

УДК 677.024:533.924

DOI 10.47367/0021-3497_2021_2_34

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМОМОДИФИЦИРОВАННЫХ
ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В УКРЕПЛЕНИИ СЛАБЫХ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД**

**THE USE OF PLASMA-MODIFIED
GEOTEXTILE MATERIALS
IN STRENGTHENING THE WEAK FOUNDATIONS OF ROAD CLOTHING**

Е.А. СЕРГЕЕВА, Н.В. ТИХОНОВА, А.Р. ЮСУПОВА

E.A. SERGEEVA, N.V. TIKHONOVA, A.R. YUSUPOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: prof.sergeeva@gmail.com; sapr415@mail.ru

Охарактеризовано полимерное сырье и свойства геотекстильных материалов (ГМ). Представлены некоторые конструктивные решения по укреплению слабых оснований дорожных одежд с применением ГМ. Показано, что недостатком полипропиленовых (ПП) ГМ остается низкая длительная прочность. Также прочностные свойства снижаются при увлажнении ПП ГМ и повышении температуры. Установлено, что плазменная модификация ПП геотекстиля приводит к его гидрофобизации и росту прочности при растяжении на 15%. Армирование модифицированным геотекстилем дорожных одежд приводит к повышению общего модуля упругости слоя щебня на 20%, а несущей способности на 15%.

Polymer raw materials and properties of geotextile materials (GM) are characterized. Some design solutions for strengthening the weak foundations of road surfaces with the use of GM are presented. It is shown that the disadvantage of polypropylene (PP) GM is low long-term strength. Also, the strength properties are reduced when the PP GM is moistened and the temperature increases. It was found that the plasma modification of the PP geotextile leads to its hydrophobization and an increase in tensile strength by 15%. Reinforcement of road surfaces with modified geotextile leads to an increase in the overall modulus of elasticity of the crushed stone layer by 20%, and the load-bearing capacity by 15%.

Ключевые слова: геотекстиль, полипропилен, дорожные одежды, плазменная модификация, прочность.

Keywords: geotextile, polypropylene, road clothes, plasma modification, strength.

При организации дорожных покрытий на неуплотняемых слабых грунтах и устранения операций выемки и замены грунта эффективным представляется использование ГМ, причем в зависимости от состава грунта, гидротехнических и температурных особенностей ГМ могут быть различного функционального назначения, либо сочетающие несколько функций. Свойства ГМ зависят от свойств полимерного сырья, применяемого для их производства (рис. 1 – свойства материалов для изготовления ГМ (составлено авторами по данным [1]).

Сырье/ Свойства	Полиэфир	Полиамид	Полипропилен
Водостойкость	Хорошая	Снижение до 30% прочности при увлажнении	Хорошая
Биостойкость	Хорошая	Хорошая	Хорошая
Стойкость к кислотам/щелочам	Снижение прочности при pH>9	Снижение прочности при pH<5,5	Хорошая
Светостойкость	Хорошая	Плохая	Плохая
Механические свойства волокон	Хорошие	Хорошие	Низкая длительная прочность

Рис. 1

Согласно рис. 1 каждый материал имеет недостатки – полиэфир неустойчив к щелочным известковым и цементным слоям, в кислых средах ограничено применение полиамидных ГМ, а в условиях длительных воздействий нагрузки – полипропиленовых.

При укреплении слабых оснований дорожных одежд в дополнении к геотекстилю могут применяться георешетки и геосетки. Георешетки в основном производятся из полипропилена и полиэтилена и могут быть одноосными и двухосными. Одноосные георешетки имеют тонкие длинные отверстия, сообщающие высокую прочность решетке в направлении ее длины. Материал эффективен при армировании грунтовых склонов, стен, земляных насыпей, устоев мостов, а также на локальных участках со слабым основанием. Двухосные георешетки имеют квадратные отверстия и соответственно большее число узлов решетки, что положительно влияет на ее сопротивление деформации. Равномерность распределения отверстий по всей длине решетки сообщает ей одинаковую прочность, как по длине, так и по ширине. Геосетки производятся из полимерных лент или нитей, могут пропитываться полимерным составом для стабильности структуры и повышения разрывной нагрузки и имеют ячеистую структуру, заполняемую при применении сыпучими материалами для армирования дорог, имеющих слабый грунт.

На практике основа дорожной одежды переводит силовой потенциал в грунт, обеспечивая амортизационный эффект и снижение напряжения от воздействия транспорта. В структуре основания выделяют несущую часть, отвечающую за механическую стойкость, и вспомогательные слои, обеспечивающие, например, фильтрационные, дренажные и другие функции.

