

зывают влияние на направление трассы лесовозной дороги, на степень трудности производства земляных работ, а следовательно, не только на стоимость постройки лесовозной дороги, но и на показатели ее работы при эксплуатации. Для успешной работы лесовозного транспорта и эффективного использования капитальных вложений выбирать конструкцию дорожных одежд необходимо с учетом достаточной прочности при минимальной стоимости и естественных условий. Создание устойчивой дорожной одежды явится одним из важнейших факторов быстрого доведения объемов вывозки на лесовозных дорогах до их проектных мощностей, значительного сокращения расходов на содержание дорог, а также продления срока эксплуатации и улучшения показателей транспортных средств.

И.И. Леонович, А.М. Чупраков

### ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ

Одним из этапов многолетних наблюдений за лесовозными дорогами Коми АССР явилась проведенная в весенний период 1975 г. проверка прочности и состояния дорожных одежд с покрытиями, укрепленными вяжущими материалами.<sup>1</sup> Проверка входила в комплекс исследовательских работ, проводимых под общим руководством ЦНИИМЭ.

В качестве объекта исследования были намечены лесовозные дороги объединения "Комилеспром": Айювинская, Мало-Перская и Мадмасская. Для укрепления грунтов при строительстве этих дорог применялся портландцемент, битум и битумные эмульсии, анилин и технический фурфурол [2, 3]. Дорожная одежда их состоит из двух конструктивных слоев: основного -- покрытия из гравия или из укрепленного грунта толщиной 20 см -- и слоя износа толщиной 5--7 см. Проектная и фактическая толщина конструктивных слоев обследованных лесовозных дорог на цементогрунтовой, гравийной и битумо-

---

<sup>1</sup> В обследовании дорог приняли участие сотрудники Коми ГипроНИИлеспром В.И. Кириченко и Б.И. Копосов.

грунтовым основаниях показана на рис. 1. Испытания проводились в период наибольшего сезонного увлажнения грунтового основания, а следовательно, и наибольшего ослабления прочности проезжей части. Общее состояние дорожной одежды на всем протяжении дороги в весенний период оценивается в общем, за немногими исключениями, как удовлетворительное.

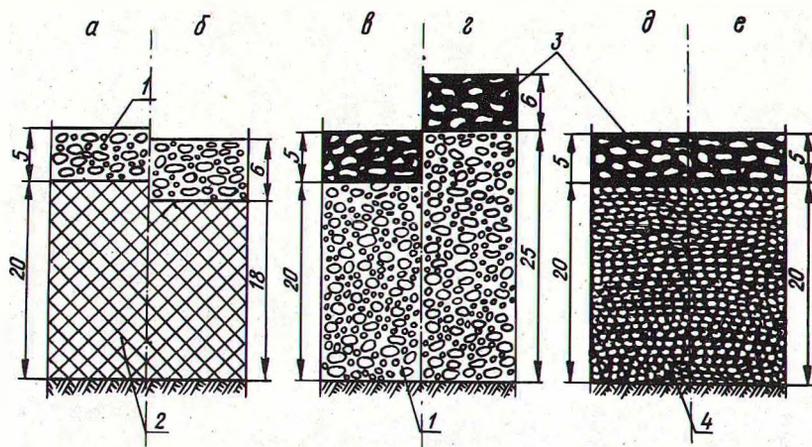


Рис. 1. Конструкции дорожных одежд:

а, в, д — проектная толщина слоев, см; б, г, е — фактическая толщина, см; 1 — гравий; 2 — цементогрунт; 3 — битумо-минеральная смесь; 4 — битумогрунт.

В период рекогносцировочных обследований проводилась визуальная оценка (табл. 1) состояния дорожной одежды по системе баллов, предложенной в СоюздорНИИ [1]. Цель обследований состояла в выявлении общей картины состояния дорожных одежд, кроме того, намечались участки дорог и поперечники, предназначенные для детальных испытаний. Участки дифференцировались в соответствии с типом покрытий (рис. 2). Состояние дорожной одежды на данных дорогах характеризуется значительным разнообразием (табл. 1).

