



УДК 630*383

А.А. Камусин, Д.М. Левушкин

Московский государственный университет леса

Камусин Альберт Абетдинович родился в 1938 г., окончил в 1967 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспорта леса Московского государственного университета леса, заслуженный работник высшей школы РФ, действительный член РАЕН по секции наук о лесе. Имеет более 100 научных публикаций, включая 6 авторских свидетельств, 1 учебник и 9 учебных пособий для вузов.

E-mail: kamusin@mgul.ac.ru



Левушкин Дмитрий Михайлович родился в 1980 г., окончил в 2003 г. Московский государственный университет леса, старший преподаватель кафедры транспорта леса Московского государственного университета леса. Имеет около 15 печатных работ в области совершенствования процесса транспорта леса.

E-mail: levushkin@mgul.ac.ru



ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Установлена зависимость прочности основания из мела и конструкции дорожной одежды в целом от несущей способности грунтового основания.

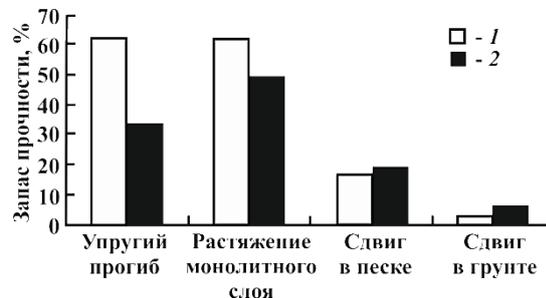
Ключевые слова: лесовозная дорога, дорожная одежда, основание из мела, испытания.

Эффективное функционирование и устойчивое развитие сети лесовозных автомобильных дорог являются необходимыми условиями экономического роста, повышения конкурентоспособности и снижения издержек товаропроизводителей, улучшения условий жизни населения, выравнивания уровня социально-экономического развития регионов России.

Ввод в действие новой инструкции ОДН-216.046–01 по расчету дорожных одежд нежесткого типа требует пересмотра технологии поиска оптимальных дорожных одежд. Оценка их прочности показывает, что толщина конструкций в основном определяется расчетом на сдвиг в подстилающих слоях основания земляного полотна (рис. 1).

© Камусин А.А., Левушкин Д.М., 2012

Рис. 1. Оценка запаса прочности дорожных одежд нежесткого типа, рассчитанных согласно ОДН 216.046–01: 1 – дорога IV технической категории, 2 – III категории



Запас прочности по упругому прогибу составляет 33...42 %, на растяжение при изгибе монолитных слоев покрытия – 49...62 %, на сдвиг в подстилающем слое песка – 17...19 %, на сдвиг в грунте земляного полотна – 2...6 %. Значительный запас прочности на упругий прогиб при изгибе слоев покрытия обусловлен тем, что минимально допустимая толщина конструктивных слоев дорожной одежды, обработанных органическим вяжущим, увеличивается до 12...18 см. Подстилающий слой основания, в основном, выполняет функции дренажного слоя и практически не влияет на расчетную толщину дорожной одежды. Его толщина назначается в зависимости от дорожно-климатической зоны, типа местности по условиям увлажнения, вида грунта земляного полотна и характеристик материала подстилающего слоя. При расчете конструкций существенно ужесточились требования к проверке на сдвиг в основании земляного полотна. Исследования показали, что толщина несущего основания определяется его прочностью (модулем упругости) и несущей способностью грунтового основания. В связи с этим задача оптимизации конструкции сводится к поиску дешевого и прочного основания дорожных одежд с учетом мероприятий по повышению несущей способности нижних конструктивных слоев [1].

Данные лабораторных испытаний мела, %: содержание карбонатных пород – до 97, влажность на границе текучести – 38, раскатывания – 26, число пластичности – 12, оптимальная плотность мела – 1,84 т/м³, капиллярное насыщение – 20...25, коэффициент морозостойкости – 0,96. Через 1-2 дня выдержки в комнатных условиях (+20 °С) предел прочности при сжатии составил до 0,5 МПа, через 1-2 недели – более 1,0 МПа. Самоцементация происходила при одновременном снижении влажности образцов, которая затрачивалась на образование известкового камня.

