

КОНСТРУКЦИИ ЛЕСНЫХ ДОРОГ, УПРОЧНЕННЫХ ОБЪЕМНЫМИ ГЕОРЕШЕТКАМИ

The analysis of a modern condition of a rolling stock and road and transport network of the enterprises of a timber complex which has allowed to define the natural and operational factors complicating effective work of timber-carrying transport is carried out. It is noticed what to lower influence of the given factors it is possible at the expense of application in road designs of geosynthetic materials and, in particular, solid geolattices. Constructive schemes of hardening of an earthen cloth and road clothes are resulted by solid geolattices.

On the basis of a design procedure and an estimation of the is intense-deformed condition of timber roads with solid geolattices «Belgeosot» and «Cometa» designs of the strengthened timber roads with constructive layers from sandy, clay soils and sand-gravel mixes taking into account their humidity, number of appendices of loading are developed.

Введение. Ведущее место в Беларуси по объемам вывозки леса и протяженности используемых дорог занимает автомобильный транспорт. На вывозке древесины используются лесовозы ЗИЛ, КамАЗ, КраЗ, МАЗ, МЗКТ, Урал и др.

Эффективность работы лесовозного автотранспорта в значительной степени зависит от состояния дорожно-транспортной сети, которая не в полной мере соответствует возрастающим нагрузкам и интенсивности движения.

Из общей протяженности лесных дорог только 12,6% являются дорогами круглогодочного действия, при этом их существующая густота не является оптимальной (0,222 км/км² вместо требуемых 0,430 км/км²). Большинство лесных дорог (90,6%) – грунтовые, в период весенне-осенней распутицы они находятся в неудовлетворительном состоянии и становятся практически непроезжаемыми [1]. Отрицательно сказывается и избыточная заболоченность территории, из-за чего в последние годы не осваивается ежегодно 20–30% лесосечного фонда.

Стратегический план развития лесного хозяйства до 2015 г. предусматривает строительство 13,9 тыс. км дорог круглогодочного действия. Министерством лесного хозяйства на ближайшие годы намечено первоочередное строительство лесных дорог в объеме не менее 100 км в год [1]. Также остается актуальной и проблема ремонта и содержания ранее построенных лесных дорог.

Таким образом, строительство прочных и долговечных лесных дорог круглогодочного действия является актуальной задачей для лесного комплекса.

Применение геосинтетических материалов в дорожном строительстве. Повысить прочность и долговечность дорог можно за счет применения в их конструкциях упрочняющих элементов. Использование в этом качестве геосинтетических материалов относится к одному из наиболее перспективных направлений в практике дорожного строительства.

Геосинтетические материалы представляют собой класс строительных материалов, разли-

чающихся по структуре, технологии производства, показателям свойств, составу сырья [2].

По объемам использования геосинтетиков в целях упрочнения земляного полотна и дорожных одежд из зернистых материалов основным видом являются геотекстильные материалы.

Геотекстильные материалы обладают многими достоинствами и широко применяются в строительстве, однако необходимо отметить следующее. С помощью геотекстиля не удастся существенно повысить прочность конструктивных слоев из грунта и грунтовых смесей, песчано-гравийных (щебеночных) материалов. Основной формой их разрушения является сдвиг одних частиц относительно других. Горизонтальная прослойка из геотекстильного материала исполняет роль плоской мембраны, закрепленной по контуру нагрузки, и включается в работу при сравнительно больших деформациях, что в ряде случаев недопустимо, например при ограничении накопления остаточных деформаций [3]. Способствует горизонтальному смещению грунта под воздействием нагрузок и относительно гладкая поверхность геотекстильного материала.

В связи с этим определенное преимущество имеют методы объемного армирования грунта, когда образуется композитный материал с более высокими механическими характеристиками. Таким методом является способ упрочнения грунта объемными георешетками (далее – георешетками) [4].

Георешетки представляют собой объемный элемент из полимерных материалов и состоят из лент, которые через определенные промежутки соединены между собой с помощью сварных швов таким образом, что при растяжении в поперечном направлении образуют сотую структуру. Георешетки выполняют преимущественно защитную или упрочняющую функцию по отношению к заполнителю ячеек (грунтам, минеральным материалам, материалам, обработанным вяжущим, и др.).

