

УДК 630*383.4.001.63:658.012.011.56

В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев

Курьянов Виктор Кузьмич родился в 1934 г., окончил в 1959 г. Воронежский лесотехнический институт., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспорта леса и инженерной геодезии Воронежской государственной лесотехнической академии, академик РАЕН, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет более 350 печатных работ по проблемам транспорта леса, проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог, охраны окружающей среды, информационных технологий лесного комплекса.



Афоничев Дмитрий Николаевич родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА. Имеет 105 печатных работ по проблемам транспорта леса, проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог.



ПАРАМЕТРЫ СБОРНЫХ ПОКРЫТИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Предложены методы и математические модели обоснования конструктивных параметров сборных дорожных покрытий в автоматизированном режиме на ЭВМ, учитывающие особенности эксплуатации в условиях лесного комплекса.

Ключевые слова: дорожная одежда, сборное покрытие, плита, колесопровод, проезжая часть, автопоезд, нагрузка, усилие.

Сборные покрытия автомобильных дорог являются прогрессивными и перспективными конструкциями. Они нашли применение на дорогах общего пользования и ведомственных (в том числе в лесном комплексе), постоянного и временного действия. Плиты изготавливают из железобетона, для покрытий лесовозных усов используют деревянные щиты.

Применение сборных покрытий на постоянных лесовозных автомобильных дорогах позволяет:

- 1) сократить сроки строительства и ввода дороги в эксплуатацию;
- 2) при устройстве дорожной одежды стабилизировать экологическую обстановку и уменьшить объем дорожно-строительных работ;
- 3) уменьшить объем строительного мусора в придорожной полосе;
- 4) повысить срок службы покрытия;
- 5) улучшить качество поверхности проезжей части.

Использование переносных жестких элементов в виде железобетонных плит и деревянных щитов на временных лесовозных автомобильных дорогах дает возможность:

- 1) обеспечить сохранность лесных почвогрунтов;
- 2) многократно использовать элементы покрытия;

- 3) экономить денежные и материальные ресурсы;
- 4) улучшить условия движения автопоездов на временных дорогах;
- 5) использовать лесосечные отходы для укрепления основания.

Несмотря на преимущества лесовозных дорог со сборными покрытиями, их фактический срок эксплуатации (до капитального ремонта) на многих предприятиях отрасли в 2–3 раза ниже нормативного [6, 12]. Типовые конструкции плит колесных покрытий лесовозных дорог не отвечают требованиям эксплуатации, в частности возросшим скоростям движения. Эти обстоятельства, а также высокая стоимость плит являются основной причиной отказа от широкого использования дорог со сборными покрытиями, в том числе на предприятиях лесного комплекса.

Работоспособность плит сборных дорожных покрытий определяют толщиной слоя износа. Ее оценивают общей массой груза, перевезенного по дороге [6]. В табл. 1 приведены значения износа верхнего слоя железобетонных плит в зависимости от годового грузооборота дороги.

Как видно из этой таблицы, износ дорожных плит изменяется в значительных пределах (от 0,5 до 1,0 мм в год). При толщине слоя износа плит 10 мм потенциальный срок их службы составляет 20 ... 10 лет. В большинстве случаев срок сокращается из-за осадки оснований, просадки торцов плит, механических повреждений [6, 7], что свидетельствует о несоответствии конструкций плит и покрытий реальным условиям эксплуатации. Требуются новые научно обоснованные подходы к совершенствованию методов проектирования таких дорожных конструкций.