Опытно-экспериментальный участок дорожной одежды располагался на автомобильной дороге «Ираель–Ижма–Усть-Цильма» IV технической категории с интенсивностью движения 495 авт./сут. Требуемый модуль упругости дорожной одежды – 193 МПа. Дорожная одежда представлена двухслойным асфальтобетонным покрытием на основании из мела толщиной 15...26 см, расположенном на нижнем слое из песчано-щебеночной смеси толщиной 18...30 см.

Результаты определения прочности $E_{упр}$ основания из мела, подстилающего слоя из песчано-щебеночной смеси приведены в таблице и на рис. 2 [1].

Прочность (МПа) опытного участка лесовозной автомобильной дороги «Ираель–Ижма–Усть-Цильма» по годам

Материал конструкции	2000 г.	2002 г.	2004 г.	2006 г.	2008 г.	2010 г.
Мел	130	142	154	161	165	167
Песчано-щебеночная смесь	410	165	151	131	121	120
Грунт земляного полотна – суглинок	28	24	22	–	105	98

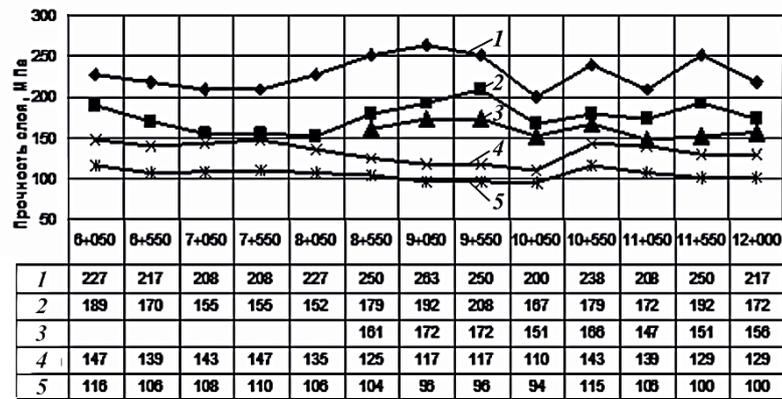


Рис. 2. Прочность конструктивных слоев дорожной одежды лесовозной автомобильной дороги «Ираель–Ижма–Усть-Цильма»: 1 – верхний слой асфальтобетона, 2 – нижний слой, 3 – основание из мела, 4 – подстилающий слой, 5 – грунт земляного полотна

Относительная влажность грунта земляного полотна на опытном участке с основанием из мела оказалась в 1,2 раза меньше, чем в случае отсутствия мела.

Оценка прочности слоев дорожной одежды выполнена на установке динамического нагружения ДИНА-3М (передвижная дорожная лаборатория 38473-0000010 КП-514МП). Определены модули упругости на поверхности основания, песчаного слоя, слоя из мела. Верхний слой из плотного асфальтобетона не был уплотнен. Модуль упругости измеряли через 200 м по полосе наката [2]. Результаты испытаний показали, что прочность конструктивных слоев обеспечена.

При этом установлены зависимости прочности основания из мела и конструкции в целом от несущей способности грунтового основания (рис. 3):

$$E_m = 2,0156E_{гр} - 6,0796; \quad (1)$$

$$E_{д.о} = 0,9349E_{гр} + 98,324. \quad (2)$$

Использование грунтов повышенной плотности в основании дорожных конструкций позволяет снизить до 23...35 % толщину и материалоемкость одежд, уменьшить до 20 % стоимость их строительства. Для оценки