Конструкция георешеток проста и технологична, допускает изменение в широком диапазоне размеров ячейки и высоты. Обычно георешетки имеют ячейки с размером в плане 200–400 мм и высотой 50–200 мм [2, 4]. При этом возможны различные геометрические формы ячеек.

Стенки ячеек георешеток могут иметь рифление, отверстия (перфорации) по отдельным стенкам для отвода воды в поперечном направлении, пропуска тросов с последующим созданием анкеров (при укреплении откосов).

Область применения георешеток в дорожном строительстве разнообразна: упрочнение дорожных одежд, земляного полотна, укрепление откосов земляных сооружений.

Объемные георешетки в дорожных конструкциях. В сложных почвенно-грунтовых условиях, в которых зачастую строятся и эксплуатируются лесные дороги, даже при использовании грунтов требуемого состава, правильной технологии возведения насыпи, прочность и устойчивость земляного полотна обеспечивается далеко не всегда. Решить эту проблему можно с помощью георешеток.

Георешетками, а при необходимости совместно с другими геосинтетическими материалами можно упрочнять нижнюю или верхнюю части земляного полотна различными способами [5]. Наиболее распространенные из них представлены на рис. 1.

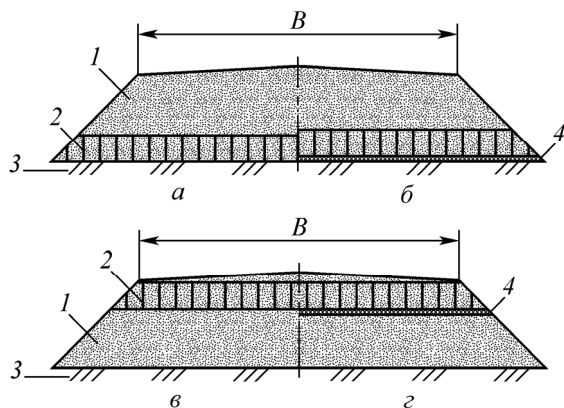


Рис. 1. Конструкции земляного полотна с объемными георешетками:

1 – грунт земляного полотна; 2 – георешетка; 3 – основание земляного полотна; 4 – геотекстильная прослойка; 5 – торф; B – ширина земляного полотна

Эффективно применение георешеток при строительстве дорог на заболоченной местности. Георешетка может укладываться в основание насыпи непосредственно на слабый грунт или с возможностью предварительной укладки перед этим геотекстильной прослойки (рис. 2, а, б) [6, 7]. При возведении земляного полотна без выторфовывания нижнюю часть насыпи можно устраивать из торфа, укладывая на него георешетку

или георешетку с геотекстильным материалом (рис. 2, в, г) [8].

Георешетку можно использовать и как материал, образующий обойму, в которую заключена нижняя часть насыпи. Наряду с устройством упрочняющего слоя с георешеткой на подошве насыпи могут быть предусмотрены дополнительные упрочняющие слои с георешеткой по высоте насыпи, позволяющие повысить ее жесткость и увеличить крутизну откосов [9].

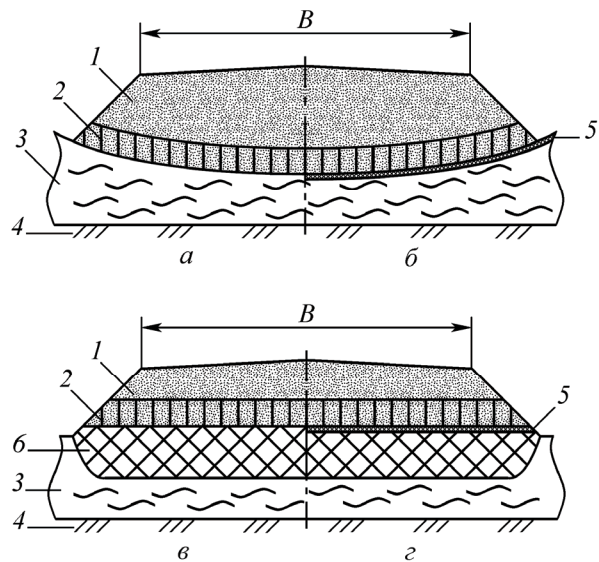


Рис. 2. Конструкции земляного полотна на болотах с объемными георешетками:

