

УДК 625.711.84

**И. И. Леонович<sup>1</sup>, Н. П. Вырко<sup>2</sup>, М. Н. Демидко<sup>3</sup>, А. И. Драчиловский<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Белорусский национальный технический университет<sup>2</sup> Белорусский государственный технологический университет<sup>3</sup> Республиканский институт профессионального образования

### **ЛЕСОПРОМЫШЛЕННАЯ СИСТЕМА И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ**

Наличие современной сети дорог является одной из важнейших задач развития и совершенствования экономики страны.

Среди различных видов транспорта – автомобильного, железнодорожного и водного, как по объемам вывозки леса, так и протяженности используемых дорог в Республике Беларусь, главную роль играет автомобильный транспорт. Его развитию способствует наличие разветвленной сети автомобильных дорог: общего пользования, ведомственных и специальных лесных.

Основным назначением дорог является: объединение разрозненных на территории лесных массивов предприятий, предметов и орудий труда в единый нормально функционирующий организм; обеспечение круглогодичной работы автотранспорта на вывозке леса; бесперебойная доставка древесины деревообрабатывающим, мебельным и другим предприятиям; обеспечение круглогодичных лесохозяйственных работ и др.

В настоящее время для вывозки заготовленной древесины, ведения лесного хозяйства используется более 113 тыс. км лесных автомобильных дорог и дорог общего пользования.

Для устойчивого развития лесного хозяйства необходимо, чтобы каждый лесхоз располагал оптимальной структурой лесов, близкой по своему характеру к нормальной лесной территории, и оптимальной транспортной сетью.

Для освоения лесных массивов строятся следующие виды лесных дорог: магистрали и технологические пути. Однако практика показывает, что лесхозы, леспромхозы и другие организации, осуществляющие заготовку леса, при вывозке лесопроductии используют одновременно как лесные дороги, так и дороги общего пользования.

**Ключевые слова:** густота дорожной сети, ленточное покрытие, дорожная одежда, железобетонная плита, колеиное покрытие, грунтовая оптимальная смесь.

**I. I. Leonovich<sup>1</sup>, N. P. Vyrko<sup>2</sup>, M. N. Demidko<sup>3</sup>, A. I. Drachilovskiy<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Belarusian National Technical University<sup>2</sup> Belarusian State Technological University<sup>3</sup> Republican Institute for Vocational Education

### **TIMBER PROCESSING SYSTEM AND MAIN LINES OF DEVELOPMENT**

The presence of a modern road network is one of the most important tasks of economy development and improvement.

Among the various types of transport by road, rail and water, as the volume of wood removals and extent of use of roads in the Republic of Belarus is the road transport. Existence of the extensive road network: public, departmental and special forest roads contributes to its development.

The primary purpose of which is: combining disparate forests in the territory of enterprises, objects and tools into a single normal functioning organism; providing year-round operation of vehicles on the hauling timber; uninterrupted delivery of timber to wood, furniture and other enterprises; providing year-round forest management activities and other.

Currently, more than 113,000 km of forest roads and public roads is used management for the removal of harvested wood, forest

Sustainable forest management requires that each SFE possessed the optimal structure of forests, similar in nature to the normal forest area and the optimal transport network.

The following types of forest roads are being constructed for the development of forests: highways and technological ways. However, experience shows that forest enterprises and logging enterprises and other organizations engaged in logging, hauling timber use forest roads and public roads at the sometime.

**Key words:** the density of the road network, tape coating, pavement, concrete slab, colijn floor, dirt optimal mixture.

**Введение.** На формирование транспортной системы лесных массивов существенное влияние оказывают многочисленные факторы: рельеф местности, наличие болот по трассе дороги, запас древесины на единицу площади рассматриваемого района и др.

В настоящее время сложилась следующая структура земель лесного фонда (табл. 1).

Таблица 1  
Структура земель лесного фонда

Земли лесного фонда	тыс. км <sup>2</sup>	%
Общая площадь земель лесного фонда	93,502	100
Лесные земли:	84,36	90,2
покрытые лесом	78,353	83,8
несомкнувшиеся лесные культуры и плантации	2,645	2,8
не покрытые лесом	3,362	3,6
Нелесные земли:	9,142	9,8
с.-х. назначения	0,45	0,5
под болотами	5,38	5,8
под водными объектами	0,722	0,8
под дорогами, просеками, ЛЭП и др.	2,58	2,7

Таким образом, общая площадь земель лесного фонда составляет 93,5 тыс. км<sup>2</sup>, из которых покрытые лесом земли занимают около 80 тыс. км<sup>2</sup> или 85,2%.

