

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 630*663.26:330.15

DOI: 10.18324/2077-5415-2016-3-147-154

Возможность применения нефтеполимерных вяжущих в конструктивных слоях дорожной одежды автомобильных дорог

Д.В. Бурмистров^{1 a}, А.В. Скрыпников^{2 b}, В.Г. Козлов^{2 c}, Е.В. Кондрашова^{3 d}, В.Н. Логачев^{4 e}

¹Ухтинский государственный технический университет, ул. Первомайская 13, Ухта, Республика Коми, Россия

²Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции 19, Воронеж, Россия

³Воронежский государственный аграрный университет им. Петра I, ул. Мичурина 1, Воронеж, Россия

⁴Департамент промышленности и транспорта Воронежской области, пл. Ленина 9, Воронеж, Россия

^aotimohova@ugtu.net, ^bskrypnikovvsafe@mail.ru, ^cvya-kozlov@yandex.ru, ^drivelenasoul@mail.ru, ^eskrypnikovvsafe@mail.ru

Статья поступила 8.07.2016, принята 19.08.2016

Цель данного исследования — изучить вопрос укрепления грунтов нефтеполимерными вяжущими. Объектом исследования является грунт, укрепленный комплексным вяжущим. Предмет исследования — физико-химический и химический процесс, протекающий со времени внесения реагентов в грунт. Метод исследования — натурные наблюдения и эксперимент. Для более качественного улучшения структурно-механических свойств нефтегрунтов в статье предлагается модифицирование сырой нефти полимерными добавками, что приведет к направленным изменяющимся процессам структурообразования различного рода нефтеполимерогрунтовых материалов. Ввиду малой изученности вопроса укрепления грунтов нефтеполимерными вяжущими сделаны предположения по взаимодействию компонентов комплексных вяжущих, влаги и минералов грунта. Как показали проведенные лабораторные исследования и опорное строительство, грунты, укрепленные данным комплексным вяжущим, пригодны для устройства конструктивных слоев дорожных одежд. В процессе укрепления песчаных грунтов происходит чисто механическое пронизывание и обволакивание грунтовых частиц (ввиду малого количества глинистых частиц) без образования прочной пространственной структуры. Процесс структурообразования ускоряется благодаря оптимальному механическому уплотнению смеси, так как происходят сближение частиц и увеличение числа контактов в единице объема. На втором этапе структурообразования (свыше 60–90 суток) происходит увеличение набора прочности укрепляемых грунтов за счет испарения легких фракций нефти, ее полимеризации под действием природных факторов (солнечный свет и тепло) и окисления в результате взаимодействия с кислородом воздуха. Образованные полимеры способны достаточно хорошо связывать минеральные заполнители, что, в свою очередь, ведет к увеличению прочностных характеристик укрепленного грунта.

Ключевые слова: комплексные вяжущие; нефть; песчаный грунт; дорожная одежда; полимеры.

Investigation into industrial wastes for soil stabilization

D.V. Burmistrov^{1 a}, V.G. Kozlov^{2 c}, E.V. Kondrashova^{3 d}, V.I. Logachev^{4 e}

¹Ukhta State Technical University; 13, Pervomayskaya St., Ukhta, Republic of Komi, Russia

²Voronezh State University of Engineering Technologies; 19, Revolution ave., Voronezh, Russia

³Voronezh State Agricultural University; 1, Emperor Peter I St., Voronezh, Russia

⁴The Department of Industry and Transport of Voronezh region; 9, Lenin sq., Voronezh, Russia

^aotimohova@ugtu.net, ^bskrypnikovvsafe@mail.ru, ^cvya-kozlov@yandex.ru, ^drivelenasoul@mail.ru, ^eskrypnikovvsafe@mail.ru

Received 8.07.2016, accepted 19.08.2016

The purpose of this study is to examine the issue of soil stabilization petroleum binders. The object of study is the soil, fortified asstringent complex. The subject of research of physical – chemical and chemical process that takes place since the introduction of reagents into the soil. Research method – field observations and experiment. For the most quality improvements in structural and mechanical properties of oil soils the paper proposes the modification of crude oil polymer additives that will lead to a directed change processes of structure formation of various kinds of oil polymeric materials. Due to poor knowledge of the issue of soil stabilization petroleum astringent made assumptions on the interaction of components of complex binding agents, moisture and minerals from the soil. As shown by laboratory research and support building, grounds, fortified complex data binding, suitable for the device of constructive layers of road clothes. In the process of strengthening sandy soils occurs purely mechanical threading and envelopment of soil particles (due to the small number of clay particles) without the formation of lasting spatial structures. The process of structure formation is accelerated due to optimal mechanical compaction as a result of the convergence of the particles and an increase in the number of contacts per unit volume. In the second stage of structure formation (more than 60-90 days) there is an increase in strength of soil consolidation due to evaporation of light fractions of oil, oil polymerization under the action of natural factors (sunlight and heat) and oxidation of oil due to interaction with oxygen in the air. The formed polymers are capable good enough to bind mineral aggregates, which in turn leads to an increase in the strength characteristics of reinforced soil.

