



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.

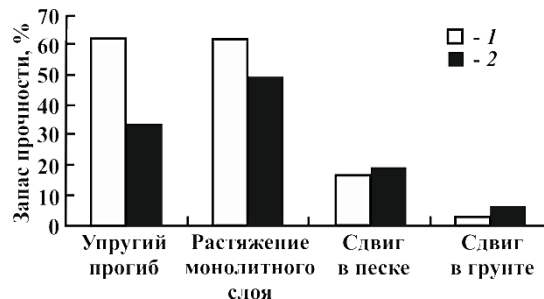
Эффективное функционирование и устойчивое развитие сети лесовозных автомобильных дорог являются необходимыми условиями экономического роста, повышения конкурентоспособности и снижения издержек товаропроизводителей, улучшения условий жизни населения, выравнивания уровня социально-экономического развития 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/м<sup>3</sup>, 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

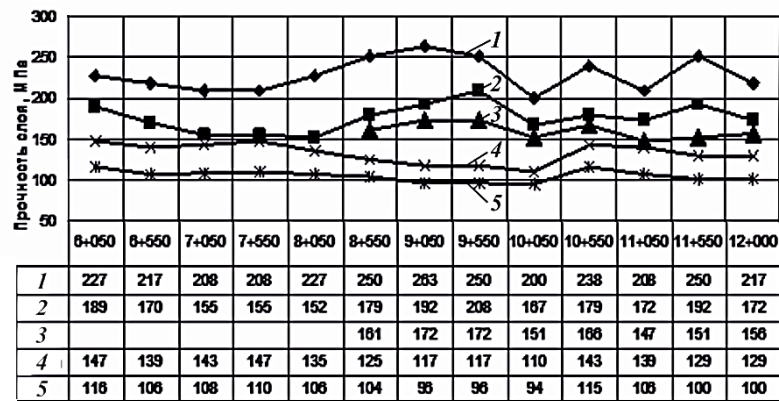


Рис. 2. Прочность конструктивных слоев дорожной одежды лесовозной автомобильной дороги «Ираель–Ижма–Усть-Цильма»: 1 – верхний слой асфальтобетона, 2 – нижний слой, 3 – основание из мела, 4 – подстилающий слой, 5 – грунт земляного полотна

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

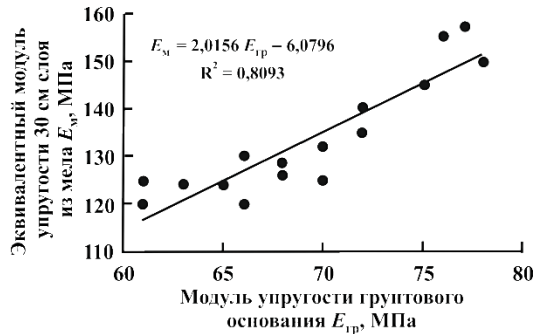
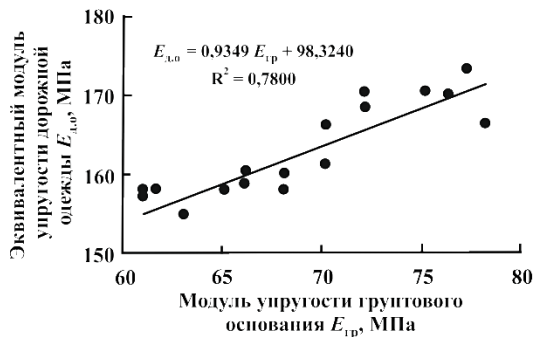


Рис. 3. Зависимость прочности основания из мела (а) и конструкции в целом (б) от прочности грунтового основания



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 м<sup>2</sup> 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.

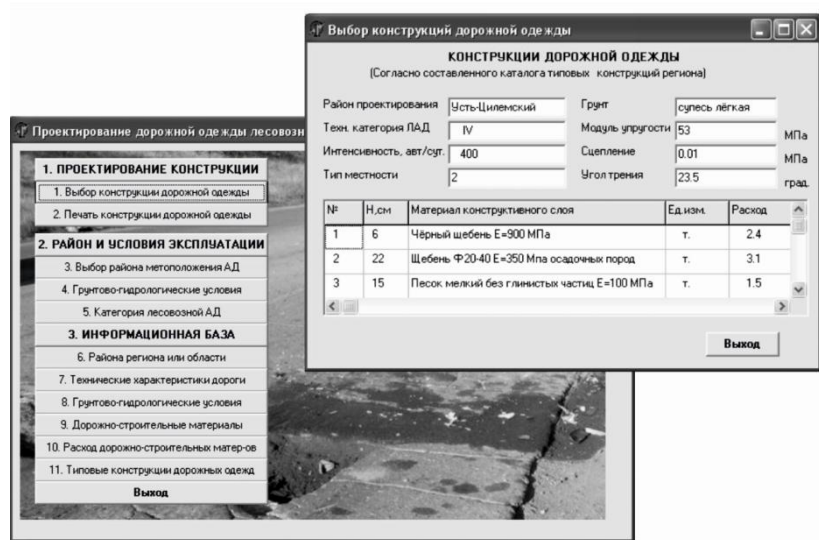


Рис. 4. Окно программы

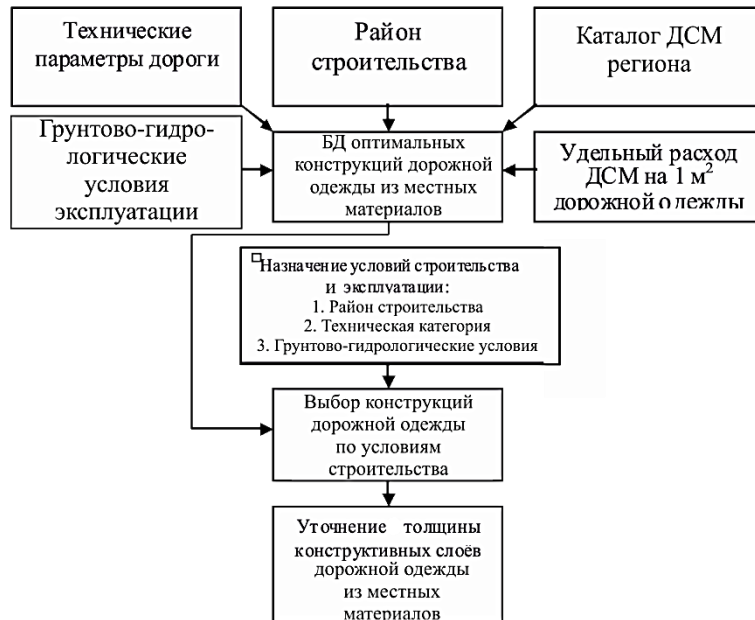


Рис. 5. Схема системы Resurs.exe

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. Скрынников 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.

---