Показатель лесистости в Республике Беларусь составляет 38,1%.

Негативное влияние на процессы транспортного освоения оказывает неравномерное распределение земель, покрытых лесом по различным регионам, а также в пределах структурных подразделений Минлесхоза – лесхозов и лесничеств.

Лесной фонд республики является собственностью государства и находится в ведении различных министерств и ведомств. Основным из государственных представителей, на долю которого приходится 86,3% лесфонда, является Министерство лесного хозяйства.

К концу 2015 года площадь земель лесфонда должна увеличиться на 2–3% и объем транспортных путей также увеличится. Густоту транспортных путей планируется увеличить до 0,430 м/га, в настоящее время она составляет 0,222 м/га.

**Основная часть.** Протяженность транспортных путей, используемых для вывозки заготовленного леса, в настоящее время составляет 113 тыс. км лесных автомобильных дорог и дорог общего пользования, в том числе дорог круглогодичного действия 17,4 тыс. км, или 15,4%, дорог с грунтовым покрытием 95,6 тыс. км, или 84,6%. Грунтовые дороги в период весенней и осенней распутиц труднопроезжаемы, поэтому при их проектировании и строи-

тельстве предусматривают различные виды колеяных дорог с покрытием колеи из деревянных щитов ЛВ-11, ленточных покрытий ЛД-5 (рис. 1), колеяное покрытие из железобетонных плит.

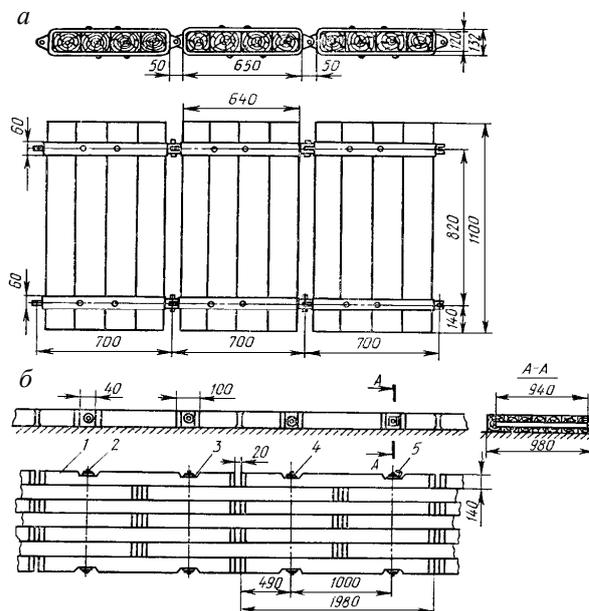


Рис. 1. Конструкции ленточных покрытий:

а – ЛД-5; б – БТИ им. С. М. Кирова:

1 – сборный элемент; 2 – шпилька; 3 – шайба; 4 – гайка; 5 – захват

Ленточное покрытие состоит из деревянных щитов размером 1,2×0,7×1,1 м, собирают из четырехкантных брусьев сечением 0,12×0,16 м и длиной 1,1 м. Брусья в щите соединяют двумя металлическими хомутами, к концам которых приваривают кронштейны с отверстиями под палец для шарнирного соединения щитов в ленту. Длина ленты 11 м. В ленте щиты укладывают так, чтобы движение транспортных средств происходило перпендикулярно к брусьям щита. Соединительный щит собирают из брусьев сечением 0,12×0,16×3 м.

**Ленточное покрытие БТИ им. С. М. Кирова** – это лента, состоящая из отдельных элементов (брусьев) длиной 2 м сечением 14×14 см.