Key words: complex binding materials; oil; sandy soil; clothes for road works; polymers.

Теоретический анализ и эксперимент. В отдельных районах на территории Республики Коми имеются месторождения слабопрочных известняков, которые в последние годы находят все большее применение в дорожном строительстве. Однако практика эксплуатации лесовозных автомобильных дорог со щебеночным покрытием подтверждает, что такие дороги хотя и обеспечивают круглогодичный проезд, но при этом обладают низкими транспортно-эксплуатационными качествами, что ведет к повышению себестоимости перевозок.

С целью выяснения условий работы дорожных одежд с покрытием из слабопрочных известняков, а также для установления видов деформаций разрушений щебеночных покрытий и их состояния было выполнено обследование ряда участков лесовозной автомобильной дороги в Республике Коми.

Эта работа проводилась в три этапа: предварительное обследование; подготовка к детальному обследованию; детальное обследование.

Предварительное обследование включало визуальное выявление участков с различными деформациями и разрушением проезжей части, визуальную оценку водоотвода, определение ровности покрытия и т. д.

На стадии подготовки к детальному обследованию изучалась техническая документация для выяснения возможных причин деформаций и разрушений, обнаруженных при предварительном обследовании. При этом анализировали проектную документацию для установления типа конструкций дорожной одежды, вид грунта земляного полотна, данные по интенсивности и составу движения транспорта за период эксплуатации и др.

При детальном обследовании выполнялись следующие работы:

- отбор проб грунта земляного полотна и определение его физико-механических показателей (гранулометрический состав, влажность, число пластичности);
- отбор проб щебня с покрытия и определение его физико-механических показателей (гранулометрический состав, плотность и др.);
- вскрытие дорожной одежды и измерение толщины конструктивных слоев;
- определение ровности щебеночного покрытия рейкой;
- определение амплитуды колебания поперечных волн на покрытии («гребеня»);
- определение износа щебеночного покрытия.

Для обследования была выбрана автомобильная дорога Усть-Цильма — Синегорье — Трусово. Автодорога относится к IV технической категории. Перспективная интенсивность на 2012 год — 205 авт./сутки. Состав и динамика грузоперевозок по данной дороге приведены в табл. 1.

Состав грузового автомобильного движения по автомобильной дороге по грузоподъемности:

- до 2,5 т — 40 %;
- до 5 т — 35 %;
- > 5 т — 25 %;

по давлению на ось:

- до 4 т — 75 %;
- до 6 т — 3 %;

до 10 т — 2 %.

Средняя грузоподъемность автомобиля — 4 т.

Таблица 1

Состав и динамика грузоперевозок

Виды грузов	1992 г.		2002 г.		2012 г.		2012 г. в % к 1992 г.
	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%	
Лесопродукция	18,1	82	26	75	32,5	65	180
Строительные	1,7	8	4,2	12	7,5	15	441
Торгово-снабженческие	2,2	10	4,8	13	10	20	455
Всего	22	100	35	100	50	100	227

Земляное полотно резервного профиля, средней высотой 1,2 м. Ширина земляного полотна — 10 м. Земляное полотно устроено с заложением откосов 1:1,5. Грунт земляного полотна — суглинок, суглинок легкий пылеватый.

Конструкция дорожной одежды на обследованном участке автодороги следующая: песчаный подстилающий слой на всю ширину земляного полотна толщиной 15 см; нижний слой щебеночного покрытия шириной 6 м и толщиной 15 см; верхний слой щебеночного покрытия толщиной 10 см. Расчетный модуль упругости дорожной одежды — 85 МПа.

Гранулометрический состав щебеночной смеси приведен в табл. 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав щебеночной смеси

Количество частиц в %, прошедших через сито, мин									
120	120–70	70–40	40–20	20–10	10–5	5–2,5	2,5–0,65	0,65–0,05	0,05
12	13	12,3	12,2	8,6	9,4	8,0	7,0	13,7	3,3

Таким образом, в щебеночной смеси содержится 25 % частиц крупнее 70 мм, 42,5 % — от 5 до 70 мм (табл. 2). Содержание песчаных пылеватых и глинистых (грунтовых) частиц составляет 32,5 %.

В качестве песчаного подстилающего слоя использовался песок. Модуль крупности песка — 1,2, содержание глинистых частиц — 4,5 %, коэффициент фильтрации — 7,2 м/сут. Объемный вес песка в рыхлом состоянии — 1,7 т/м³.