В период детального обследования участков дорог в сочетании с измерением прогибов дорожной конструкции производилось вскрытие одежды в характерных местах. При этом определялись толщины слоев, отбирались пробы материалов слоев для лабораторных испытаний и производился отбор грунтов земляного полотна с различных горизонтов с последующим определением гранулометрических свойств и влажности; опреде -

лялись основные физические свойства грунтов земляного полотна; предел текучести, предел раскатывания и число пластичности. На основании результатов исследований физико-механических свойств грунтов и их гранулометрического анализа сделан вывод, что основным видом грунтов, слагающих земляное полотно лесовозных автомобильных дорог района исследования, являются различные разновидности супесей и, частично, суглинков.



Рис. 2. Участок Айювинской лесовозной дороги.

Таблица 1. Визуальная оценка дорожных одежд

Характеристика состояния покрытия дорожной одежды	Балл	Процент от общей протяженности
Прочная дорожная одежда		
В том числе состояние покрытия:		
отличное	1/1	6,87
хорошее	1/2	25,49
удовлетворительное	1/3	35,29
неудовлетворительное	1/4	18,68
Дорожная одежда на пределе прочности:	1/II	3,14
Недостаточная прочность дорожной одежды II		4,73
Разрушение дорожной одежды	III	5,80

С целью изучения изменения состояния покрытия в период эксплуатации производилось измерение прогибов дорожной конструкции с помощью прогибомера МАДИ-ЦНИЛ. В качестве нагрузки для определения модулей упругости использовали груженные контрольным грузом или песком переоборудованные в автосамосвалы МАЗ-509.

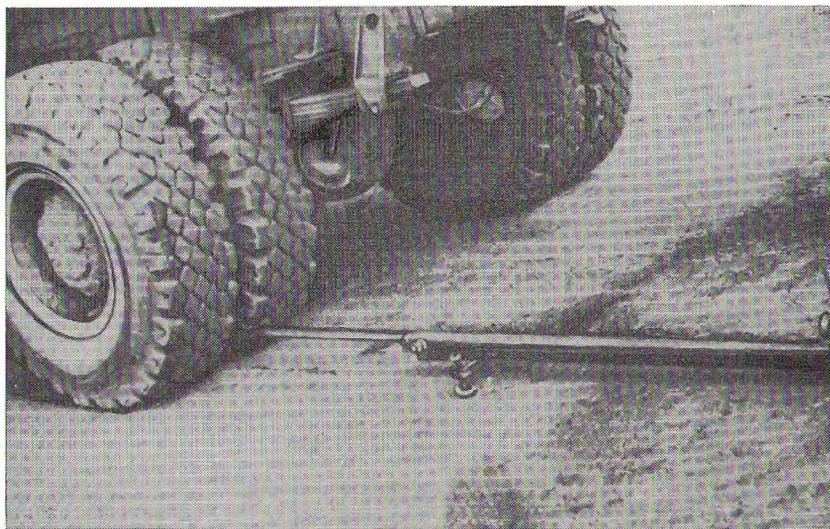


Рис. 3. Рабочий момент замера прогиба дорожной одежды.

Измерение прогибов дорожной одежды производилось по типовой методике (рис. 3).

С целью выявления участков автомобильных дорог, резко различающихся по прочности дорожной конструкции, и определения наличия факторов, доминирующих при воздействии на величину прогибов дорожных одежд, были проведены измерения прогибов на всем протяжении дороги. Расстояние между последовательными замерами составляло 50—400 м, что давало возможность практически измерить прочность на всех участках, характеризующихся различным состоянием дорожной конструкции.

Предварительно в каждом конкретном случае в зависимости от типа покрытия определялось необходимое число наблюдений на участках по формуле [4]

$$n = \frac{G^2 t^2}{\epsilon^2},$$

где  $G$  — среднеквадратическое отклонение величины прогибов дорожной одежды, мм;  $t$  — критерий Стьюдента;  $\varepsilon$  — допускаемая ошибка измерения, мм.

Принятая схема обеспечивала возможность получения объективных количественных зависимостей между изучаемыми показателями на основе математико-статистических методов.

Все данные для возможности анализа были упорядочены. Так как величина прогиба дорожной одежды нестабильна, то предварительно выдвигалась гипотеза нормальности распределения величин прогибов. Данное предположение проверялось по критериям Колмогорова и Пирсона [5], которые подтвердили справедливость гипотезы. Следовательно, все критерии и оценки, разработанные для нормального закона, могут быть применены для анализа и оценки статистических характеристик величин прогибов дорожной конструкции.