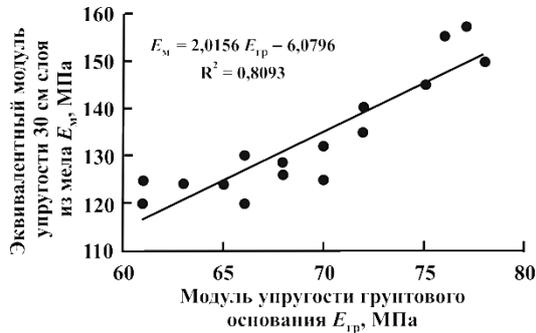
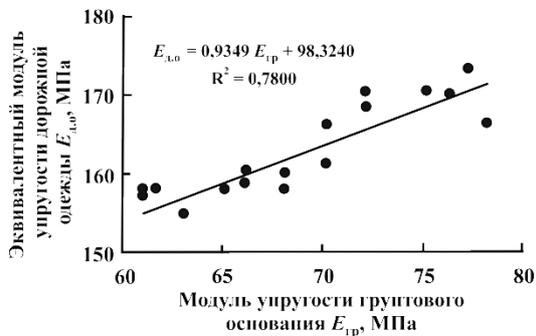


Рис. 3. Зависимость прочности основания из мела (а) и конструкции в целом (б) от прочности грунтового основания



возможности использования местных грунтов в основании дорожных одежд на дорогах Республики Коми выполнено строительство экспериментального участка с различными конструкциями дорожных одежд на дороге IV технической категории с интенсивностью движения 495 авт./сут. Район строительства характеризуется отсутствием местных каменных материалов [2, 3].

Проведенные исследования позволили разработать систему Resurs.exe управления базой данных (БД) конструкций дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог (рис. 4, 5). База данных содержит информацию об административных и территориальных областях: грунтово-геологические условия, наличие местных дорожно-строительных материалов и т.п.

В составе БД предусмотрены отдельные информационные компоненты: файл технических параметров дороги (tecn.DBF), файл грунтово-геологических условий административных районов области или региона (gr.DBF), файл местных дорожно-строительных материалов (ДСМ) региона (ds.DBF), файл удельного расхода ДСМ на 1 м² дорожной одежды (ds1.DBF), файл оптимальных конструкций дорожных одежд из местных материалов (opt.DBF).

При оптимизации конструкции дорожной одежды в качестве целевой функции используется минимум приведенных затрат:

$$P_{np} = K_j (C_{д.о} + C_{з.п} + C_{об}) + \sum_{t=1}^{T_c} \frac{C_{gt} + C_{nt} + C_{st} + C_{dt}}{(1 + E)^t} \frac{C_o}{(1 + E)^{T_c}} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где K_j – индекс стоимости;
 T_c – расчетный срок службы конструкции;
 $C_{gt}, C_{nt}, C_{st}, C_{dt}$ – затраты на перевозку грузов и пассажиров, приобретение подвижного состава, ДТП, эксплуатационные расходы.