Кафедра транспорта леса и инженерной геодезии Воронежской государственной лесотехнической академии проводит научные исследования в области ресурсосберегающих и экологически перспективных технологий эксплуатации лесовозного автомобильного транспорта. Одним из направлений работы является совершенствование строительства и проектирования

Таблица 1

Грузооборот дороги, млн т/год	Износ покрытия, мм/год, при коэффициентах a/b				
	0,40 / 0,25	0,45 / 0,35	0,50 / 0,45	0,55 / 0,55	0,60 / 0,65
0,25	0,46	0,54	0,61	0,69	0,76
0,30	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80
0,35	0,49	0,57	0,66	0,74	0,83
0,40	0,50	0,59	0,68	0,77	0,86
0,45	0,51	0,61	0,70	0,80	0,89
0,50	0,53	0,63	0,73	0,83	0,93
0,55	0,54	0,64	0,75	0,85	0,96
0,60	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99
0,65	0,56	0,68	0,79	0,91	1,02
0,70	0,58	0,70	0,82	0,94	1,06

Примечание. a – износ от влияния атмосферных осадков, мм/год; b – параметр, зависящий от конструкции дорожной одежды и материала покрытия, мм/млн т.

сборных и сборно-разборных покрытий лесовозных автомобильных дорог. Разработаны математические модели автоматизированного проектирования, учитывающие реальные условия и особенности эксплуатации дорог на предприятиях лесного комплекса, в частности, многоосевую подвижную нагрузку от лесовозных автопоездов, сложность транспортного потока, неблагоприятные гидрологические условия.

Ширину колесопроводов и плит B сборных колеиных покрытий определяют в зависимости от состава транспортного потока и скоростей движения транспортных средств. Задачу решают в декартовой системе координат на прямой. Находят координаты внутренней Y_0 , Y'_0 и внешней Y_1 , Y'_1 (по отношению к оси покрытия для однополосных и к кромке проезжей части для двухполосных дорог) кромок колесопроводов и кромки проезжей части (однополосная дорога) или оси покрытия (двухполосная дорога).

Ширина колесопровода B представляет собой разность координат Y_1 и Y_0 или Y'_1 и Y'_0 . Ширину межколейного b_0 и межпутного b_m пространств рассчитывают в зависимости от числа полос движения по формулам:

а) для однополосной дороги

$$b_0 = 2Y_0;$$

б) для двухполосной

$$b_0 = Y'_0 - Y_1, b_m = 2(C - Y'_1),$$

где C – ширина полосы движения, м, определяемая по методике [3].

Для транспортного средства i -го типа предельные координаты отклонения колес определяют по формулам

$$Y_{0i} = Y_A - \frac{S_{i \max}}{2} - 0,5 - 0,018v_i; Y_{1i} = Y_A - \frac{S_{i \min}}{2} + 0,5 + 0,018v_i; \quad (1)$$

$$Y'_{0i} = Y_A + \frac{S_{i \min}}{2} - 0,5 - 0,018v_i; Y'_{1i} = Y_A + \frac{S_{i \max}}{2} + 0,5 + 0,018v_i, \quad (2)$$

где $S_{i \max}$, $S_{i \min}$ – соответственно ширина наибольшей и наименьшей колеи транспортных средств i -го типа, м;

v_i – расчетная скорость движения транспортных средств i -го типа, м/с;

Y_A – координата положения оси движущегося транспортного средства при оптимальном положении его на полосе движения, м (для однополосной дороги $Y_A = 0$),

$$Y_A = 0,35 + 0,018v_0 + \frac{d_0 + S_{\max}}{4}, \quad (3)$$

где v_0 – скорость транспортного средства, для которого ширина коридора движения равна ширине полосы движения, м/с [5];

d_0 , S_{\max} – соответственно габаритная ширина и ширина колеи данного транспортного средства, м.

Таблица 2

Число полос движения	Ширина полосы C , м	Ширина коле-сопровода B , м	Ширина межколейного пространства b_0 , м
2	3,81	1,57	0,32
1	<u>3,46</u>	<u>1,57</u>	<u>0,32</u>
	3,63	1,74	0,15

Примечание. В числителе параметры при движении в одном, в знаменателе – в двух направлениях.

Из полученных совокупностей координат предельного отклонения колес транспортных средств выбирают максимальные и минимальные, которые будут координатами соответственно внешних и внутренних кромок колесопроводов.

Результаты расчета параметров проезжей части дорог с колежными покрытиями приведены в табл. 2, из которых следует, что в современных условиях требуется увеличить ширину дорожной плиты. Это продиктовано параметрами парка автотранспортных средств на предприятиях лесного комплекса и составом транспортных потоков.