При визуальном обследовании участка автодороги Усть-Цильма — Синегорье — Трусово были выявлены местные разрушения покрытий в виде углублений разной формы (выбоины). Для выяснения причин появления этих выбоин на щебеночном покрытии в названных местах производили отбор проб грунта и щебеночной смеси, измерение толщины конструктивных слоев дорожной одежды.

Измерение толщины конструктивных слоев дорожной одежды производили в семи различных точках проезжей части, в ее середине и по кромкам на участке автодороги общей протяженностью 1,5 км. Результаты этих измерений приведены в табл. 3.

Таблица 3

*Результаты измерений
толщины дорожной одежды*

Точки замера	1	2	3	4	5	6	7
Толщина слоя, см							
покрытие	22,3	20,5	24,0	22,0	21,5	22,3	20,0
песок	13,5	15,5	12,8	14,5	14,0	13,0	13,5

По результатам измерений дорожной одежды видно, что, как правило, фактическая толщина конструктивных слоев меньше, чем намечалась по проекту. Отклонение фактической толщины щебеночного покрытия от проектной колеблется в пределах 1...5 см, что составляет 4...20 %. Отклонение фактической толщины песчаного подстилающего слоя от проектной составляет 0...15 %. Общая толщина дорожной одежды в отдельных измеренных точках составляет всего лишь 33,5 см, в то время как проекту она должна быть равной 40 см. Снижение толщины дорожной одежды на 18 % ведет к снижению прочности дорожной одежды, то есть к снижению расчетного модуля упругости.

Отобранные пробы грунта в этих же точках под дорожной одеждой подвергались испытаниям. Прежде всего определялись оптимальная влажность и максимальная плотность грунта, естественная влажность и число пластичности. Результаты этих испытаний приведены в табл. 4.

Таблица 4

Физико-механические свойства грунта

Точки отбора проб	Показатели свойств			
	естественная влажность, %	естественная плотность, т/м ³	оптимальная влажность, %	плотность стандартная, т/м ³
1	14,5	1,75	12,5	1,85
3	13,8	1,80	13,4	1,90
5	14,9	1,70	13,0	1,78
7	13,8	1,72	12,8	1,82

По результатам испытания легких суглинков следует отметить, что во всех случаях фактическая (естественная) влажность грунта земляного полотна выше, чем оптимальная влажность.

Фактическая плотность грунта земляного полотна значительно ниже стандартной плотности. Измерения проводились в осенний период (октябрь-ноябрь 2012 г.). Очевидно, что переувлажнение земляного полотна приводит к его разуплотнению под действием динамических нагрузок и воды.

С целью выяснения состояния щебеночной смеси в покрытии отбирались пробы щебня, которые затем испытывались в лаборатории на определение влажности и плотности, гранулометрический состав.

Результаты испытания щебеночной смеси с покрытия (табл. 5) позволяют сделать следующие заключения. Фактическая плотность щебеночной смеси в местах выбоин значительно меньше стандартной плотности этих смесей в период их укладки в покрытие. За

время строительства и в период эксплуатации резко изменился гранулометрический состав щебеночной смеси. Если при строительстве использовалось 25 % щебеночной смеси с содержанием частиц крупнее 70 мм, 42,5 % — 5–70 мм, частиц мельче 5 мм — 32,5 %, то после строительства и эксплуатации покрытия в щебеночной смеси практически отсутствуют частицы крупнее 70 мм, и резко возросло содержание частиц мельче 5 мм. Их количество в щебеночной смеси составляет более 40 %.

Таблица 5

*Физико-механические свойства
щебеночной смеси с покрытием*

Точки отбора проб	Фактическая плотность, т/м ³	Стандартная плотность, т/м ³	Гранулометрический состав частиц в мм, %			
			> 70	40–70	5–40	5
1	1,99	2,10	3,9	7,7	48,4	40
5	2,01	2,12	–	7,9	50	42,1
7	2,00	2,07	1,5	7,9	49,5	41,1

Об изменении гранулометрического состава слабопрочного щебня в процессе строительства и эксплуатации имеется много достоверных данных в литературе [3–4]. Об этом свидетельствуют результаты определения гранулометрического состава слабопрочного известняка после дробимости его в цилиндре (табл. 6). Испытывали щебень фракции 20...40 мм.

Таблица 6

*Гранулометрический состав щебня
после дробления в цилиндре*

Количество частиц в % при размере сит			
40–20 мм	20–10 мм	10–5 мм	< 5 мм
42,6	23,0	18,4	16,0

Более 50 % щебня после дробления в цилиндре изменяет свой гранулометрический состав (табл. 6).