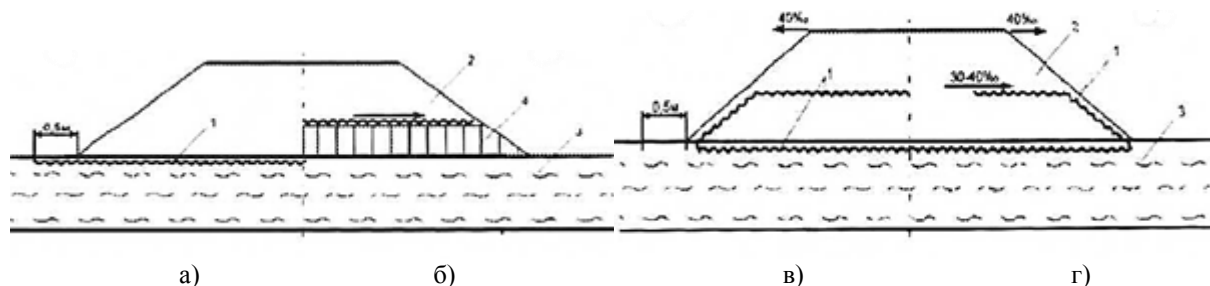


Рис. 2

Согласно рис. 2 (некоторые конструктивные решения при возведении насыпей на слабом основании с применением защитного (а, б) и защитно-армирующего (в,

г) слоев из ГМ) формирование защитных прослоек из ГМ на слабых основаниях происходит как путем простой укладки ГМ (а, б), так и с заключением нижней части насы-

пей в "обойму" для защиты откосов и достижения дополнительного эффекта армирования. В этом случае укладку полотен ГМ выполняют поперек оси насыпи, а к ГМ предъявляются дополнительные требования к показателям механических свойств, что делает предпочтительным использование нетканых иглопробивных термоупрочненных ГМ.

Известно, что в конструкциях оснований дорожных одежд наибольшее распространение получили полипропиленовые (ПП) ГМ, благодаря их экономичности и экологичности. Однако, как показано выше на рис. 1, основным недостатком ПП ГМ остается низкая длительная прочность. Установлено, что при постоянном увлажнении и понижении температуры ППГМ до -20°C происходит падение предела прочности при растяжении на 8...12%, и снижение деформативности на 29...32%, что нужно учитывать при применении ГМ в соответствующих природно-климатических зонах. Следовательно, необходимым остается повышение прочности ПП ГМ с одновременной гидрофобизацией их поверхности.

Придание новых свойств ПП волокнистым материалам возможно с применением механических, химических, композитных, электрофизических и физических методов. Согласно ранним исследованиям применение неравновесной низкотемпературной плазмы за счет воздействия на поверхностный нанослой волокнистого материала позволяет изменять требуемые характеристики, без ухудшения остального комплекса свойств. Так, посредством плазмен-

ного воздействия происходит упрочнение арамидных волокон [2], достигается существенная гидрофилизация ПП нити [3], закрепляется слой наночастиц, придающих антибактериальные свойства ПП нетканым материалам [4].

Для осуществления экспериментальных исследований влияния плазмы на свойства ПП ГМ установлен оптимальный режим плазменного воздействия, способствующий наибольшей гидрофобизации поверхности ПП ГМ: анодное напряжение 3,5 кВ, анодный ток 0,3 А, давление в вакуумной камере плазменной установки 26,6 Па, расход плазмообразующей смеси газов (70% аргона и 30% пропан-бутана) 0,04 г/с, время обработки 180 с.

Наглядно изображение капли жидкости на поверхности ПП ГМ представлено на рис. 3 (смачиваемость ПП ГМ до (а) и после (б) плазменной обработки). До плазменной обработки краевой угол смачивания поверхности ПП ГМ составлял 48° (а), а после модификации 59° (б), что свидетельствует о гидрофобизации материала. Прочность при растяжении в данном случае возросла на 15%, с сохранением показателя при воздействии воды.

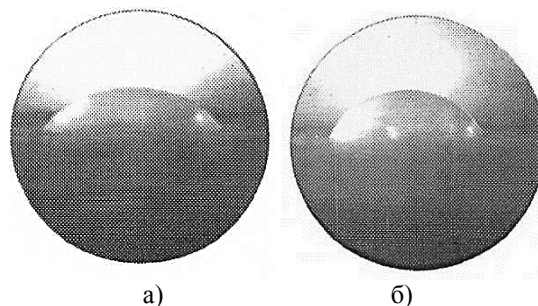
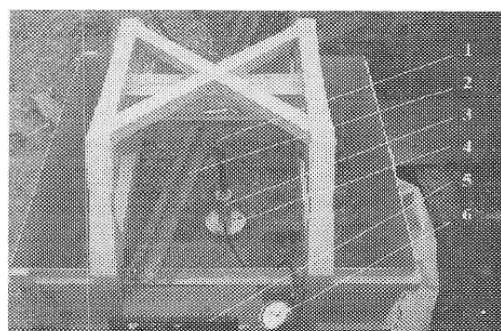
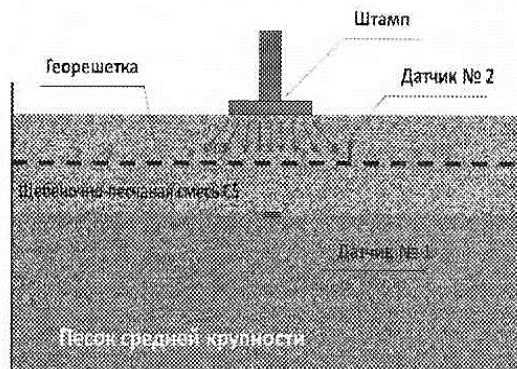