Брусья в ленте размещаются в семь рядов со смещением относительно друг друга на половину длины бруса. Собранные элементы соединены шпилькой М18. Такое соединение брусьев позволяет получить гибкую ленту, не имеющую стыковых соединений. Крайние элементы покрытия могут быть изготовлены из круглого леса диаметром 0,16–0,18 м. В местах установки шпилек в брусьях сделаны затески для предохранения колес автопоезда от повреждения при сходе их с колеи. На крайних шпильках с двух сторон установлены захваты, предназначенные для погрузки и разгрузки лент, а также для

укладки их в колесопроды. Для предотвращения задевания брусев при разгрузке лент, а также снижения неровностей покрытия торцы брусев выполняют скошенными под углом 40–45°.

Шарнирное соединение брусев в ленте обеспечивает хорошее прилегание колесопродов к грунтовой поверхности (основанию). Способность покрытия копировать рельеф местности позволяет значительно снизить изгибающий момент, возникающий в элементах конструкции, что дает возможность изготовить покрытие более легким по сравнению с другими плитами переносных покрытий. Параметры лент: длина 11 м, ширина 1,1 м, сечение брусев 14×14 см или диаметр круглого леса 16–18 см (10 шт.).

Техническая характеристика деревянных покрытий приведена в табл. 2.

Таблица 2

#### Техническая характеристика деревянных покрытий

Показатели	Тип покрытия			
	щиты ЛВ-11	нагельные щиты	гибкие ленты	ленточное покрытие БТИ
Размеры щита, м:				
длина	6,1	6,0	0,7	11,0*
толщина	0,18	0,20	0,12	0,14
ширина	1,1	1,0	1,1	0,98
Число щитов на 1 км дороги, шт.:				
основных	328	334	2666	200
соединительных	–	–	96	–
Расход древесины (бруса) на 1 км дороги, м <sup>3</sup>	345	371	248	280
расход металла на 1 км дороги, т	13	4,4	27,5	6,0
Масса одного щита, кг	750–800	750–800	60	100–120
Количество перекладок	Более 10	8	10	6

\*Указана длина одной ленты.

**Деревянно-грунтовые покрытия** (рис. 2) представляют собой два колесопроды из хлыстов или бревен, уложенных на поперечины длиной 3,5 м и засыпанных слоем грунта толщиной 10–15 см. Грунт используется крупнозернистый с числом пластичности не более 10–12. Для устройства может применяться как хвойная, так и лиственная древесина. Ширина колесопроды 0,8–1,0 м.

**Нагельные щиты** (рис. 3). Параметры его приведены в табл. 2. Расстояние между нагелями равно 1,0 м, а от торца до первого нагеля –

0,5 м. Выход нагеля из боковой грани допускается не более 20 мм.

Колейное покрытие из щитов с нагельным креплением собирают из двух- или четырехкантных брусев длиной 6 м и толщиной 0,2 м, которые соединяются между собой деревянными нагелями и укладываются на поперечные бревна длиной 3,5 м.

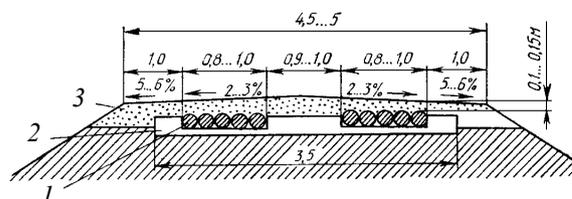


Рис. 2. Деревянно-грунтовое колеиное покрытие: 1 – лежни (бревна или хлысты диаметром 0,15 м и выше); 2 – шпалы-поперечины диаметром 0,15–0,25 м; 3 – дренирующий грунт

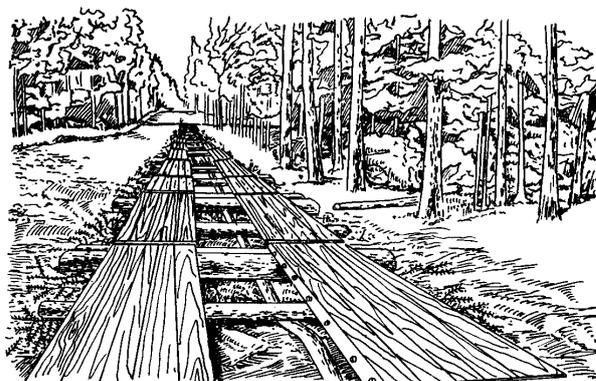


Рис. 3. Нагельные щиты на лесовозном усе

Деревянный нагель – восьмигранник диаметром 75 мм и длиной 1 м. Для предупреждения вертикального смещения щитов относительно друг друга в стыках предусматривается установка специальной металлической детали.