При проектировании сборных покрытий необходимо установить усилия в их конструктивных элементах от внешней многоосевой подвижной нагрузки, моделируя на ЭВМ нагружение покрытий. Производят имитацию перемещения внешних грузов (колес автопоезда), реализуемую специальными алгоритмами и ЭВМ-программами, разработанными авторами. В основе расчета лежит метод проф. Б.Н. Жемочкина [2, 5]. Математическое обеспечение автоматизированного расчета позволило повысить точность определения усилий в конструктивных элементах сборных дорожных покрытий.

Задачу оценки напряженного состояния сборного дорожного покрытия решают в два этапа: определяют давление на основание с расчетом его толщины и устанавливают экстремальные изгибающие моменты в плите с расчетом усилий в стыковых соединениях. При помощи специально разработанного алгоритма на ЭВМ моделируют все возможные положения внешней нагрузки от автомобиля.

Давление, передаваемое плитой на основание, зависит от расположения внешних грузов [3]. Оно сложным образом распределено по опорной поверхности плиты и связано со свойствами материалов слоев основания дорожной одежды. Толщину основания дорожной одежды h_0 , которая обеспечивает его необходимую несущую способность, устанавливают по максимальному давлению p_{\max} , возникающему под плитой при движении транспортного средства. Таким образом, разработка конструкции основания и поиск максимального давления, передаваемого на него плитой, представляют одну задачу, целевая функция решения которой имеет вид

$$\begin{cases} h_0 = f(p_{\max}) \rightarrow \max; \\ p_{\max} = f(\alpha, x_\alpha, P_0, P_1, \dots, P_n, x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \max, \end{cases} \quad (4)$$

где P_0 – вес плиты, представленный в виде распределенной нагрузки по ее длине, Н/м;
 P_1, P_2, \dots, P_n – сосредоточенные нагрузки на плиту от колес автопоезда и в стыковых соединениях (P_1 и P_n), Н;
 x_1, x_2, \dots, x_n – координаты сосредоточенных сил от левого конца плиты, м;
 α – номер оси автопоезда, для которой задается исходная координата положения на плите x_α и определяются координаты расположения внешних нагрузок на расчетной схеме из трех плит [5, 10].

Результаты расчета толщины основания и максимального давления от плиты на основание приводят в виде диаграмм распределения.

Для задаваемых и варьируемых параметров плиты (толщина H и длина L) устанавливают экстремальные значения продольного изгибающего момента $M(x)$:

$$\begin{cases} \dot{I}(\delta) = (f(\alpha, x_\alpha) > 0) \rightarrow \max; \\ \dot{I}(\delta) = (f(\alpha, x_\alpha) < 0) \rightarrow \min. \end{cases} \quad (5)$$

Экстремальные значения положительного M_{\max} и отрицательного M_{\min} моментов в плите позволяют предварительно оценить параметры последней:

$$\begin{cases} \dot{I}_{\max} = f(H, L) \rightarrow \min; \\ |\dot{I}_{\min}| = |f(H, L)| \rightarrow \min. \end{cases} \quad (6)$$

Задачу поиска экстремальных изгибающих моментов решают на ЭВМ при реализации метода улучшенного перебора. В результате строят диаграммы распределения экстремальных моментов в зависимости от параметров плит.

Конструктивные параметры сборных покрытий лесовозных автомобильных дорог оптимизируют методом улучшенного перебора. Критерием оптимизации служит минимум – суммарных приведенных затрат на строительство и эксплуатацию дорожной одежды со сборным покрытием:

$$Z_0 = Z + Z' + Z'' \rightarrow \min, \quad (7)$$

где Z, Z', Z'' – соответственно приведенные строительные, эксплуатационные затраты и эксплуатационные потери, р./м.