На основании обследования участка автодороги с щебеночным покрытием можно заключить, что причиной выбоин на автодорогах являются:

– переувлажнение грунта земляного полотна, ведущее к снижению плотности и несущей способности земляного полотна;

– изменение гранулометрического состава слабопрочного известняка в процессе строительства и эксплуатации, которое нарушает оптимальный состав щебеночной смеси, снижает плотность щебеночного слоя и его прочность (модуль упругости);

– меньшая фактическая толщина дорожной одежды по сравнению с проектной, резко снижающая сопротивляемость конструктивных слоев воздействию статических и, главное, динамических подвижных нагрузок;

– разрушение (внутреннее) щебеночных зерен под действием мороза, что также приводит к изменению состава зерен.

Вышеуказанные факты приводят к резкому снижению несущей способности дорожной одежды со щебеночным покрытием (особенно в весенне-осенний период).

Такая дорожная одежда с заниженным фактическим модулем упругости не выдерживает расчетной нагрузки от автомобильного транспорта, что ведет к появлению сначала впадин, затем выбоин, а в отдельных местах к пролому дорожных одежд.

Снижение несущей способности земляного полотна из-за переувлажнения, разнородная плотность и разнородность дорожной одежды приводят к образованию поперечных волн на щебеночном покрытии. На обследуемой дороге в отдельных местах отмечается наличие таких волн — «гребенки». При детальном обследовании измерялась амплитуда колебания поперечных волн, расстояние между волнами равно 1,2...1,7 м.

При обследовании дороги Усть-Цильма — Синегорье — Трусово отмечена неудовлетворительная ровность щебеночного покрытия на отдельных участках. Просвет под трехметровой рейкой в продольном направлении в отдельных местах достигает 45 мм, в поперечном направлении — 30...35 мм. Конечно, такая автомобильная дорога обеспечивает проезд транспорта в любой период года, но не обеспечивает его пропуск с расчетной скоростью движения, что резко снижает производительность автотранспорта и повышает себестоимость грузовых перевозок.

Таким образом, износ щебеночного покрытия на обследуемом участке автодороги Усть-Цильма — Синегорье — Трусово составляет 25...30 мм в год. Это значит, что каждые 3 года при ремонте щебеночных покрытий необходимо добавлять щебеночной смеси в объеме 600–625 см² на 1 км дорожного покрытия.

Грунты, укрепленные сырой нефтью и жидкими битумами, имеют ряд отрицательных черт: недостаточные адгезия, водо- и теплоустойчивость, излишняя пластичность, или деформативность.

В то же время применение одних полимерных материалов для укрепления грунтов в дорожном строительстве приводит к образованию грунтовых смесей, имеющих высокие адгезионные и когезионные связи, а также прочностные свойства. Недостатком применения полимерных веществ при укреплении грунтов является их относительная дефицитность и большая стоимость, а также большая хрупкость и жесткость грунтовых смесей, трещинообразование и истираемость после их уплотнения.

При использовании нефтегрунтов для устройства конструктивных слоев дорожных одежд важнейшей задачей является придание данным материалам повышенной механической прочности и теплоустойчивости, уменьшение пластичности в летнее время года.

Цель исследования — изучить вопрос укрепления грунтов нефтеполимерными вяжущими материалами. *Объект исследования* — грунт, укрепленный комплексным вяжущим материалом. *Предмет исследования* — физико-химический и химический процесс, протекающий со времени внесения реагентов в грунт. *Метод исследования* — натурные наблюдения и эксперимент.

Теоретический анализ. Для качественного улучшения структурно-механических свойств нефтегрунтов наиболее верным средством является модифицирование сырой нефти полимерными добавками, что приведет к направленным изменяющим процессам структурообразования различного рода нефтеполимерогрунтовых материалов.

На наш взгляд, отходы целлюлозно-бумажного производства — сульфатно-дрожжевая бражка типа КБЖ (концентрат бражки жидкий) в комплексе с высокосмолистой нефтью — должны обладать хорошими вяжущими (склеивающими) способностями, а также гидрофобностью. Первое из этих предложений вытекает из природы КБЖ, где содержатся активные группы — ОН, СО, СН, ОН и др., а в составе нефти более 60 % составляют смолисто-асфальтеновые вещества, смолы, парафины, асфальтены, то есть вязкие составляющие [1–2].

В результате взаимодействия КБЖ и нефти с минеральными частицами грунта и отвердителями (окислителями) должны происходить процессы окисления, конденсации и полимеризации, а также испарения легких фракций нефти и воды, что и обуславливает их склеивающие и вяжущие свойства. Второе предложение о гидрофобности рассматриваемых реагентов объясняется наличием в нефти поверхностно-активных веществ — смол, асфальтеновых кислот и ангидридов.

