

*В. В. Жуков, И. И. Леонович, Г. Г. Давыдулин,*

П. М. Калашников

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВОГО ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ**

В лесной промышленности БССР преимущественное развитие получил автомобильный транспорт. Протяженность автомобильных лесовозных дорог в леспромхозах Белоруссии составляет около 10 тыс. км и с каждым годом увеличивается. В 1960 г. вывозка автомашинами составила 69% от общего объема вывезенной древесины, а в 1962 г. возросла до 75%.

Увеличение протяженности автомобильных лесовозных дорог и объема вывозки автомашинами в Белоруссии обусловлено сильной разбросанностью лесосечного фонда и наличием густой сети дорог общего пользования. Используемые для вывозки леса дороги должны обеспечивать бесперебойное и безопасное движение автомобилей в любое время года, независимо от погодных условий, с заданными скоростями и нагрузками.

Эксплуатационные качества дорог зависят от правильной эксплуатации, содержания и своевременного ремонта их, от прочности основания и главным образом от типа и конструкции дорожного покрытия.

Выбор и обоснование дорожного покрытия является весьма важным вопросом, который может быть решен на основании технико-экономических расчетов и сравнений. При этом необходимо учитывать местные почвенно-грунтовые условия, грузооборот, тип подвижного состава, а также срок эксплуатации дороги и наличие строительных материалов.

В настоящее время в большинстве случаев в качестве лесовозных дорог используются обычные грунтовые дороги без дополнительного укрепления проезжей части. Если раньше, когда в лесной промышленности работали малогрузные автомобили, такие дороги еще в какой-то мере могли удовлетворять предъявляемым к ним требованиям, то с оснащением лесной промышленности автомобилями с большой грузоподъемностью возникла необходимость в строительстве автомобильных лесовозных дорог с покрытиями, удовлетворяю-

щими величине и характеру нагрузок и возросшей интенсивности движения. Этим требованиям могут удовлетворять дороги с покрытием из гравия толщиной до 20 см. Однако во многих случаях в районе строительства лесовозных дорог отсутствуют гравийные карьеры. Среднее расстояние гравийных карьеров от строящихся дорог составляет 30—40 км и более. При подвозке гравийных материалов на такое расстояние стоимость устройства гравийного покрытия обходится дорого и в ряде случаев применение его экономически не оправдывается.

Перед лесозаготовителями Белоруссии возникла потребность найти такой тип и конструкцию покрытия, которое бы удовлетворяло всем эксплуатационным требованиям и в то же время было бы значительно дешевле.

Кафедра транспорта леса Белорусского технологического института имени С. М. Кирова в 1960—1962 гг. проводила исследования по использованию различных вяжущих материалов (цемента, извести, золы, битума и др.) для укрепления грунтового покрытия лесовозных автомобильных дорог.

В целях выявления физико-механических свойств грунтов, обработанных жидким битумом и торфяной золой с добавкой цемента и извести, а также установления процента добавки вводимых в грунт вяжущих материалов проведены лабораторные исследования и построены опытные участки на эксплуатируемой лесовозной автомобильной дороге Воничи — Териболь в Бобруйском леспромхозе.

Опыты показывают, что применявшаяся для укрепления грунтов торфяная зола (ТЭЦ-2 и электростанция ТСК) при лабораторных испытаниях дала низкие показатели. Песок, обработанный только торфяной золой, имеет очень малую прочность — 0,5—0,8 кг/см<sup>2</sup>. Супесь имеет показатель прочности до 3—4 кг/см<sup>2</sup>. В воде образцы размокают. Добавка цемента (к золе) значительно увеличивает прочность образца. Например, в образце грунт + 15—20% золы + 3—4% цемента прочность возрастает до 10—15 кг/см<sup>2</sup>.

Исследования образцов грунта, обработанного жидким битумом, указывают на большую их прочность и неразмокаемость.

Грунтовые образцы, обработанные жидким битумом, имеют наибольшую прочность при введении битума в количестве 6—8% (пески).