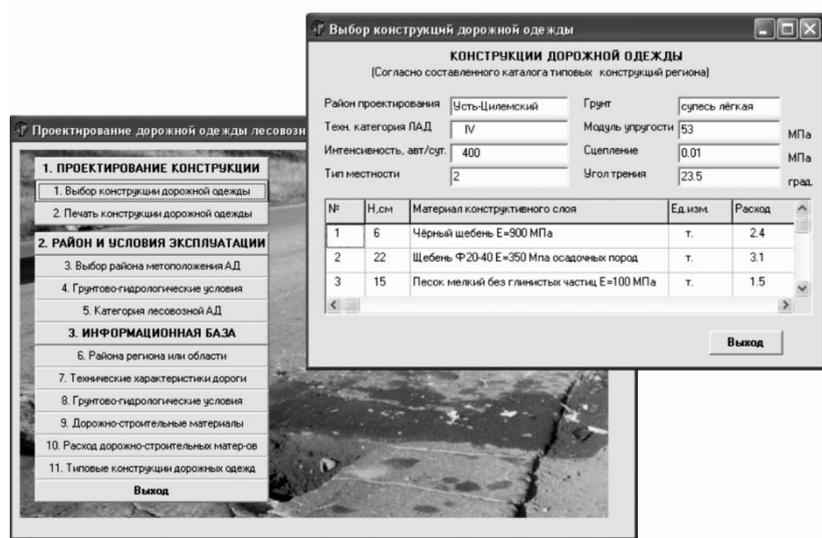


Рис. 4. Окно программы

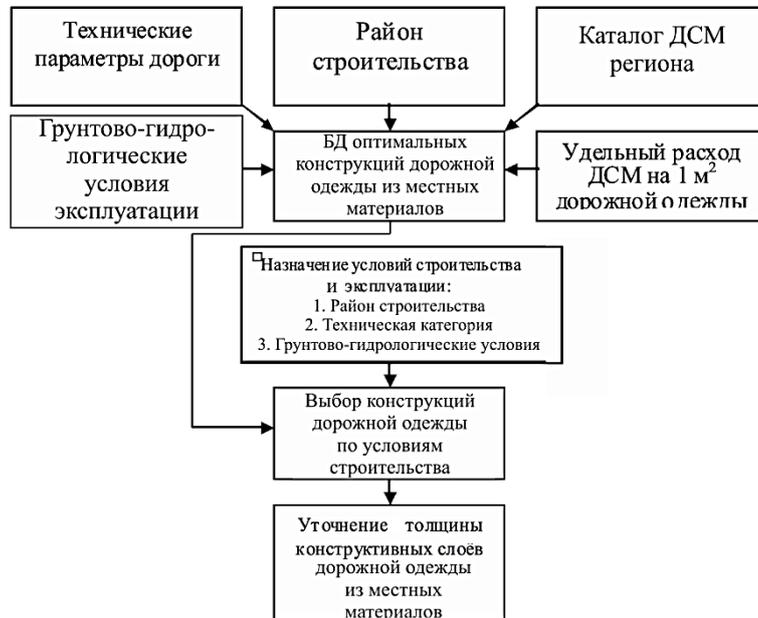


Рис. 5. Схема системы Resurs.exe

Индекс стоимости K_j определяется на основе прогноза стоимости используемых для строительства N материалов в соответствии с их относительной долей в конструкции q^i :

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^N K_j^i q^i}{\sum_{i=1}^N q^i}. \quad (4)$$

В ходе исследований выполнена проверка возможности использования местных материалов в строительстве дорожных одежд. Задача оптимизации конструкции дорожной одежды сводится к поиску дешевого и прочного основания дорожной одежды с учетом мероприятий по повышению несущей способности нижних конструктивных слоев грунтов земляного полотна. Рассмотрено строительство дорожных одежд с основанием из мела. Установлены зависимости прочности основания из мела и конструкции в целом от несущей способности грунтового основания. В качестве целевой функции при оптимизации конструкции предложено использовать минимум приведенных затрат.

Исследования позволили разработать систему управления базой данных ресурсосберегающих конструкций дорожных одежд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровик В.С. Проектирование организации нововведений в дорожно-строительных работах: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1999. 256 с.
2. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В. Технический отчет оценки прочности дорожной одежды автомобильной дороги местного значения «Ираель–Ижма–Усть-Цильма». Сыктывкар, 2009. 32 с.
3. Совершенствование методов планирования и организации строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог: сб. науч. тр. / ГипродорНИИ. 1985. Вып. 43. 107 с.

Поступила 18.05.11

A.A. Kamusin, D.M. Levushkin
Moscow State Forest University

Strengthening of Logging Road Surface

The article establishes dependence of strength of the chalk foundation and pavement construction as a whole on the bearing capacity of the foundation bed.

Key words: logging road, road pavement, chalk foundation, tests.