Комплексные вяжущие — нефть + КБЖ являются механическими смесями, которые не вступают в реакцию полимеризации между собой и при вводе в них отвердителей. Длительное хранение вяжущих показывает, что происходит расслоение компонентов комплексного вяжущего на составляющие части.

Методика. Ввиду малой изученности вопроса укрепления грунтов нефтеполимерными вяжущими можно сделать некоторые предположения по взаимодействию компонентов комплексных вяжущих, влаги и минералов грунта. Данный процесс представляет собой сложный физический, физико-химический и химический процесс, протекающий как со времени внесения реагентов в грунт, так и во времени.

Имеющиеся результаты позволяют сделать предположение, что структурообразование нефтеполимергрунтовых смесей происходит в два этапа. На первом этапе, в начальный период, главная роль в формировании структуры укрепленного грунта принадлежит полимерной добавке. За счет введения в грунт отвердителей происходит полимеризация смол.

При укреплении глинистых грунтов происходит физико-химическое взаимодействие на разделе фаз с комплексным вяжущим, чаще всего за счет электростатической неуравновешенности грунтовой системы.

Важную роль в данном процессе играет взаимодействие асфальтогенных и нефтяных кислот, содержащихся в нефти, с карбонатами кальция грунта с образованием водонерастворимых солей, что, в свою очередь, ведет к водостойкости укрепленного грунта.

Химические взаимодействия происходят по следующим схемам:

а) между лигнином КБЖ и бихроматом натрия и хромистыми соединениями катализатора К-5 [3–7]:

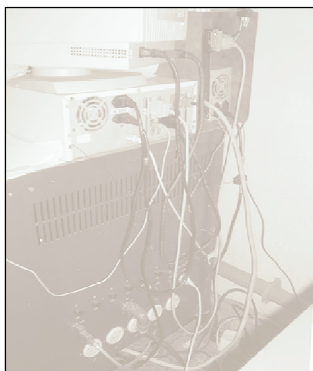
Данными вяжущими эффективно укреплять грунты разного гранулометрического и химико-минералогического состава.

Процесс взаимодействия грунта, воды и комплексного вяжущего можно представить по следующей схеме: при смещении вяжущего с грунтом из водного раствора КБЖ выпадают первичные полимерные агрегаты. С течением времени происходит рост цепей смол с образованием пространственных структур. Нефть и вода частично механически зацемяются в образующейся сетке, частично ориентируются, частично связываются химически. Избыточная вода будет при этом вытесняться и испаряться с легкими фракциями нефти.

Как показали лабораторные исследования и опорное строительство, грунты, укрепленные данным комплексным вяжущим, пригодны для устройства конструктивных слоев дорожных одежд. При укреплении песчаных грунтов происходят чисто механическое пронизывание и обволакивание грунтовых частиц (ввиду малого количества глинистых частиц) без образования прочной пространственной структуры [8].

Процесс структурообразования ускоряется благодаря оптимальному механическому уплотнению смеси, так как происходят сближение частиц и увеличение числа контактов в единице объема. На втором этапе структурообразования (свыше 60–90 суток) происходит увеличение набора прочности укрепленных грунтов за счет испарения легких фракций нефти, ее полимеризации под действием природных факторов (солнечный свет и тепло) и окисления в результате взаимодействия с кислородом. Образовавшиеся полимеры способны хорошо связывать минеральные заполнители, что, в свою очередь, ведет к улучшению прочностных характеристик укрепленного грунта.

Рентгенограммы снимались на дифрактометр «Дрон-1».



Дифрактометр «Дрон-1»