Рис. 3



а)



б)

Рис. 4

Для оценки деформативных свойств оснований дорожных одежд с применением исходных и плазмомодифицированных ГМ проводили штамповые испытания согласно рис. 4 (пример штампового лотка (а): 1 – прогибомер, 2 – балка реперная, 3 – цилиндр гидравлический, 4 – штамп, 5 – маслососная станция, 6 – манометр, схема испытания (б)).

Основание устраивали послойно из песка средней крупности с уплотнением до требуемого коэффициента пористости. Верхний слой основания выкладывали из гранитного щебня фракции 20...40 мм. ПП ГМ укладывали на контакте слоев из песка и щебня после определения деформативных характеристик песчаного основания.

Нагружение производили гидравлическими домкратами посредством штампов, устанавливаемых на слой щебня. Вокруг устраивался пригруз в размере веса лежащих выше слоев дорожных одежд. Значения нагрузок оценивались по данным торсионных измерителей нагрузки, расположенных на гидравлическом стенде, а осадки штампов – по показаниям прогибомеров 6-ПАО, находящихся на реперной системе, независимой от лотка. Результаты штамповых испытаний представлены в табл. 1 (характеристики неармированных (Эксперимент 1), армированных ПП ГМ (Эксперимент 2) и армированных плазмомодифицированным ПП ГМ (Эксперимент 3) оснований).

Т а б л и ц а 1

Показатели, единицы измерения	Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 3
Общий модуль упругости конструкции (статическое нагружение), МПа	83	98	100
Модуль упругости слоя щебня толщиной 10 см, МПа	380	1 100	1320
Несущая способность конструкции, МПа	0,14	0,30	0,34

Можно отметить значительный рост показателей деформативности слабых оснований дорожных одежд при армировании ПП ГМ, с повышением несущей способности конструкции в 2 раза. В дополнении плазменная модификация ПП ГМ приводит к росту общего модуля упругости слоя щебня на 20%, а его несущей способности на 15%.

В Ы В О Д Ы

1. Определены преимущества применения ПП геотекстиля для армирования оснований дорожных одежд, но выявлены потери длительной прочности материала при воздействии влаги.

2. Установлено, что в результате плазменной обработки в смеси газов аргон - (пропан- бутан) происходит рост краевого угла смачивания ПП ГМ и гидрофобизация материала, при этом прочность на растяжение повышается до 15%.

3. Выявлено, что укрепление модельных оснований дорожных одежд модифицированным геотекстилем привело к росту несущей способности конструкции в 2 раза.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. ОДМ 218.5.003-2010. утв. распоряжением Росавтодора от 1 февраля 2010 г. № 71-р, Москва, 2010. -98 с.

2. *Сергеева Е.А., Ибатуллина А.Р., Костина К.Д.* Применение плазменной модификации для улучшения прочностных характеристик арамидного волокна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С. 90...93.

3. *Абдуллина В.Х., Сергеева Е.А., Абдуллин И.Ш., Тихонова В.П.* Гидрофилизация полипропиленовой пленочной нити низкотемпературной плазмой пониженного давления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 4. С. 129.

4. *Сергеева Е.А., Тимошина Ю.А.* Получение волокнистых текстильных материалов с антибактериальными свойствами путем модификации их по-

верхности наночастицами серебра // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №6. С. 108...111.

REFERENCES

1. Rekomendatsii po primeneniyu geosinteticheskikh materialov pri stroitel'stve i remonte avtomobil'nykh dorog. ODM 218.5.003-2010. utv. rasporyazheniem Rosavtodora ot 1 fevralya 2010 g. №71-r, Moskva, 2010. -98 s.

2. Sergeeva E.A., Ibatullina A.R., Kostina K.D. Primenenie plazmennoy modifikatsii dlya uluchsheniya prochnostnykh kharakteristik aramidnogo volokna // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2016, № 1. S. 90...93.

3. Abdullina V.Kh., Sergeeva E.A., Abdullin I.Sh., Tikhonova V.P. Gidrofilizatsiya polipropilenovoy plenochnoy niti nizkotemperaturnoy plazmoy ponizhenogo davleniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2009, № 4. S. 129.

4. Sergeeva E.A., Timoshina Yu.A. Poluchenie voloknistykh tekstil'nykh materialov s antibakterial'nymi svoystvami putem modifikatsii ikh poverkhnosti nanochastitsami srebra // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, №6. S.108...111.

Рекомендована кафедрой конструирования одежды и обуви. Поступила 02.04.18.