**Колейное покрытие из железобетонных плит** (рис. 4). Покрытие из железобетонных плит устраивают на дорогах II–IV категорий. На дорогах III категории и выше устраивают двухполосные покрытия. Вторая колея из гравия (щебня), IV категории – однополосные.

По своей конструкции железобетонные плиты могут быть сплошные, ребристые (ячеистые), решетчатые, а по форме – прямоугольные в плане (ПДЗ) и трапециевидные (ПДТЗ) с основными размерами 3×1×0,14(0,18) м.

В соответствии с ОСТ 13-79-79 «Плиты железобетонные для покрытий автомобильных лесовозных дорог» предусмотрено изготовление плит из бетона марки 300 и 400 (для предварительно напряженных конструкций) двух типов: ребристые (ячеистые) марок ПДЗ (прямоугольные в плане) и ПДТЗ (трапециевидные в плане)

с основными размерами  $3 \times 1 \times 0,14(0,18)$  м, преднапряженные плиты марок ПД 6 (прямоугольные в плане) и ПДТ 6 (трапециевидные в плане) с основными размерами  $6 \times 1 \times 0,14(0,18)$  м.

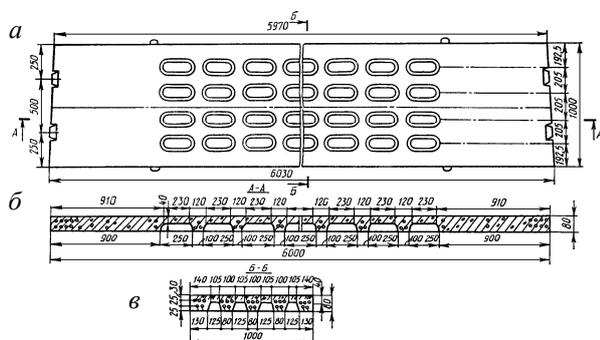


Рис. 4. Дорожная железобетонная плита для колеиных покрытий постоянного типа с упруго-податливыми стыками ОСТ13-79-79: а – план плиты; б, в – продольный и поперечный разрезы

По прочности указанные плиты выпускаются трех групп: 1) легкая для расчетного пологового изгибающего момента  $M_{изг} < 17$  кН·м; 2) средняя для  $M_{изг} = 17–21$  кН·м и тяжелая для  $M_{изг} > 21$  кН·м. Плиты различных групп отличаются размерами ячеек по длине и ширине (наибольший размер ячеек в плане для плит I группы равен  $350 \times 225$  мм) при неизменном количестве ячеек 32.

Наличие ячеек на нижней поверхности плит обеспечивает лучшее сцепление их с грунтом и экономит бетон. Дорожные одежды с покрытием из железобетонных плит проектируют в соответствии с типовыми поперечными профилями (рис. 5).

Модуль деформации основания для укладки плит устанавливают в зависимости от типа автопоезда, интенсивности их движения и срока службы дороги. При расчете железобетонных плит на прочность модуль деформации рекомендуется принимать в зависимости от годового грузооборота дороги: при  $Q_{год} = 250–500$  тыс.  $м^3/год$  модуль деформации следует принимать 25 МПа; при  $Q_{год} < 250$  тыс.  $м^3/год$  – 20 МПа.

Толщину песчаного слоя основания под плитами в зависимости от типа грунта, принятого при отсыпке подстилающего слоя, на насыпи можно принять: из мелких песков и супесей (грунты группы А) – 15–20 см; из тяжелых супесей и пылеватых песков (группа Б) – 20–25 см; из легких и тяжелых суглинков, пылеватых супесей и суглинков (группа В). В нулевых местах и выемках, устраиваемых в грунтах: мелких и пылеватых песках, легких и тяжелых супесях – 25–30 см и при лег-

ких и тяжелых суглинках, пылеватых супесях и суглинках – 30–35 см. Большие значения принимаются при использовании средних песков, меньшие – для крупных песков. Укладку плит производят специальными плитоукладчиками или автомобильными кранами. На прямых участках дороги укладывают прямоугольные плиты, на кривых – трапециевидные в сочетании с прямоугольными (чередование зависит от радиуса кривой). Расстояние между внутренними боковыми гранями плит зависит от типа автопоезда, который проектируется для обращения по данной дороге. Для автопоездов на базе автомобилей ЗИЛ это расстояние равно 0,8 м, для автомобилей типа МАЗ – 0,9 м и для автомобилей типа КраЗ – 1,0 м. На кривых участках пути межколейное расстояние увеличивают на 0,2–0,6 м (в зависимости от радиуса) за счет смещения внутреннего колесопровода. Для соединения плит колесопровода в их торцевые углубления забивают деревянные бруски.