Для супесчаных грунтов оптимальным количеством битума (в сухом состоянии) является 5—6%. Прочность таких образцов достигает 40—70 кг/см<sup>2</sup>.

Суглинистые грунты при введении 6% битума показали предел прочности до 40—50 кг/см<sup>2</sup> — в сухом состоянии, 10—15 кг/см<sup>2</sup> — во влажном состоянии.

Лучше всего обрабатываются жидким битумом песчаные и супесчаные грунты. Суглинки обрабатываются хуже.

Руководствуясь результатами лабораторных исследований, в 1961 г. в Бобруйском леспромхозе на лесовозной автомобильной дороге Воничи—Териболь построен опытный участок длиной 3 км с укреплением грунтового покрытия жидким битумом и 0,3 км — торфяной золой с примесью цемента и извести.

Существующая дорога Воничи — Териболь представляет собой обычную грунтовую дорогу, устроенную из местных грунтов, взятых из резервов.

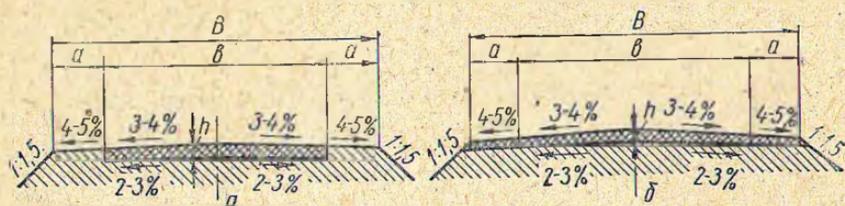


Рис. 1

Построенный участок дороги в 1961 г. с покрытием проезжей части из грунтобитума подразделяется на 15 отдельных участков, отличающихся друг от друга составом грунта, процентом вводимого вяжущего (битума) и технологией строительства.

Для обработки грунта применялся битум Б-5, вводимый в количестве 5—7% от веса сухого грунта (составляющего покрывающий слой) при температуре 60—80°.

Для устройства покрытия из грунтобитума были приняты корытный (рис. 1, а) и серповидный (рис. 1, б) поперечные профили. Толщина грунтобитумного слоя 10—12 см.

Технологический процесс устройства грунтобитумного покрытия дороги слагался из следующих операций.

#### При корытном профиле

- 1) Устройство корыта автогрейдером;
- 2) уплотнение грунта основания корыта катками или проходящим транспортом;
- 3) перемещение вынутого грунта обратно в корыто, создавая соответствующий профиль автогрейдером;
- 4) розлив битума автогудронатором;
- 5) перемешивание битума с грунтом дорожной фрезой за 5—6 проходов;
- 6) уплотнение грунтобитумной смеси катками, сначала

легкими прицепными, а затем тяжелым моторным катком (число проходов катков по одному следу 8—10);

7) поверхностная обработка проезжей части.

### При серповидном профиле

1) Выравнивание (профилирование) полотна дороги автогрейдером;

2) рыхление поверхности полотна дороги;

3) розлив битума автогудронатором;

4) перемешивание битума с грунтом дорожной фрезой за 5—6 проходов;

5) уплотнение грунтобитумной смеси катками;

6) поверхностная обработка проезжей части.

Применялся также способ устройства покрытия из грунтобитума путем розлива битума непосредственно на полотно дороги без предварительного его разрыхления.

В этом случае розлив битума производился не по всей ширине, а по одной стороне дороги на протяжении 130—150 м (соответственно емкости гудронатора). По другой стороне дороги происходило движение транспортных средств. Разлитый битум перемешивался с грунтом дорожной фрезой за 4—5 проходов на глубину 10—12 см. После перемешивания битума с грунтом производилось профилирование (если это требовалось) и уплотнение смеси — сначала легким прицепным 3-тонным катком, а затем проходящим транспортом. Таким же образом устраивалось покрытие другой половины проезжей части дороги. По такой же схеме происходило устройство покрытия на следующем участке дороги.

