are investigated. The expediency of using the glued laminated wood in bridge engineering is pointed out.

УДК 625.711.8+625.31

V. С. Морозов

Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.



РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА ДЛЯ ОСНОВАНИЙ ЗИМНИХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

Обоснована методика перехода при расчете оснований зимних дорог на болотах от плиты к балке, лежащей на линейно деформируемом основании. Для учета поперечного изгиба использован коэффициент поперечного изгиба α . Приведена методика определения α , составлен алгоритм и дан пример расчета.

Зимние дороги на болотах состоят, как правило, из слоя мерзлого торфа, лежащего на основании из талого торфа. Для повышения несущей способности дорожной одежды ее усиливают с помощью продольного и поперечного деревянных настилов, отсыпают на поверхности болота насыпь из минерального грунта, укладывают по проезжей части порубочные остатки и т. д.

При расчете оснований зимних дорог на прочность обычно находят минимальную толщину слоя мерзлого торфа, обеспечивающего движение транспортных средств в заданных природно-климатических условиях. При построении расчетной схемы дорогу рассматривают как бесконечно длинную плиту из мерзлого торфа с конечными поперечными размерами (ширина B и толщина H), лежащую на линейно деформируемом основании и воспринимающую внешнюю нагрузку от транспортных средств.

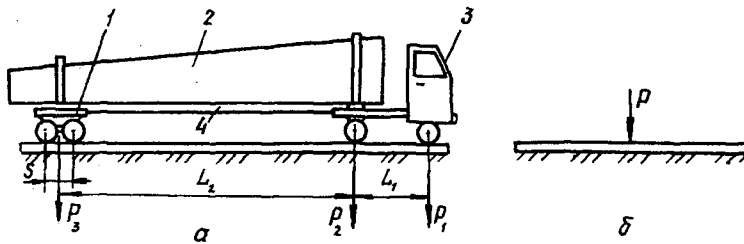


Рис. 1. Схема автопоезда: *a* – автопоезд; 1 – полуприцеп-ропуск; 2 – пакет хлыстов; 3 – автомобиль-тягач; 4 – дышло; *б* – условная схема дорожной одежды

Для лесовозных дорог внешней нагрузкой является автопоезд, условная схема которого приведена на рис.1, *a*. Он состоит из автомобиля-тягача и полуприцепа-ропуска, связанных между собой дышлом и пакетом хлыстов.

На дорогу действуют следующие вертикальные нагрузки: P_1 , P_2 – на передний и задний мосты автомобиля; P_3 – на мост прицепа-ропуска. Так как нагрузка P_3 существенно больше нагрузок P_1 и P_2 , а расстояние L_2 достаточно велико, то за расчетную нагрузку можно принять силу $P = P_3$, как показано на рис.1, *б*. Она действует на балку бесконечно большой длины, лежащей на линейно деформируемом основании.

Если это основание характеризовать с помощью коэффициента постели C , то решение задачи по изгибу балок бесконечно большой длины хорошо известно [1]. С его помощью можно определить напряжения и деформации балки и требуемые поперечные размеры плиты при заданных допускаемых напряжениях на растяжение для мерзлого торфа.

Однако такая расчетная схема слишком условна. Она не учитывает того, что фактически плита не является балкой и испытывает изгиб не только вдоль, но и поперек оси дороги (рис. 2). Пренебрежение поперечным изгибом может привести к большим погрешностям.

Вспользуемся методикой решения задачи по расчету прочности железнодорожного пути [3]. Здесь также необходимо учитывать как продольный изгиб рельсов, так и поперечный изгиб шпал, т. е. рельсошпальная решетка изгибается в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Аналогичную деформацию испытывает плита из мерзлого торфа, поэтому при ее расчете можно применить ту же методику, что и для рельсошпальной решетки.

В теории расчета железнодорожного пути на прочность поперечный изгиб рельсошпальной решетки учитывают с помощью коэффициента α .

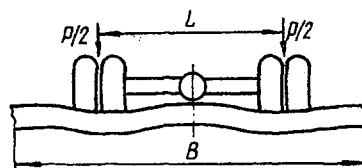


Рис. 2. Схема изгиба дороги в поперечном направлении

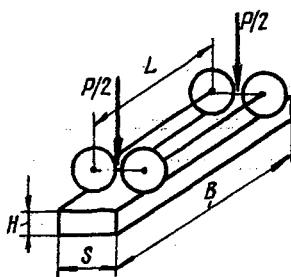


Рис. 3. Расчетный брус

Его находят как отношение среднего прогиба по длине шпалы $y_{\text{ср}}$ к максимальному значению y_{max} :

$$\alpha = \frac{y_{\text{ср}}}{y_{\text{max}}}$$

За расчетный брус, имитирующий шпалу при расчете плиты из мерзлого торфа, принимаем участок дороги, расположенный между колесами прицепа (рис. 3) и имеющий следующие размеры: B – длина бруса, равная ширине проезжей части дороги; S – поперечная ширина, равная расстоянию между осями тележки прицепа; H – толщина бруса, равная толщине слоя мерзлого торфа. На брус действуют две силы $P' = P_3/2$, расстояние между ними L равно ширине колеи полуприцепа.

Методика расчета прогибов бруса конечной длины, лежащей на линейно деформируемом основании с коэффициентом постели C , для расчетной схемы на рис. 4 приведена в работе [1]. Расшифровка обозначений размеров балки дана выше, кроме $a = (B - L)/2$.