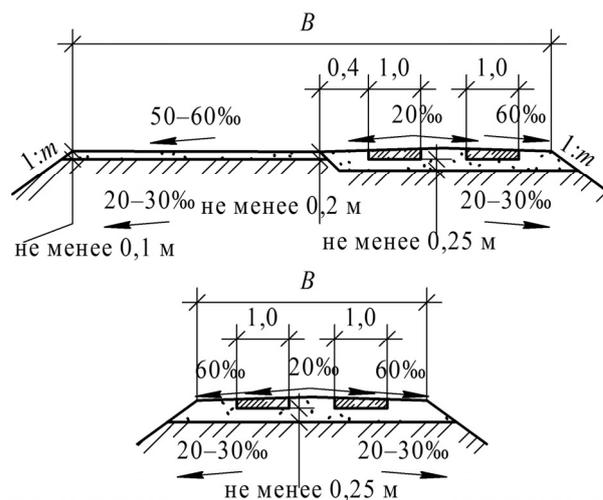


Рис. 5. Поперечные профили колеиных покрытий из железобетонных плит на постоянных путях

По данным Белгипролес, густота транспортной сети должна составлять не менее  $0,430$  км/км<sup>2</sup>. В настоящее время густота транспортных путей по областным ПЛХО приведена в табл. 3.

Как видно из табл. 3, густота дорожной сети ПЛХО довольно разная. В Витебском ПЛХО –  $0,152$  км/км<sup>2</sup>, а в Минском –  $0,284$  км/км<sup>2</sup>. Поэтому при выборе первоочередности строительства дорог необходимо учитывать указанный показатель и по данным Белгипролес ежегодно нужно строить 100–120 км лесных автомобильных дорог [1].

Поперечные профили автомобильных дорог с покрытием из железобетонных плит показаны на рис. 5. Другие виды покрытий автомобильных дорог схематично показаны на рис. 6–10. Наибольшее распространение получили покрытия

лесных дорог из естественного гравия, из оптимальных грунтовых и гравийных смесей. Их состав приведен в табл. 4, 5.

Таблица 3

## Густота дорожной сети по областным ПЛХО

Наименование ПЛХО	Ежегодный объем перевозок, т/км	Расчетная оптимальная густота, км/км <sup>2</sup>	Существующая сеть круглогодого действия, протяженность, км/густота, км/км <sup>2</sup>	Необходимо построить, км/густота, км/км <sup>2</sup>
Брестское	6165,2	0,410	1466/ 0,172	2078/ 0,236
Витебское	10612,0	0,448	1645/ 0,152	3196/ 0,296
Гомельское	9741,2	0,400	3516/ 0,214	3054/ 0,186
Гродненское	5906,9	0,425	1978/ 0,258	1322/ 0,172
Минское	14699,4	0,469	3744/ 0,284	2499/ 0,185
Могилевское	6456,4	0,430	2503/ 0,255	1715/ 0,175
<i>Итого</i>	<i>53587,1</i>	<i>0,430</i>	<i>14 852/ 0,222</i>	<i>13 864/ 0,208</i>