Литература

1. Скрыпников А.В. Анализ тягово-динамических качеств тракторов [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования: электрон. науч. журн. 2013. № 4. URL: www.science-education.ru/110-9803 (дата обращения: 04.10.2014).
2. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Логачев В.Н., Вакулин А.И. Информационные технологии для решения задач управления в условиях рационального лесопользования // Материалы VI международной научной конференции «Современные проблемы науки и образования». Москва, 27-29 февр. 2012 г. // Международный журнал экспериментального образования. 2012. № 2. С. 77-78.
3. Скрыпников А.В. Методы, модели и алгоритмы повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесных автомобильных дорог в процессе проектирования, строительства и эксплуатации: моногр. М.:ФЛИНТА: Наука, 2012. 310 с.
4. Скрыпников А.В. Повышение безопасности движения автомобилей и автопоездов по дорогам в районах лесозаготовок // Материалы VI международной научной конференции «Современные проблемы науки и образования». Москва, 27-29 февр. 2012 г. // Международный журнал экспериментального образования. 2012. № 2. С. 76-77.
5. Бурмистров Д.В., Тимохова О.М., Оптимизация показателей функционирования транспортно-технологических машин // Фундаментальные исследования. 2015. № 11, ч. 7. С. 1363-1367.
6. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Метод оптимизации планов ремонта участков лесных автомобильных дорог [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования: электрон. науч. журн. 2011. № 6. URL: WWW.science-education.ru/100-5155 (дата обращения: 04.10.2014).
7. Скрыпников А.В. Модель определения экономических границ зон действия поставщиков материалов в условиях вероятностного характера дорожного строительства лесовозных автомобильных дорог // Фундаментальные исследования. 2011. № 8. С. 379-385.
8. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Оптимизация межремонтных сроков лесовозных автомобильных дорог // Фундаментальные исследования. 2011. № 8, ч. 3. С. 667-671.
9. Бурмистрова О.Н., Пластинин Е.В., Арутюнян А.Ю. Анализ расчетных и экспериментальных данных по допускаемым скоростям движения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 3. С. 299-303.
10. Арутюнян А.Ю. Анализ методов управления качеством дорожных покрытий // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. по материалам междунар. заоч. научно-практ. конф. Воронеж, 2014. Т. 2, № 5-4. С. 17-21.
11. Бурмистрова О.Н., Арутюнян А.Ю., Сушков С.И. Влияние внешней среды и дорожных условий на работу водителей лесотранспорта // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. по материалам междунар. заоч. научно-практ. конф. Воронеж, 2014. Т. 2, № 5-4. С. 54-59.
12. Арутюнян А.Ю. Анализ методов оценки надежности сложных технических комплексов // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии АПК: материалы междунар. научно-практ. конф., 8-9 апр. 2015 г., Воронеж. Воронеж, 2015. С. 76-81.
13. Арутюнян А.Ю. Анализ транспортного потока для формирования базиса управления дорожным движением при перевозке грузов для агропромышленного комплекса // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии АПК: материалы междунар.

научно-практ. конф., 8-9 апр. 2015 г., Воронеж. Воронеж, 2015. С. 95-103.

14. Арутюнян А.Ю. Способы оценки требуемого уровня надежности функционирования комплексного технического обеспечения // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии АПК: материалы междунар. научно-практ. конф., 8-9 апр., 2015 г. Воронеж. Воронеж, 2015. С. 587-594.

15. Арутюнян А.Ю. Оценка транспортно-эксплуатационных качеств участков автомобильной дороги М-4 «Дон» с помощью передвижной дорожной лаборатории [Электронный ресурс] // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 66-й студ. науч. конф., апр. 2015 г., Воронеж. Воронеж, 2015. Ч.1. С. 155-161. URL: www.nauka.vsa.ru/2015/06/03(дата обращения: 20.05. 2016).

16. Burmistrova O.N., Timokhova O.M. Passage of a random signal via a Mechanical system of forest transport machines // The collection includes the 7th International Scientific and Practical Conference «Science and Society » by SCIEURO in London, 23-30, March 2015.

17. Burmistrova O.N., Timokhova O.M. Polymeric coatings with nanomaterials as a method of improving the wear resistance of machine parts // Proceedings of the 1st International Academic Conference “Science and Education in Australia, America and Eurasia : Fundamental and Applied Science” (Australia, Melbourne, 25 June 2014). Melbourne: Melbourne IADCES Press, 2014. Vol. 1. P. 103–107.

18. Burmistrova O.N., Sushkov S.I., Sushkov A.S., Burmistrov V.A. Development of theoretical foundations of rational distribution of industrial facilities Forest Complex // Materiály X mezinárodní vědecko – praktická Konference «efektivní nástroje Moderních věd - 2014» 27 dubna - 05 května 2014 roku Díl 33 Technické vědy Praha. Publishing house «education and science» s.r.o. С. 3-10.

19. Burmistrova O.N., Sushkov S.I., Burmistrov V.A. Perfection of a technique of the automated control systems Lifecycle machines Forest Complex // Materiály X mezinárodní vědecko – praktická Konference «efektivní nástroje Moderních věd - 2014» 27 dubna - 05 května 2014 roku Díl 33 Technické vědy Praha. Publishing house «education and science» s.r.o. С. 10-15.

20. Burmistrova O.N., Sushkov S.I., Burmistrov V.A. Justification of the position of the genetic approach to solving multicriteria optimization // Materiály X mezinárodní vědecko – praktická Konference «efektivní nástroje Moderních věd - 2014» 27 dubna - 05 května 2014 roku Díl 33 Technické vědy Praha. Publishing house «education and science» s.r.o. С. 29-35.