1 – грунт земляного полотна; 2 – георешетка; 3 – слабый грунт; 4 – минеральное дно болота; 5 – геотекстильная прослойка; б – торф; B – ширина земляного полотна

Необходимо также учитывать, что в дорожных конструкциях, устроенных на болотах, немаловажную роль играют возможность водоотвода и недопущение проникания отжимаемой из основания воды в тело насыпи. Для этой цели желательно применять георешетку из высокопрочного геотекстильного материала или перфорированную пластиковую георешетку [6].

За счет применения георешеток можно также повысить прочность дорожных одежд с целью сохранения их в состоянии, обеспечивающем эффективную работу лесовозного транспорта, увеличения межремонтных сроков, снижения транспортно-эксплуатационных затрат.

Различные варианты упрочнения дорожных одежд георешетками представлены на рис. 3 [5, 7, 9, 10]. Упрочняющие элементы из геосинтетиков необходимо располагать от нижней границы упрочняемого слоя. Прочность данного слоя при равной толщине увеличивается в зависимости от выбранной схемы упрочнения (рис. 3) в следующей последовательности: вариант а, затем варианты б, в, г.

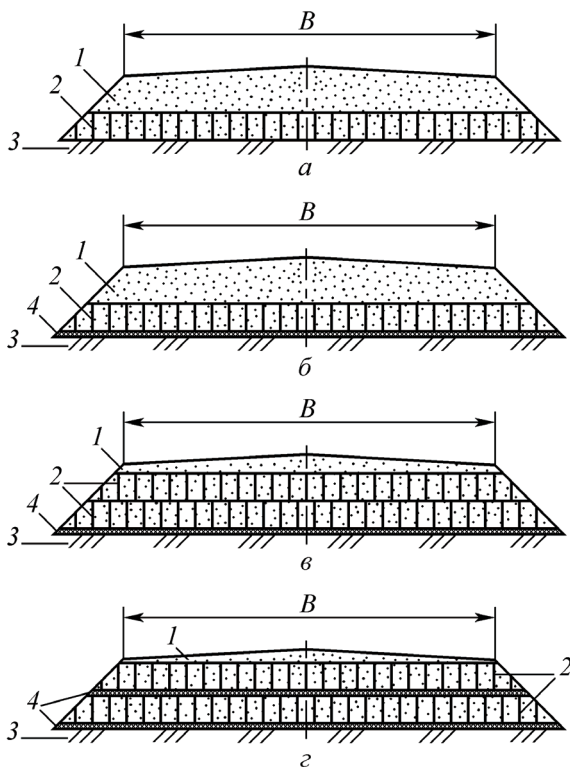


Рис. 3. Схемы упрочнения слоев дорожной одежды геосинтетическими материалами:
 1 – материал конструктивного слоя; 2 – георешетка; 3 – земляное полотно; 4 – геотекстильная прослойка;
 B – ширина дорожной одежды

Конструирование лесных дорог, упрочненных объемными георешетками. Разработка конструкций лесных дорог круглогодичного действия с георешетками проводилась на основании результатов исследования и оценки их напряженно-деформированного состояния. При этом расчеты выполняли с георешетками белорусского производства: а) «Белгеосот» из полиэтиленовых полос; б) «Комета» из полос полиэфирного иглопробивного полотна.

Расчетная конструкция состоит из трех слоев. Верхний слой имеет толщину, соответствующую глубине наступления предельного состояния при сдвиге и определяемую согласно теории прочности Мора – Кулона для конкретного типа грунта с учетом его влажности и числа приложений нагрузки [11, 12]. Далее следует упрочненный слой толщиной, соответствующей высоте георешетки, и нижний грунтовый слой.

Считали, что на дорогу воздействует лесовозный транспорт, приведенный к расчетному автомобилю группы А.