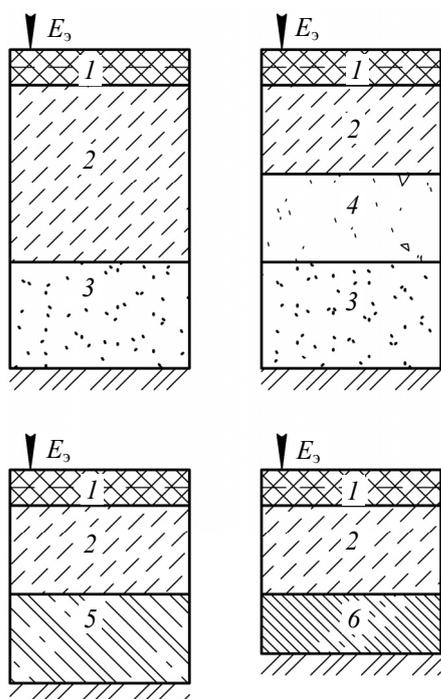


Рис. 6. Конструкции жестких дорожных одежд высших категорий с эквивалентным модулем  $E_3 = 60-70$  МПа:

1 – двухслойный асфальтобетон; 2 – щебень фракционированный; 3 – песок; 4 – доменный шлак; 5 – грунт, укрепленный вяжущим по расчетной норме; 6 – грунт, укрепленный вяжущим по уменьшенной норме

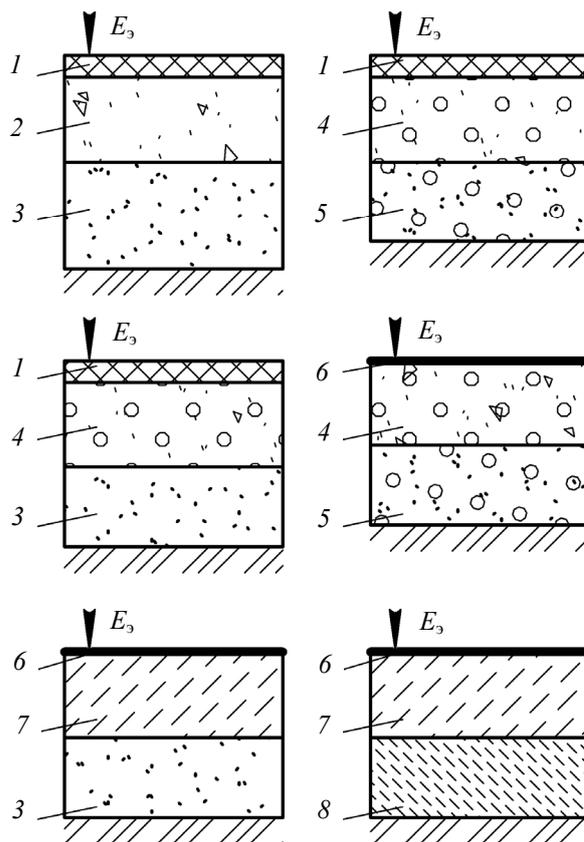


Рис. 7. Конструкции жестких дорожных одежд нижних категорий с эквивалентным модулем  $E_3 = 35-50$  МПа:

1 – однослойный асфальтобетон; 2 – доменный шлак; 3 – песок; 4 – дробленый гравий; 5 – гравий; 6 – поверхностная обработка; 7 – щебень фракционированный; 8 – щебень слабых пород

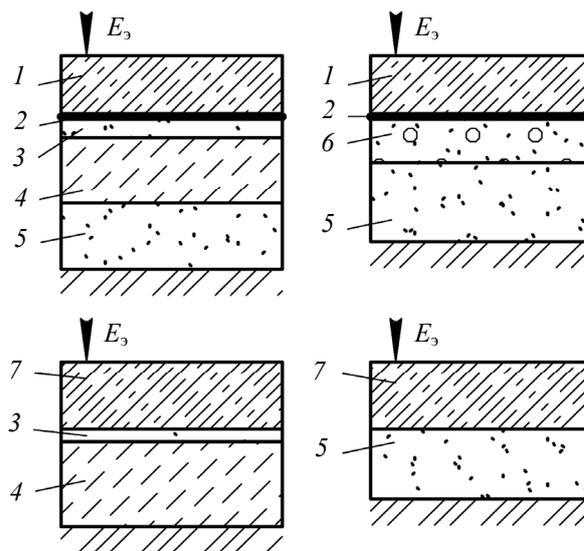


Рис. 8. Конструкции цементобетонных дорожных одежд с щебеночными и гравийными основаниями: 1 – монолитный цементобетон; 2 – прослойка из бутумированной бумаги; 3 – выравнивающий слой песка; 4 – щебень; 5 – песок; 6 – гравий; 7 – сборные цементобетонные плиты