References

1. Skrypnikov A.V. Analysis of the dynamic qualities of the trailer tractors [Elektronnyi resurs] // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya: elektron. nauch. zhurn. 2013. № 4. URL. www.science-education.ru/110-9803 (data obrashcheniya: 04.10. 2014).

2. Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Skvortsova T.V., Logachev V.N., Vakulin A.I. Information technologies to solve control problems under rational forest // Materialy VI mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya». Moskva, 27-29 fevr. 2012 g. // International Journal of Experimental Education. 2012. № 2. P. 77-78.

3. Skrypnikov A.V. Methods, the model and the algorithm, we improve the performance of transport and forest roads in the design, construction and operation: monogr. M.:FLINTA: Nauka, 2012. 310 p.

4. Skrypnikov A.V. Improved security of movement of cars and trucks on roads in logging areas // Materialy VI mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya». Moskva, 27-29 fevr. 2012 g. // International Journal of Experimental Education. 2012. № 2. P. 76-77.

5. Burmistrov D.V., Timokhova O.M. Optimization of parameters of functioning of transport and technological machines // Fundamental research. 2015. № 11, ch. 7. P. 1363-1367.

6. Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Skvortsova T.V. Optimization method of repair of forest roads sections plans [Elektronnyi resurs] // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya: elektron. nauch. zhurn. 2011. № 6. URL. WWW.science-education.ru/100-5155 (data obrashcheniya: 04.10.2014).

7. Skrypnikov A.V. Model definition of economic boundaries of zones of action of suppliers materials in a probabilistic nature of road construction of logging roads // Fundamental research. 2011. № 8. P. 379-385.

8. Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Skvortsova T.V. Optimization of reserve maintenance periods of logging roads // Fundamental research. 2011. № 8, ch. 3. P. 667-671.

9. Burmistrova O.N., Plastinin E.V., Arutyunyan A.Yu. Analysis calculated and experimental data on the permitted movement velocity // International Journal of applied and Fundamental Research. 2015. № 3. P. 299-303.

10. Arutyunyan A.Yu. Analysis quality management of road surfaces // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika: sb. nauch. tr. po materialam mezhdunar. zaoch. nauchno-prakt. konf. Voronezh, 2014. T. 2, № 5-4. P. 17-21.

11. Burmistrova O.N., Arutyunyan A.Yu., Sushkov S.I. Effect of the environment and road conditions on the work of forest transport drivers // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika: sb. nauch. tr. po materialam mezhdunar. zaoch. nauchno-prakt. konf. Voronezh, 2014. T. 2, № 5-4. P. 54-59.

12. Arutyunyan A.Yu. The analysis methods for assessing the reliability of complex technical systems // Sistemnyi analiz i modelirovanie protsessov upravleniya kachestvom v innovatsionnom razvitiy APK: materialy mezhdunar. nauchno-prakt. konf., 8-9 apr. 2015 g., Voronezh. Voronezh, 2015. P. 76-81.

13. Arutyunyan A.Yu. Analysis of traffic in the current form of road traffic management basis with the carriage of goods for the agroindustrial complex // Sistemnyi analiz i modelirovanie protsessov upravleniya kachestvom v innovatsionnom razvitiy APK: materialy mezhdunar. nauchno-prakt. konf., 8-9 apr. 2015 g., Voronezh. Voronezh, 2015. P. 95-103.

14. Arutyunyan A.Yu. Methods for assessing the required level of reliability of functioning of the complex logistics // Sistemnyi analiz i modelirovanie protsessov upravleniya kachestvom v innovatsionnom razvitiy APK: materialy mezhdunar. nauchno-prakt. konf., 8-9 apr., 2015 g. Voronezh. Voronezh, 2015. P. 587-594.

15. Arutyunyan A.Yu. Evaluation of performance of transport and car-term portions of the road M-4 "Don" with the help of a mobile road laboratory [Elektronnyi resurs] // Molodezhnyi vektor razvitiya agrarnoi nauki: materialy 66-i stud. nauch. konf., apr. 2015 g., Voronezh. Voronezh, 2015. Ch.1. P. 155-161. URL: www.nauka.vsa.ru/2015/06/03(дата обращения: 20.05. 2016).

16. Burmistrova O.N., Timokhova O.M. Passage of a random signal via a Mechanical system of forest transport machines // The collection includes the 7th International Scientific and Practical Conference «Science and Society » by SCIEURO in London, 23-30, March 2015.

17. Burmistrova O.N., Timokhova O.M. Polymeric coatings with nanomaterials as a method of improving the wear resistance of machine parts // Proceedings of the 1st International Academic Conference “Science and Education in Australia, America and Eurasia: Fundamental and Applied Science” (Australia, Melbourne, 25 June 2014). Melbourne: Melbourne IADCES Press, 2014. Vol. 1. P. 103-107.