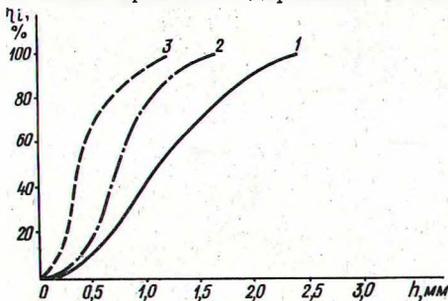


Рис. 4. Распределение прогиба дорожной одежды:  
1—Айювинская, 2—Мадмасская, 3—Мало-Перская лесовозные дороги.

Для выбранных участков дорог составлены сводки, согласно которым вычислены ряды распределения прогибов дорожных одежд. В некоторых случаях при рассмотрении рядов распределения возникали сомнения в принадлежности кое-каких данных выборочной совокупности. Согласно критерию [4,5], крайние значения у изучаемой величины (прогиба) отбрасываются как грубо ошибочные, если:

$$\frac{|x - \bar{x}|}{G} > \tau_{1-p}$$

где  $x$  — крайнее значение величины прогиба в ряду распределения;  $\bar{x}$  — среднее значение величины прогиба в ряду распределения;  $G$  — среднеквадратическое отклонение;  $\tau_{1-p}$  — табличное значение критерия на уровне значимости  $p$ .

После такой корректировки рядов распределения величины прогиба дорожной конструкции на участках подсчитывались статистические характеристики (рис. 4).

Анализ результатов измерений прогибов указывает на неоднородность по прочности отдельных участков дорожных одежд, наличие доминирующих факторов. К таким факторам могут быть отнесены: условия увлажнения (пролегание трассы на участках с разными типами увлажнений грунтов), неоднородность дорожно-строительных материалов, разная толщина конструктивных слоев на различных поперечниках.

В табл. 2 приведены фактические данные некоторых эксплуатационных показателей лесовозных дорог, укрепленных вяжущими материалами.

Современные методы строительства, а также использование крайне разнообразных по качеству дорожно-строительных материалов не позволяют получить стабильные по толщине кон-

Таблица 2. Эксплуатационные показатели прочности и неровности покрытий

Показатели	Лесовозные дороги		
	Айювин- ская	Мало-Пер- ская	Мадмас- ская
Год устройства покрытия	1964-1967	1962-1967	1961-1965
Год ввода в эксплуатацию	1966-1969	1964-1968	1961-1965
Требуемый модуль деформации, кгс/см <sup>2</sup>	373,0	482,0	480,0
Фактический модуль деформации, кгс/см <sup>2</sup>			
максимальный на участке	1735,0	2450,0	1175,0
минимальный " "	246,0	500,0	470,0
средний на дороге	637,0	1299,0	803,0
Коэффициент запаса прочности	1,68	2,69	1,67
Ровность по градациям, %			
0-5 мм	65,2	53,9	67,5
5-10 мм	25,7	28,6	25,0
10-15 мм	6,9	12,1	5,3
более 15 мм	2,2	5,4	2,2
Среднетехническая скорость, км/ч	32,7	32,3	42,2
Объем вывозки на 1/1-75 г., тыс.м <sup>3</sup>			
максимальный на участке	755,3	1168,1	2279,0
минимальный " "	356,0	973,4	1846,0
средний на дороге	509,3	1065,5	2132,8

Таблица 3. Статистические характеристики распределений

Лесовозная дорога	Номер участка, тип покрытия	Среднее значение прогиба $\bar{x}$ , мм	Средне-квadraticное отклонение $\sigma$ , мм	Ошибка среднего значения $\sigma_{\bar{x}}$ , мм
Мало-Перская	1 - цем./гр.	0,4843	0,2632	0,0406
	2 - бит./гр.	0,3590	0,1456	0,0266
	3 - грав.	0,3764	0,1752	0,0374
	В целом по дороге	0,4234	0,2097	0,0213
Айю-винская	4 - цем./гр.	1,1110	0,5119	0,0678
	5 - бит./гр.	1,4172	0,4619	0,0924
	6 - грав.	1,0708	0,3292	0,0950
	В целом по дороге	1,1871	0,4874	0,0497
Мадмас-ская	7 - цем.гр.	0,7336	0,2076	0,0415
	8 - грав.	0,8079	0,3510	0,0938
	В целом по дороге	0,7473	0,2394	0,0394

структивные слои. Поэтому в уравнении зависимости изменения ровности в период эксплуатации как фактор необходимо ввести величину прогиба дорожной одежды, измеренного в весенний период. Это позволит отразить неоднородность конструкций дорожных одежд при исследовании изменения состояния дорожного покрытия.