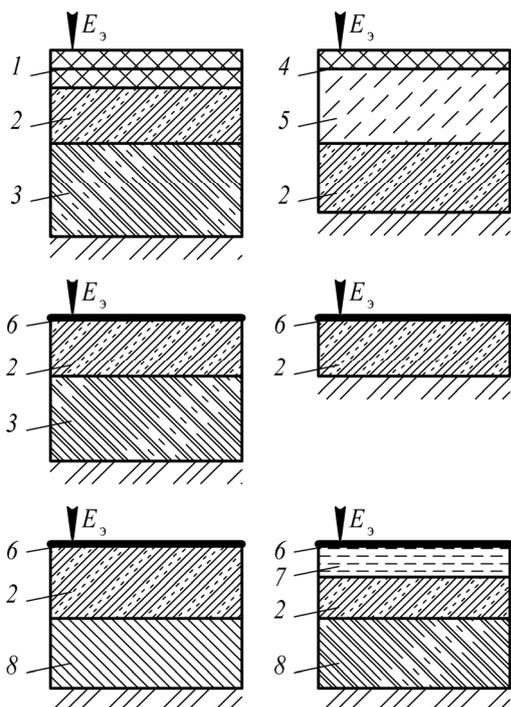


Рис. 9. Конструкции оснований нежестких дорожных одежд с применением грунта, укрепленного цементом:  
 1 – двухслойный асфальтобетон; 2 – грунт, укрепленный цементом по повышенной норме; 3 – уплотненный грунт; 4 – однослойный среднезернистый асфальтобетон; 5 – щебень, доменный шлак; 6 – поверхностная обработка; 7 – черный щебень; 8 – грунт, укрепленный цементом по уменьшенной норме

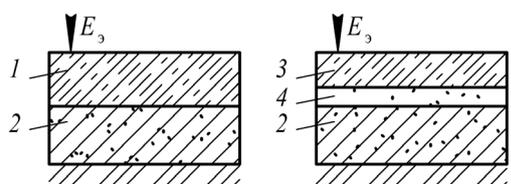


Рис. 10. Конструкции оснований под жесткие покрытия с применением грунта, укрепленного цементом:  
 1 – монолитный цементобетон; 2 – грунт, укрепленный цементом; 3 – сборные цементобетонные плиты; 4 – выравнивающий слой песка

Таблица 4

**Грунтовая оптимальная смесь (искусственная или естественная)**

Слои дорожного покрытия	Количество частиц, прошедших через сито, %				
	Диаметр отверстий сита, мм				
	2,5	1,0	0,63	0,25	0,05
Верхний	80–100	50–80	40–60	30–50	25–35
Нижний	80–100	–	35–60	20–50	10–20

Таблица 5

**Состав оптимальных грунтовых, гравийных (щебенистых) смесей для лесных автомобильных дорог**

	Количество частиц, прошедших через сито, %								
	Диаметр отверстий сита, мм								
	120	70	40	20	10	5	2,5	0,63	менее 0,05
Основание	100	65–85	45–75	20–60	15–50	10–40	5–20	2–20	0–5
Покрытие: смесь 1	–	100	60–85	35–70	20–60	15–45	10–40	5–25	2–7
смесь 2	–	100	70–85	50–75	35–65	25–55	15–45	8–30	3–10

Покрытия из оптимальных смесей, как правило, устраивают сплошными с поперечными профилями: серповидный, полукорытный, корытный, корытный при недренирующих грунтах земляного полотна с устройством гравийного покрытия в корыте на песчаном подстилающем слое.

**Заключение.** 1. Транспортное освоение лесных массивов является одной из функциональных возможностей осуществлять вывозку леса и лесных продуктов в течение всего периода его эксплуатации.

2. Добыча древесного сырья заключается в проведении различных видов рубок леса, которые оказывают существенное влияние на формирование транспортной сети.