Количество вводимого в грунт битума составляло 6—7% от веса грунта. После укатки устраиваемого покрытия проходящим транспортом в течение одной-двух недель производилась поверхностная обработка покрытия дороги гравием и битумом. Эта операция выполнялась способами прямой и обратной пропитки. При прямой пропитке битум разливался на уплотненный слой гравия 2—3 проходами катка. При обратной пропитке гравий рассыпался слоем толщиной 2—3 см на предварительно разлитый по покрытию битум в количестве 1—1,5 л/м<sup>2</sup>. После этого производилась укатка гравия 2—3 проходами моторного катка.

Построенные опытные участки дороги характеризуются данными, приведенными в табл. 1.

Для выявления работоспособности различных типов покрытий проводились наблюдения за состоянием опытных участков дороги и измерения прочности покрытия.

В период постройки дороги измерялись плотность основания, влажность грунта, модуль деформации, исследовался гранулометрический состав грунта.

Т а б л и ц а 1

№ участка	Длина участка, м	Тип грунта	Наименование добавляемых вяжущих материалов	Процент добавок	Толщина покрытия <i>h</i> , см
1	600	Мелкая пылеватая супесь	Битум Б-5	7	10—11
2	50	Супесь	Торфяная зола + цемент	20 2	15
3	200	Суглинок	Битум	6	11—12
4	300	Суглинок	Битум + гравий	7 20	11
5	50	Суглинок	Битум + торфяная зола	6 20	12
6	250	Суглинок	Битум	7	12
7	100	Супесь	Битум + известь	6 1	12
8	500	Супесь	Битум + гравий	7 20	12
9	300	Мелкий песок	Битум	7	12
10, 11	150	Супесь	Торфяная зола + цемент	20 3—4	15
12, 13	150	Супесь	Торфяная зола + известь	20 4	15
14	50	Мелкий песок	Гравий	50	15
15	300	Песок пылеватый	Битум	7	12—13

В последующее время проводилось периодически наблюдение за дорогой и тщательное обследование состояния покрытия

тия. Измерялись возникшие деформации, определялись модуль деформации, несущая способность, плотность покрытия.

Проведенные обследования в период с 30 сентября по 4 октября 1961 г. показали, что дорога находилась в хорошем состоянии.

Интенсивность движения с момента постройки дороги постоянно была в пределах 80—100 автомобилей в сутки.



Рис 2.

Исследования на прочность покрытия и наблюдения за состоянием опытных участков дороги повторно были проведены 8 декабря 1961 г. после обильных дождей, т. е. в период осенней распутицы.

Участки с покрытием из грунтобитума находились в хорошем состоянии, только в начале участка 1 длиной 50 м наблюдались небольшие неровности.

На участках с укреплением грунта торфяной золой с примесью цемента и извести появились мелкие выбоины и неровности глубиной до 5—8 см. Участок с гравийным покрытием (без битума) имел неровную поверхность и ряд мелких выбоин глубиной до 5 см.

В период весенней распутицы 1962 г. выяснилось, что участки с грунтобитумным покрытием оставались плотными, ровными и прочными, по которым ни на один день не прекращалось движение (рис. 2). В то же время участки, построенные с добавкой золы, совершенно разрушились, пришли в непроезжее состояние, их прочность стала ниже местных грунтов (рис. 3). Из этого следует, что торфяную золу не

нужно применять в качестве вяжущих добавок для устройства дорожных покрытий.

Основной характеристикой, определяющей прочность дорожного покрытия, является модуль деформации.

Проведенные исследования показывают, что модуль деформации грунтовых дорог с покрытием из песчано-глинистой смеси в зависимости от качества последней в сухую погоду составляет  $200\text{--}400\text{ кг/см}^2$ ; в сырую погоду он резко уменьшается до  $50\text{--}30\text{ кг/см}^2$ .



Р и с. 3

На участке с добавкой только одной золы модуль деформации в сухую погоду составлял  $400\text{--}500\text{ кг/см}^2$ , в сырую — резко уменьшался до  $100\text{--}50\text{ кг/см}^2$ .