Статистические характеристики прогибов дорожных одежд для наиболее характерных участков обследованных дорог сведены в табл. 3. Следует отметить, что методика измерений обеспечила получение достоверных данных о величинах прогибов дорожных одежд. Степень надежности среднего значения прогиба, как видно из табл. 3, для всех участков значительно выше требуемого минимума.

Результаты испытаний прочности показали, что дорожные одежды, прочность которых характеризуется величиной прогиба порядка  $h = 0,25 - 0,8$  мм, находятся в хорошем и отличном состоянии даже при интенсивном воздействии лесовозных автопоездов. Уменьшение модуля упругости дорожной одежды вызывает более интенсивное образование деформаций на покрытии, что может быть проиллюстрировано сравнением участков 4 и 7. Состояние дорожного покрытия из цементогрунта на участке 4  $h = 1,11$  мм характеризовалось баллом 1/3, на участке 7  $h = 0,73$  мм оценочный балл 1/2, хотя срок службы участков одинаков. Даже на одной лесовозной дороге в пре-

прогибов дорожных одежд

Ошибка среднеквад- ратического отклонения, мм	Кoeffи- циент вариации v, %	Показатель точности p, %	Степень надежности среднего, t	Обследовано, км
0,0281	54,35	8,38	11,93	6,49
0,0182	40,56	7,41	13,50	4,72
0,0253	46,55	9,94	10,06	3,53
0,0148	49,53	5,05	19,79	14,74
0,0655	46,08	6,10	16,39	7,42
0,0607	32,59	6,52	15,34	4,24
0,0672	30,72	8,87	11,27	1,59
0,0341	41,06	4,19	23,89	13,25
0,0283	28,29	5,66	17,68	3,97
0,0663	43,43	11,61	8,61	1,98
0,0264	32,03	5,27	18,97	5,95

делах одного участка с одинаковым типом покрытия состояние дорожной одежды оценивается по-разному. Так, например, на участке 1 Мало-Перской лесовозной дороги на поперечнике 3 состояние оценивается баллом 1/1 ( $h = 0,45$  мм) — отлично; на поперечнике 2--1/2 ( $h = 0,65$  мм) — хорошо, на поперечнике 17 1/3 ( $h = 0,68$  мм) — удовлетворительно.

Для совокупности обследованных дорог с покрытиями из битумогрунта в хорошем состоянии характерные величины прогибов  $h = 1,2 - 1,6$  мм (участок 5). Увеличение прогиба влечет за собой снижение степени ровности дорожной одежды (участок 6).

Нельзя не отметить, что на качественный показатель состояния покрытия влияют мероприятия по содержанию и ремонту лесовозных дорог. В этом плане Мадмасская дорога, несколько уступая по прочности показателям дорожной одежды и земляного полотна Айювинской и Мало-Перской дорогам, находится в лучшем состоянии, так как на ней регулярно проводятся профилактические работы по содержанию и уходу.

Результаты анализа прочности на различных участках могут быть использованы в дальнейших исследованиях при изучении закономерностей изменения состояния дорожного покрытия в зависимости от суммарного количества прошедших расчетных автомобилей и прочности дорожной одежды. Кроме то-

го, они позволяют сделать вывод, что грунты или гравийные смеси, укрепленные вяжущими, можно успешно применять на строительстве покрытий и оснований лесовозных дорог для вывозки леса тяжелыми автопоездами.

#### Л и т е р а т у р а

1. Корсунский М.Б. Оценка прочности дорог с нежесткими одеждами. М., 1966.
2. Крылов В.Н., Гусев А.И. Комплексное укрепление грунтов при строительстве дорог в районах Европейского Севера страны. — "Труды ЦНИИМЭ", № 92, Химки, 1968.
3. Мартынов Н.З. Применение укрепленных грунтов в дорожном строительстве. — В сб.: Труды Коми ГипроНИИлеспром, вып. 1. Сыктывкар, 1973.
4. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М., 1971.
5. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М., 1968.