18. Burmistrova O.N., Sushkov S.I., Sushkov A.S., Burmistrov V.A. Development of theoretical foundations of rational distribution of industrial facilities Forest Complex // Materiály X mezinárodní vědecko - praktická Konference «efektivní nástroje

Moderních věd - 2014» 27 dubna - 05 května 2014 roku Díl 33 Technické vědy Praha. Publishing house «education and science» s.r.o. P. 3-10.

19. Burmistrova O.N., Sushkov S.I., Burmistrov V.A. Perfection of a technique of the automated control systems Lifecycle machines Forest Complex // Materiály X mezinárodní vědecko - praktická Konference «efektivní nástroje Moderních věd - 2014»

27 dubna - 05 května 2014 roku Díl 33 Technické vědy Praha. Publishing house «education and science» s.r.o. P. 10-15.

20. Burmistrova O.N., Sushkov S.I., Burmistrov V.A. Justification of the position of the genetic approach to solving multicriteria optimization // Materiály X mezinárodní vědecko - praktická Konference «efektivní nástroje Moderních věd - 2014» 27 dubna - 05 května 2014 roku Díl 33 Technické vědy Praha. Publishing house «education and science» s.r.o. P. 29-35.

УДК 674.812

DOI: 10.18324/2077-5415-2016-3-154-160

Снижение токсичности древесных клееных материалов на основе модифицированных лигносульфонатами карбамидоформальдегидных смол

Г.С. Варанкина^{1 a}, Д.С. Русаков^{1 b}, А.В. Иванова^{2 c}, А.М. Иванов^{1 d}

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, пер. Институтский 5, Санкт-Петербург, Россия

²Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^avaragalina@yandex.ru, ^bdima-ru25@mail.ru, ^cmarina01031977@inbox.ru, ^divanovsashaxl@gmail.com

Решение проблемы рационального использования древесных ресурсов невозможно без развития производства древесных плитных материалов, включая фанеру и древесно-стружечные плиты, широко используемые для выпуска товаров потребительского спроса, в первую очередь мебели и деревянных домов заводского изготовления. Для получения качественной конкурентоспособной продукции особое внимание необходимо уделять снижению токсичности древесных материалов, уменьшению расхода основных компонентов клея, разработке технологических процессов, обеспечивающих минимальную продолжительность склеивания при требуемой степени отверждения связующего. Учитывая потребность промышленности в использовании низкотоксичных клеев, эффективными способами их создания являются наполнение и модификация синтетических смол. Есть основания полагать, что эффективными модификаторами карбамидоформальдегидных смол могут быть продукты сульфитно-целлюлозного производства, в частности лигносульфонаты. Уменьшение токсичности фанеры до уровня, соответствующего требованиям Европейского стандарта EN 717-2, является одной из основных проблем фанерного производства. Эта проблема решается путем создания новых видов смол и клеев на их основе и обоснования химических процессов, протекающих при взаимодействии лигносульфонатов с карбамидоформальдегидной смолой.

Ключевые слова: сульфитно-целлюлозное производство; лигносульфонаты; карбамидоформальдегидные смолы; модификация; клей; шпон; фанера; древесные плиты; режимы склеивания; прочность плитных материалов; токсичность.

Reducing the toxicity of glued wood-based materials, modified with lignosulphonates of urea-formaldehyde resins

G.S. Varankina^{1 a}, D.C. Rusakov^{1 b}, A.V. Ivanova^{2 c}, A.M. Ivanov^{1 d}

¹St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov; 5, Institutskiy per., St. Petersburg, Russia

²Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^avaragalina@yandex.ru, ^bdima-ru25@mail.ru, ^cmarina01031977@inbox.ru, ^divanovsashaxl@gmail.com

Decision wood resource management problems is impossible without the development of the production of wood-based board materials, including plywood and particle boards, are widely used for the production of consumer goods, especially furniture and wooden houses prefabricated. For quality competitive products, special attention should be paid to reduce the toxicity of wood-based materials, reduced consumption of basic components of the adhesive, the development of manufacturing processes that ensure minimum duration bonding at the desired degree of hardening of the binder. Given the industry need to use low-toxic adhesives, effective way to create such adhesives is filling and modification of synthetic resins. There is reason to believe that effective modifiers, urea-formaldehyde resins may be products of sulphate pulp production, in particular lignosulphonates. Reducing the toxicity of plywood to the level corresponding to the requirements of European Standard (EN 717-2), it is one of the main problems of the production of plywood. This problem is solved by creating new types of resins and adhesives based on them and the justification of the chemical processes occurring in the interaction of lignosulphonates with urea-formaldehyde resin.