По каждому из показателей Z, Z', Z'' составляют калькуляции соответствующих затрат в зависимости от конструкции дорожной плиты и покрытия (материалы плит и оснований, стыковые соединения) [4]. Последний показатель включает потери от дорожно-транспортных происшествий, обу-

словленных неровностями сборного покрытия – пороговыми уступами в поперечных швах [1, 9].

Применение плит шириной 1,50 ... 1,75 м на лесовозных дорогах приведет к увеличению строительных затрат по сравнению с типовыми конструкциями плит шириной 1,0 ... 1,2 м. Увеличение ширины колесопроводов способствует повышению скорости и безопасности движения [5, 8, 11] и производительности подвижного состава. Так, при ширине колесопровода 1,0 ... 1,4; 1,5; 1,6; 1,7 и 1,75 м обеспеченная скорость движения автопоезда КраЗ-6437+ГКБ-9362 составляет соответственно 4,0 ... 6,9; 7,2; 10,0; 12,8 и 14,2 м/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Высоцкий Ю.Н.* Оценка эксплуатационного состояния сборных дорожных покрытий / Ю.Н. Высоцкий, Ю.В. Петешов // Вопросы проектирования дорожных одежд со сборными и монолитными цементобетонными покрытиями: сб. науч. тр. / СоюздорНИИ. – М.: Транспорт, 1983. – С. 42–48.
2. *Жемочкин Б.Н.* Практические методы расчета фундаментальных балок и плит на упругом основании / Б.Н. Жемочкин, А.П. Сеницын. – М.: Стройиздат, 1962. – 239 с.
3. *Коновалов С.В.* Общая методика исследований железобетонных колеиных покрытий и некоторые результаты выполненных на ее основе испытаний / С.В. Коновалов // Механизация лесозаготовок и транспорт леса: тр. ЦНИИМЭ. – Химки, 1964. – С. 41–118.
4. *Кузнецов Д.М.* Вопросы разработки экономически эффективных конструкций плит сборных дорожных покрытий / Д.М. Кузнецов // Совершенствование конструкции дорожных бетонных покрытий и повышение качества бетона: тр. СоюздорНИИ. – Балашиха, 1968. – С. 193–204.
5. *Курьянов В.К.* Совершенствование проектных решений сборных покрытий автомобильных дорог в системе автоматизированного проектирования / В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев. – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – 180 с.
6. *Леонович И.И.* Эксплуатация лесных дорог / И.И. Леонович, А.Л. Оковтый. – Минск: Высш. шк., 1972. – 446 с.
7. *Петровский Л.В.* О работе железобетонных плит дорожных покрытий на лесовозных дорогах / Л.В. Петровский // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1970. – С. 28.
8. *Савельев В.В.* Совершенствование конструкций железобетонных плит из мелкозернистых бетонов для колеиных покрытий лесовозных автомобильных дорог: дис. ... канд. техн. наук / В.В. Савельев; Мар. гос. техн. ун-т, 1997. – 287 с.
9. *Сергеев П.Г.* Исследование неровностей порогового типа лесовозных дорог с колеиным покрытием из плит / П.Г. Сергеев, Г.З. Ильин // Организация строительства и эксплуатации лесовозных дорог: межвуз. сб. науч. тр. – Свердловск: УПИ, 1977. – С. 110–115.
10. *Симвулиди И.А.* Составные балки на упругом основании / И.А. Симвулиди. – М.: Высш. шк., 1961. – 204 с.
11. *Слезкин А.В.* Магистральным путям – надежное покрытие / А.В. Слезкин, Л.В. Петровский, М.Н. Леонтьев // Лесн. пром-сть. – 1987. – № 2. – С. 19.

12. Чубов Н.И. Стабилизация устойчивости лесовозных колейных автомобильных дорог / Н.И. Чубов, В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев; Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 1995. – 173 с. – Деп. в ВИНТИ 20.12.95, № 1651–В95.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

Поступила 15.04.03

V.K. Kuryanov, D.N. Afonichev

Parameters of Prefabricated Surfacing for Wood Tracks

Methods and mathematical models proving constructive parameters of prefabricated surfacing in the PC automated mode are offered, taking into account the operational peculiarities of forest complex.