3. Учитывая, что транспортная сеть (лесные дороги) на 73,5% имеют грунтовое покрытие и в отдельные периоды года труднопроезжаемые, на наш взгляд, необходимо, по возможности, решить ряд инженерных и научных задач:

1) провести мониторинг лесных дорог для определения их состояния;

2) разработать экспресс-метод определения прочности и устойчивости грунта земляного полотна;

3) провести комплексные исследования взаимодействия транспортных средств с дорогой;

4) изучить типы и свойства грунтов, залегающих на территории Беларуси, и возможность их использования как материала для строительства лесных дорог;

5) разработать научно обоснованную классификацию лесных дорог, в основу которой положить интенсивность движения транспортных средств, занятых не только обслуживанием лесохозяйственных работ, но и вывозкой заготовленного леса, полученного от всех видов рубок;

6) изучить лесные грузопотоки, в том числе и на перспективу по всей территории Беларуси, и на этой основе дать рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации лесных дорог.

7) разработать методы и способы повышения прочности и устойчивости дорожной конструкции, ее морозоустойчивость и др.;

8) разработать перспективные схемы транспортного освоения лесных массивов с учетом нужд не только ведения лесохозяйственных работ, но и лесозаготовительных;

9) одновременно с разработкой транспортных схем для освоения лесных массивов разработать и научно обосновать конструкции дорожного покрытия, обеспечивающие безопасное с расчетными скоростями движение тяжелых лесовозных автопоездов и автопоездов общего пользования;

10) оптимизировать систему автомобиль – дорога – время года, т. е. научные исследования по проблемам лесных дорог и лесовозного транспорта должны быть тесно увязаны с дорогами общего пользования, поиском новых технических решений по повышению несущей способности дорог, минимальными затратами на их строительство с учетом водно-теплого режима в течение года;

11) при разработке дорожно-транспортной сети лесных дорог необходимо иметь в виду, что лесные дороги представляют собой сложную систему, которая играет важную роль в обеспечении эффективного ведения лесного хозяйства и лесозаготовительных работ, являются частью дорожной инфраструктуры и в определенное время могут войти в систему автомобильных дорог общего пользования.

### Литература

1. Вырко Н. П. Сухопутный транспорт леса. Минск: БГТУ, 2003. 438 с.
2. Лесным дорогам надежную нормативную базу / И. И. Леонович [и др.] // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. 2008. Вып. XVI. С. 7–9.
3. Батранов О. Т. Усиление нежестких дорожных одежд. Минск: Транспорт, 1985. 144 с.
4. Леонович И. И. Строительство лесных дорог. Минск: Высшэйшая школа, 1970. 472 с.

### References

1. Vyrko N. P. *Suhoputnyiy transport lesa* [Forest land transport]. Minsk: BGTU Publ., 2003. 438 p.
2. Leonovich I. I., Vyrko N. P., Naskovec M. T., Tumashik I. I. Forest road reliable needs normative base. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2008, series II, Forest and Woodworking Industry, issue XVI, pp. 7–9 (in Russian).
3. Batranov O. T. *Usilenie nezhestkih dorozhnyih odezhd* [Strengthening of nonrigid road pavements]. Minsk: Transport Publ., 1985. 144 p.
4. Leonovich I. I. *Stroitel'stvo lesnyih dorog* [Construction of forest roads]. Minsk: Higher School Publ., 1970. 472 p.

### Информация об авторах

**Леонович Иван Иосифович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительство и эксплуатация дорог». Белорусский национальный технический университет (220014, г. Минск, пр-т Независимости, 150, Республика Беларусь).

**Вырко Николай Павлович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь).

**Демидко Марина Николаевна** – кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой общей и профессиональной педагогики. Республиканский институт профессионального образования (220004, г. Минск, ул. К. Либкнехта, 32, Республика Беларусь).

**Драчиловский Александр Иванович** – ассистент кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь).

### Information about the authors

**Leonovich Ivan Iosifovich** – D. Sc. Engineering, professor, professor, Department of Construction and Operation of Roads. Belarusian National Technical University (150, Nezavisimosti Ave., 220014, Minsk, Republic of Belarus).

**Vyrko Nikolay Pavlovich** – D. Sc. Engineering, professor, professor, Department of Forest Roads and Timber Transportation. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

**Demidko Marina Nikolaevna** – Ph. D. Pedagogic, assistant professor, head of Department of General and Vocational Pedagogy. Republican Institute for Vocational Education (32, Libknehta K. str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

**Drachilovskiy Alexander Ivanovich** – assistant, Department of Forest Roads and Timber Transportation. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

Поступила 20.02.2015