Для определения напряжений конструкцию привели к двухслойной. Первым слоем считали подстилающий грунт, а вторым – слой, состоящий из упрочненного и верхнего слоев грунта.

В расчетах принимали: длина граней ячеек георешеток равна 10, 20, 30 и 40 см, их высота – 10, 15 и 20 см; число приложений нагрузки составляет $10^3, 10^4, 10^5, 10^6$.

Дорожные конструкции послойно проверяли на наличие остаточных деформаций с использованием вышеупомянутой теории прочности Мора – Кулона. При этом геометрические параметры георешеток классифицировали следующим образом [12]: 1) параметры оптимальны при отсутствии остаточных деформаций в слоях; 2) параметры оптимальны не в полной мере при появлении остаточных деформаций в упрочненном слое; 3) параметры неоптимальны при появлении остаточных деформаций во всех слоях.

В соответствии с этим были установлены оптимальные параметры георешетки «Белгеосот» для различных типов грунтов и песчано-гравийных смесей с учетом их влажности, числа приложений нагрузки.

На основании этого были разработаны конструкции лесных дорог, упрочненных георешетками «Белгеосот», характеристики которых приведены в таблице.

Таблица

Рекомендуемые конструкции лесных дорог, упрочненных объемными георешетками «Белгеосот»

Влажность грунта в долях от W_T	Наименование слоя	Толщина слоя h (длина граней ячеек l), см				
		$N = 10^3$	$N = 10^4$	$N = 10^5$	$N = 10^6$	
<i>Песок крупный</i>						
Поры грунта полностью заполнены водой	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 9 10 ($l \leq 30$); 15–20 ($l \leq 40$)	≤ 9 10–15 ($l \leq 30$); 20 ($l \leq 40$)	≤ 8 10–15 ($l \leq 30$); 20 ($l \leq 40$)	≤ 8 10 ($l \leq 20$); 15–20 ($l \leq 30$)	
	<i>Песок средней крупности</i>					
	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 8 10–15 ($l \leq 30$); 20 ($l \leq 40$)	≤ 8 10 ($l \leq 20$); 15 ($l \leq 30$); 20 ($l \leq 40$)	≤ 8 10 ($l \leq 20$); 15–20 ($l \leq 30$)	≤ 7 10–15 ($l \leq 20$); 20 ($l \leq 30$)	
	<i>Песок мелкий</i>					
	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 7 10 ($l \leq 20$); 15–20 ($l \leq 30$)	≤ 7 10 ($l \leq 20$); 15–20 ($l \leq 30$)	≤ 7 10–15 ($l \leq 20$); 20 ($l \leq 30$)	≤ 6 10 ($l = 10$); 15 ($l \leq 20$); 20 ($l \leq 30$)	