Для уменьшения трудоемкости работ по расчету коэффициента α нами составлена программа расчета на ЭВМ. Она состоит из следующих блоков:

а) вычисление основных расчетных величин U , k , I :

$$U = CS; \quad k = 4\sqrt{\frac{3C}{EH^3}}; \quad I = \frac{SH^3}{12}$$

где U – модуль упругости основания;

C – коэффициент постели основания;

S – расчетная ширина балки;

H – толщина балки;

k – коэффициент относительной жесткости плиты и основания балки;

I – момент инерции поперечного сечения бруса при его изгибе;

E – эквивалентный модуль упругости основания;

б) вычисление гиперболических функций:

$$\text{sh}\left(\frac{kB}{2}\right) = (e^{kB/2} - e^{-kB/2})/2;$$



Рис. 4. Расчетная схема

$$\operatorname{sh}\left(\frac{kL}{2}\right) = (e^{kL/2} - e^{-kL/2})/2;$$

$$\operatorname{ch}\left(\frac{kB}{2}\right) = (e^{kB/2} + e^{-kB/2})/2;$$

$$\operatorname{ch}\left(\frac{kL}{2}\right) = (e^{kL/2} + e^{-kL/2})/2;$$

в) вычисление фундаментальных функций:

$$Y_1 = \cos\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{ch}\left(\frac{kB}{2}\right); \quad V_1 = \cos\left(\frac{kL}{2}\right)\operatorname{ch}\left(\frac{kL}{2}\right);$$

$$Y_2 = \left[\sin\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{ch}\left(\frac{kB}{2}\right) + \cos\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{sh}\left(\frac{kB}{2}\right) \right] / 2;$$

$$Y_3 = \sin\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{sh}\left(\frac{kB}{2}\right); \quad V_3 = \sin\left(\frac{kL}{2}\right)\operatorname{sh}\left(\frac{kL}{2}\right);$$

$$Y_4 = \left[\sin\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{ch}\left(\frac{kB}{2}\right) - \cos\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{sh}\left(\frac{kB}{2}\right) \right] / 4;$$

г) вычисление прогибов $y(0)$ и углов поворота $y'(0)$ на левом конце балки (начальные условия):

$$y(0) = -\frac{kP}{U} \frac{Y_1 V_1 + 4Y_3 V_3}{Y_1 Y_2 + 4Y_3 Y_4};$$

$$y'(0) = \frac{4k^2 P}{U} \frac{Y_2 V_3 - Y_4 V_1}{Y_1 Y_2 + 4Y_3 Y_4};$$

д) вычисление прогибов балки в отдельных ее сечениях по формуле

$$y(kx) = Y_1(kx)y(0) + Y_2(kx)y'(0) - \frac{P}{k^3 EI} Y_4[k(x-a)].$$

Начальное значение x равно нулю, конечное – B , шаг вычислений ординат $y - \Delta x$. По мере вычисления $y(x)$ ЭВМ формирует массив значений y_i , находит максимальное значение ординаты прогибов y_{\max} – среднее значение

$y_{\text{cp}} = \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) / n$, где n – число ординат и, наконец, значения α .

Результаты вычислений α для отдельных частных случаев приведены в таблице. При ее составлении варьировали температуру мерзлого торфа на поверхности проезжей части Θ , коэффициент постели C и ширину проезжей части B .

Коэффициент постели зависит от типа болота [2]. Для I типа C можно принять равным 5; II – 3; III – 1 Н/см³.

Значения эквивалентного модуля упругости E_3 вычисляли по отдельной методике, приведенной в работе [2].

$\theta, ^\circ\text{C}$	$E_s, \text{МПа}$	Значения коэффициента α при ширине дороги $B, \text{см}$			
		300	500	700	900
$C = 5 \text{ Н/см}^3$					
-1	258,0	0,530	0,361	0,253	0,200
-5	294,5	0,625	0,436	0,310	0,244
-10	284,4	0,654	0,462	0,330	0,259
$C = 3 \text{ Н/см}^3$					
-1	258,0	0,418	0,274	0,193	0,154
-5	294,5	0,499	0,334	0,236	0,186
-10	284,4	0,526	0,356	0,251	0,199
$C = 1 \text{ Н/см}^3$					
-1	258,0	0,380	0,243	0,173	0,138
-5	294,5	0,446	0,294	0,208	0,165
-10	284,4	0,470	0,313	0,221	0,175

Прочность дорожной одежды тем выше, чем больше коэффициент поперечного изгиба α . Он максимален при коэффициенте постели 5 Н/см^3 (т. е. для болот I типа), температуре торфа -10°C и ниже, ширине проезжей части дороги 300 см. По мере увеличения ширины дороги (при прочих равных условиях) значения коэффициента α снижаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микеладзе Ш. Е. Некоторые задачи строительной механики. – М.: Гостехиздат, 1948. – 268 с.
2. Морозов В. С. Расчет и проектирование оснований зимних дорог на болотах: Учеб. пособие. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 235 с.
3. Шахуньянц Г. М. Пути и путевое хозяйство. М.: Гострансжелдориздат, 1949.

Архангельский государственный технический университет
Поступила 26.10.99

V.S. Morozov

Calculation of Cross Bending Factor for Winter Roads Bedding on Bogs

The technique of transfer from board to beam lying on linear-and-deforming basement is substantiated for calculating the bedding for winter roads on bogs. The α cross-bending factor is used for assessing the cross bending. The technique of determining the value α is presented, the computation algorithm is made up and the example of calculation is given.