На участках с покрытием из грунтобитума модуль деформации является более стабильным. В сухую погоду модуль деформации выражается величиной  $1000\div 1500\text{ кг/см}^2$ . В сырую погоду (8 декабря 1961 г.) модуль деформации составлял  $800\div 1000\text{ кг/см}^2$ . Эти участки в период весенней распутицы полностью сохранили свою несущую способность. В настоящее время участки дороги с грунтобитумным покрытием остаются в хорошем состоянии.

Несущая способность дороги оценивалась испытанием покрытия с помощью ударника ДорНИИ. Полученные данные показывают, что несущая способность в сухую погоду была на участке с покрытием грунт + зола + цемент в среднем  $20\text{--}25$ , а в сырую погоду понизилась до  $10\text{--}12$ .

На участках с покрытием из грунтобитума несущая способность его выразилась числом 20—30 (2 ноября 1961 г.), при этом покрытие было недостаточно укатано. В дальнейшем, по мере уплотнения покрытия, как показали опыты, проведенные 8 декабря 1961 г., несущая способность увеличилась до числа 30—35 (ударов).

Наблюдения, проведенные в мае 1962 г., показали увеличение плотности грунтобитумного покрытия, которая выразилась в увеличении числа ударов ударником ДорНИИ до 40, а в августе — до 50—60.

Технико-экономические показатели устройства дорожного покрытия различными способами приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ участка	Характеристика покрытия	Стоим. 1 км, руб.	Профиль
1	Грунт + 7% битума, $h = 10$ см	3226	Серповидный
2	Грунт + 20% торф. золы, $h = 15$ см	4665	Корытный
3	Грунт + 6% битума, $h = 12-14$ см	3346	Серповидный
4	Грунт + 7% битума + 20% гравия, $h = 11$ см	4698	.
5	Грунт + 20% золы + 6% битума, $h = 12$ см	5996	Корытный
6	Грунт + 7% битума + 20% гравия, $h = 12$ см	4880	.
7	Грунт + 6% битума + 3% извести, $h = 12$ см	3716	Серповидный
8	Грунт + 7% битума + 15% гравия	4284	Корытный
9	Грунт + 7% битума, $h = 12$ см	3648	Серповидный
10	Грунт + 20% золы + 2% цемента, $h = 15$ см	3733	Корытный
11	Грунт + 20% золы + 3% цемента, $h = 15$ см	4464	.
12	Грунт + 20% золы + 3% извести, $h = 15$ см	4153	.
13	Грунт + 20% золы, $h = 15$ см	2933	.
14	Гравийное покрытие, $h = 15$ см	5800	Серповидный
15	Грунт + 7% битума, $h = 13$ см	3945	.
	Гравийное покрытие, по технологии леспромхоза, $h = 14$ см, возка гравия на расстояние 15—20 км	3121	
	Гравийное покрытие, по технологии леспромхоза, $h = 14$ см, возка гравия на расстояние 30 км	5488	
	Гравийное покрытие, по проектной технологии, $h = 20$ см, возка гравия на расстояние 35—40 км	7749	

## Выводы

В заключение следует отметить, что в современных условиях для лесной промышленности особенно важное значение имеет вопрос правильной организации дорожного хозяйства в леспромпхозах. Состояние дорог в значительной степени будет определять дальнейший технический прогресс в лесной промышленности. Поэтому неотложной задачей леспромпхозов является улучшение существующей дорожной сети и строительство дорог с гравийным или грунтовым покрытием, обработанным вяжущими материалами. В качестве вяжущих для обработки грунтов следует применять жидкие битумы и битумные эмульсии.

Применяемые в настоящее время на вывозке леса большегрузные автомобили требуют устройства дорог с усовершенствованным покрытием. Грунтовое покрытие дороги, укрепленное жидким битумом, как показывают опыты, обладает большой прочностью и является довольно устойчивым даже в условиях переувлажнения грунтов в периоды осенних и весенних распутиц, когда обыкновенные грунтовые дороги становятся непроезжими.

Построенные опытные участки в Бобруйском леспромпхозе с обработкой грунтового покрытия дороги битумом продолжают сохраняться в хорошем состоянии.

Устроенный участок длиной 50 м с покрытием из гравия, без добавки битума, имеет выбоины и искажение поперечного профиля.