Влажность грунта в долях от W_T	Наименование слоя	Толщина слоя h (длина граней ячеек l), см				
		$N = 10^3$	$N = 10^4$	$N = 10^5$	$N = 10^6$	
<i>Супесь</i>						
0,60	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 7 10 ($l \leq 20$); 15–20 ($l \leq 30$)	≤ 5 10–15 ($l = 10$); 20 ($l \leq 20$)	≤ 3 15–20 ($l = 10$)	≤ 2 15–20 ($l = 10$)	
0,65; 0,70	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 6 10–15 ($l \leq 20$); 20 ($l \leq 30$)	≤ 4 10–15 ($l = 10$); 20 ($l \leq 20$)	≤ 3 15–20 ($l = 10$)	≤ 2 15–20 ($l = 10$)	
0,75; 0,80	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 6 10 ($l = 10$); 15 ($l \leq 20$); 20 ($l \leq 30$)	≤ 4 10–15 ($l = 10$); 20 ($l \leq 20$)	≤ 3 15–20 ($l = 10$)	≤ 2 15–20 ($l = 10$)	
0,85	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 6 10 ($l = 10$); 15 ($l \leq 20$); 20 ($l \leq 30$)	≤ 3 15–20 ($l = 10$)	≤ 2 15–20 ($l = 10$)	≤ 2 20 ($l = 10$)	
0,90	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 5 10–15 ($l = 10$); 20 ($l \leq 20$)	≤ 2 10–15 ($l = 10$);	≤ 2 20 ($l = 10$)	≤ 1 20 ($l = 10$)	
<i>Суглинок и глина</i>						
0,60	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 7 10 ($l \leq 30$); 15–20 ($l \leq 40$)	≤ 4 10 ($l = 10$); 15–20 ($l \leq 20$)	≤ 3 10–15 ($l = 10$); 20 ($l \leq 20$)	≤ 2 15 см ($l = 10$); 20 см ($l \leq 20$)	
0,65	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 5 10 ($l = 10$); 15 ($l \leq 20$); 20 ($l \leq 30$)	≤ 3 10–15 ($l = 10$); 20 ($l \leq 20$)	≤ 2 15–20 ($l = 10$)	≤ 1 20 см ($l = 10$)	
0,70	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 3 15 ($l = 10$); 20 ($l \leq 20$)	≤ 2 15–20 ($l = 10$)	≤ 1 20 ($l = 10$)	≤ 1 20 см ($l = 10$)	
0,75	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 2 15–20 ($l = 10$)	≤ 1 20 ($l = 10$)	0 20 ($l = 10$)	0 20 см ($l = 10$)	
0,80	1. Верхний 2. упрочненный	≤ 2 20 ($l = 10$)	0 20 ($l = 10$)	Применение георешетки в данном случае нецелесообразно		
0,85; 0,90	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 1 20 ($l = 10$)	Применение георешетки в данном случае нецелесообразно			
<i>Песчано-гравийная смесь (грунт земляного полотна – песок крупный)</i>						
Поры грунта полностью заполнены водой	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 18 10–20 ($l \leq 40$)	≤ 15 10–20 ($l \leq 40$)	≤ 13 10 ($l \leq 30$); 15–20 ($l \leq 40$)	≤ 11 10 ($l \leq 30$); 15–20 ($l \leq 40$)	
	<i>Песчано-гравийная смесь (грунт земляного полотна – песок средней крупности)</i>					
	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 18 10 ($l \leq 30$); 15–20 ($l \leq 40$)	≤ 15 10 ($l \leq 30$); 15–20 ($l \leq 40$)	≤ 13 10–15 ($l \leq 30$); 20 ($l \leq 40$)	≤ 11 10–15 ($l \leq 30$); 20 ($l \leq 40$)	
	<i>Песчано-гравийная смесь (грунт земляного полотна – песок мелкий)</i>					
	1. Верхний 2. Упрочненный	≤ 18 10–15 ($l \leq 30$); 20 ($l \leq 40$)	≤ 15 10–15 ($l \leq 30$); 20 ($l \leq 40$)	≤ 13 10 ($l \leq 20$); 15–20 ($l \leq 30$)	≤ 11 10 ($l \leq 20$); 15–20 ($l \leq 30$)	

Примечание. W_T – влажность грунта на границе его текучести; N – число приложений нагрузки.

По данным таблицы можно сделать вывод, что с увеличением длины граней ячеек георешетки, влажности грунта и числа приложений нагрузки вариативность в выборе георешетки с оптимальными параметрами снижается.

Предложенные конструкции лесных дорог с георешетками «Белгеосот» разработаны впервые. Они отражают новый подход к их разработке и в зависимости от конкретных природно-производственных условий могут быть изменены.

Аналогичные расчеты были проведены для дорожных конструкций, упрочненных георешетками «Комета» с длиной граней ячеек 10–40 см и высотой 15–20 см. Однако, ввиду невысокой прочности георешетки «Комета», параметры ее ячеек не могут быть оптимальными во многих случаях. Они позволяют лишь снизить величину остаточных деформаций в слоях дорожной конструкции, не предотвращая полностью их появление.

Отметим, что модели разработанных упрочненных и неупрочненных дорожных конструкций были испытаны на специальном экспериментальном стенде. Результаты испытаний модельных участков дорожных конструкций с георешетками «Белгеосот» и «Комета» показали, что их применение позволяет создать слой грунта повышенной прочности [13, 14].

Выводы. Проведенный анализ современного состояния подвижного состава и дорожно-транспортной сети предприятий лесного комплекса позволил определить природные и эксплуатационные факторы, затрудняющие работу лесовозного транспорта и снижающие эффективность лесозаготовительного производства. Отмечено, что снизить влияние данных факторов можно за счет применения в дорожных конструкциях геосинтетических материалов, и в частности георешеток. Использование георешеток эффективно при упрочнении конструктивных слоев земляного полотна и дорожных одежд.

На основе методики расчета и оценки напряженно-деформированного состояния лесных дорог с георешетками разработаны конструкции упрочненных лесных дорог с конструктивными слоями из песчаных, глинистых грунтов и песчано-гравийных смесей с учетом их влажности, числа приложений нагрузок.

Литература

1. Программа транспортного освоения и строительства лесохозяйственных дорог в лесах Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь на период до 2010 года: утв. М-вом лесного хоз-ва 16.03.2005. – Минск: Белгипролес, 2006. – 36 с.

2. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог: ОДМ: утв. М-вом транспорта РФ 01.08.03. – М.: Росавтодор, 2003. – 152 с.

3. Львович, Ю. М. Геосинтетические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве / Ю. М. Львович, Ю. А. Аливер, А. И. Ким. – М.: Информавтодор, 1998. – Вып. 5. – 77 с. – (Обзорная информация / Гос. служба дор. хозяйства М-ва транспорта РФ).

4. Красковский, С. В. Применение объемных георешеток для армирования лесных до-

рог / С. В. Красковский, П. А. Лыщик // Инновационные технологии в строительстве автомобильных дорог, мостов и подготовке инженерных кадров в Республике Беларусь: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 17–18 декабря 2008 г. / БНТУ; ред. кол. И. И. Леонovich [и др.]. – Минск, 2008. – С. 154–158.

5. Применение синтетических материалов при устройстве нежестких одежд автомобильных дорог: ВСН: утв. 26 ЦНИИ МО РФ 17.02.95. – М.: 26 ЦНИИ МО РФ, 1995. – 44 с.

6. Азарх, М. М. Перспективы применения георешетки «Геовиб» при строительстве автомобильных дорог в России / М. М. Азарх // Автомобильные дороги. – 2003. – № 5. – С. 42–43.

7. Рекомендации по применению решетки геотехнической полиэтиленовой «Геосот-Пинема» (Белгеосот-Пинема) / РосдорНИИ. – М.: РосдорНИИ, 2004. – 36 с.

8. Методические рекомендации по проектированию и строительству грунтовых насыпей на торфяном основании, армированных георешетками «Прудон-494», в условиях Западной Сибири / 26 ЦНИИ МО РФ. – М.: 26 ЦНИИ МО РФ, 2000. – 40 с.

9. Методические рекомендации по применению объемной георешетки типа «Геовиб» при сооружении автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты Западной Сибири (для опытного строительства) / В. Д. Казарновский [и др.]. – М.: СоюздорНИИ, 2003. – 48 с.

10. Строительство опытного участка с применением объемной пластиковой георешетки «Геовиб» в I дорожно-климатической зоне / Е. С. Пшеничникова [и др.] // Сб. науч. тр. / Гос. дорНИИ «СоюздорНИИ». – М., 2001. – Вып. 201: Применение геосинтетических и геопластиковых материалов при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог. – С. 63–67.

11. Лыщик, П. А. Исследование напряженного состояния в грунтовой дороге под воздействием колес лесовозного автопоезда / П. А. Лыщик, С. С. Макаревич, С. В. Красковский // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 56–58.

12. Красковский, С. В. Расчет и оптимизация конструкций лесных дорог, армированных объемными георешетками / С. В. Красковский, П. А. Лыщик, С. С. Макаревич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 65–69.

13. Красковский, С. В. Лабораторные испытания дорожных конструкций, армированных объемными георешетками / С. В. Красковский, П. А. Лыщик // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 127–131.

14. Лыщик, П. А. Усиление лесных дорог объемными георешетками / П. А. Лыщик, С. В. Красковский // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 116–118.