Участки, обработанные торфяной золой с примесью цемента и извести, осенью находились в относительно худшем состоянии. На этих участках начали появляться ямки и выбоины. Показатели прочности значительно ниже. В период же весенней распутицы они пришли в совершенно непроезжее состояние.

Необходимая толщина покрывающего слоя грунта, обработанного жидким битумом, составляет в большинстве случаев 10—12 см, но, как правило, должна уточняться расчетом. Покрытие и его основание (земляное полотно) должны быть хорошо уплотнены. При этом по покрытию необходимо делать поверхностную обработку из гравия, укрепленного жидким битумом. Толщина этого слоя должна быть не менее 2—3 см.

Для уменьшения увлажнения основания покрытия грунтовыми водами рабочие отметки земляного полотна следует принимать в соответствии с Техническими условиями на строительство автомобильных дорог.

В качестве основной конструкции грунтовых покрытий, обработанных жидким битумом, следует рекомендовать для

автомобильных лесовозных дорог однослойные дорожные покрытия.

Количество вяжущего для укрепления грунтового покрытия зависит от физико-механических свойств грунта. Наиболее прочные покрытия могут быть устроены с применением супесчаных грунтов, по составу близких к оптимальной смеси. Произведенные опыты позволяют рекомендовать следующий процент добавки вяжущих для различных грунтов:

песчаный грунт	7—8%	битума;
супесчаный »	6—7%	»
легкий суглинок	9—10%	»

Тяжелые суглинки плохо обрабатываются вяжущими, поэтому их применять не следует. На участках дороги с наличием суглинистых грунтов необходимо подвозить карьерный грунт и создавать оптимальную смесь.

Работы по устройству покрытий с применением жидких битумов или битумных эмульсий могут быть полностью механизированы. В состав дорожного отряда должны быть включены наряду с машинами для возведения земляного полотна следующие механизмы и оборудование: прицепной грейдер и автогрейдер Д-20Б, Д-144, автогудронатор Д-251, дорожная фреза Д-272, катки прицепные трехтонные и тяжелые моторные — десятитонные, подогревательная установка.

Технология устройства покрытий может быть рекомендована в двух вариантах.

При устройстве покрытия на эксплуатируемых грунтовых дорогах укрепление проезжей части следует производить поочередно. Сначала устраивается покрытие с одной стороны дороги, а по другой происходит движение автотранспорта, затем движение открывают по построенной полосе и производится постройка покрытия на другой половине дороги.

На вновь строящихся грунтовых дорогах покрытие следует устраивать сразу на всей ширине проезжей части дороги, предварительно уплотнив основание покрытия, т. е. земляное полотно, до нормативной плотности.

При устройстве покрытия, как показал опыт строительства, следует особое внимание уделять профилированию поверхности дороги и укатке. Поперечный уклон проезжей части должен быть 40—50%, уклоны на обочинах — до 60%.

Для постройки одного километра автомобильных лесовозных дорог с обработкой грунтового покрытия жидким битумом в зависимости от ширины проезжей части ( $B$ ) и толщины покрытия ( $h$ ) требуется:

25—30 т битума при $B = 3$ м	} $h = 10—12$ см
30—35 » » при $B = 4$ м	
40—45 » » при $B = 5$ м	
50—55 » » при $B = 6$ м	

Стоимость постройки 1 км покрытия автомобильной лесовозной дороги с применением вяжущих составляет: при укреплении грунта проезжей части битумом 3200—4000 руб.;  
 » » » цементом 3700—4500 руб.;  
 при укреплении гравием при возке его  
 на расстояние до 10—15 км при  $h = 14$  см 3200—4000 руб.;  
 до 25—30 км при  $h = 14$  см 5000—5500 руб.;  
 до 35—40 км при  $h = 20$  см 7000—7700 руб.

Исследования и технико-экономические расчеты указывают на целесообразность дальнейшего внедрения в производство автомобильных лесовозных дорог с укреплением грунтового покрытия вяжущими материалами, причем в первую очередь для этой цели следует применять жидкий битум, цемент и битумные эмульсии.

---