

На правах рукописи



Кашина Наталья Игоревна

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЯЗАНЫХ ГЕОРЕШЕТОК С ЗАДААННЫМИ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

Специальность 05.19.02 – Технология и первичная обработка текстильных
материалов и сырья

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна» на кафедре технологии и художественного проектирования трикотажа.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Баранов Андрей Юрьевич

Официальные оппоненты: **Крутикова Вероника Руслановна**
доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Костромской государственной технологической университет», профессор кафедры технологии и проектирования тканей и трикотажа
Полякова Светлана Валерьевна
кандидат технических наук,
ЗАО «Сэтила из Швеции», технолог

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Защита состоится 10 июня 2014 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.236.01 в ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна» по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18, ауд. 241.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна» по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д.18., www.sutd.ru

Автореферат разослан «15» апреля 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Витковская Раиса Федоровна

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Одним из главных факторов успешной работы в условиях современной рыночной экономики является высокое качество производимой продукции, ее конкурентоспособность, быстрая адаптация к потребностям рынка. Геосинтетические материалы, давно используемые при строительстве и реконструкции дорожных покрытий и объектов, обладают широким спектром варьируемых параметров, определяющих конечные свойства продукта. Подбор определенных соотношений этих параметров позволяет получать материалы с оптимальными эксплуатационными характеристиками, необходимыми для решения конкретной задачи.

В области геосинтетических материалов все больший объем занимают геотекстильные. Сфера их использования достаточно широка: армирование, разделение, фильтрация, дренирование, борьба с эрозией, защита. В соответствии с функциональным назначением геотекстильные материалы должны отвечать определенным требованиям, сводящимся к степени надежности и длительности срока службы, должного уровня соответствия макроструктуры и эксплуатационных свойств. Значительное влияние на рабочие характеристики материала оказывает его строение, обусловленное технологией производства. Так, для армирования асфальтобетонных покрытий в наибольшей степени пригодны георешетки, ячейки которых образованы перекрещиванием ребер. Ячейки обеспечивают сцепление верхних и нижних слоев дорожной одежды, а ребра воспринимают основную растягивающую нагрузку. Таким образом, достигается увеличение структурной прочности асфальтобетонного покрытия.

Особое место среди геотекстильных решеток занимают вязаные. Их характеристики по многим показателям превосходят георешетки других технологий производства: трикотажные решетки отличаются способностью противостоять смещенным относительно осей ребер нагрузкам, высокой степенью фиксации ребер в структуре, возможностью заработки в структуру высокопрочных малорастяжимых нитей повышенной жесткости на изгиб.

Научно обоснованные методы проектирования и прогнозирования свойств вязаных георешеток в настоящее время отсутствуют. Очевидно, что актуальной задачей является разработка геометрических и математических моделей структур вязаных георешеток. Такие модели позволят проектировать необходимые эксплуатационные параметры вязаных георешеток путем совершенствования технологии их производства и отделки.

Цель и задачи исследований. Целью работы является разработка новых структур вязаных георешеток, определение технологических параметров георешеток, получение математических алгоритмов прогнозирования параметров структуры и эксплуатационных свойств. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить существующие структуры геоматериалов, технологии их производства и физико-механические свойства;
- усовершенствовать классификацию геосинтетических материалов;
- рассмотреть геометрические модели структур основовязаного трикотажа,

- изучить возможные конфигурации элементов структуры;
- проанализировать процесс вязания георешеток, рассмотреть моменты петлеобразования, определить оптимальные условия прокладывания уточных нитей, установить максимально возможную толщину уточной нити;
 - построить геометрические модели структур с учетом значительной толщины уточных нитей;
 - разработать структуры вязаных георешёток, удовлетворяющих предъявляемым к ним требованиям;
 - провести испытания георешеток в соответствии с современными ГОСТами.

Методы и средства исследований. Усовершенствование классификации геосинтетических материалов, исследования структур, технологий производства геоматериалов и свойств используемого сырья основывались на анализе научных и патентных источников в соответствующей области.

При разработке структур переплетений и изучении технологического процесса производства вязаных георешеток применялись теоретические и экспериментальные методы с использованием основ технологии трикотажного производства, текстильного материаловедения, сопротивления материалов.

Постановка и проведение экспериментов осуществлялись с помощью математических методов планирования. В качестве испытательного оборудования использовались тензометрическая установка для измерения натяжения нитей, измерительный комплекс Instron 1195, аппарат циклического нагружения Линтел АЦН-20, машина для испытания материалов на разрыв и продавливание РМ-20, камера испытательная световая Geotech UG-7035-UB, оптическая установка MICROCOLOR-2000 250B-LAB. Обработка экспериментальных данных производилась в пакете Microsoft Excel.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

1. Усовершенствована классификация геосинтетических материалов, учитывающая природу их происхождения, технологию получения и макроструктуру;
2. Разработана методика проектирования и расчета технологических параметров основовязаных георешеток с уточными нитями большого поперечного сечения;
3. Разработана методика расчета прочностных характеристик вязаных георешёток;
4. Разработаны и запатентованы петельные структуры вязаных георешеток.

Практическая ценность работы. Представленные в работе теоретические разработки в области моделирования петельной структуры вязаных георешеток, методика расчета прочностных характеристик могут служить научно-методической базой для дальнейшего развития сферы трикотажа технического назначения.

В результате экспериментальных исследований процесса вязания георешеток получены математические модели, которые позволяют регулировать физико-механические характеристики вырабатываемых решеток, оценивать их материалоемкость и устойчивость к разрушению несущих основную нагрузку ребер.

С учетом выявленных теоретических и экспериментальных аспектов разработаны структуры вязаных георешёток, характеризующиеся высокой разрывной прочностью, малым разрывным удлинением и высокой степенью закрепления уточных нитей в структуре.

Полученные в ходе выполнения диссертационной работы результаты могут

использоваться в учебном процессе при подготовке специалистов по направлению 261000 «Технология и проектирование текстильных изделий».

Личный вклад автора состоит в выборе цели исследования, постановке задач, разработке методики экспериментов и их реализации, разработке математических моделей, позволяющих прогнозировать технологические параметры структур и свойства вязаных георешеток, анализе полученных результатов, формулировании выводов. Результаты, представленные в диссертации, отображают самостоятельные исследования автора и работы, выполненные в соавторстве.

Достоверность результатов и обоснованность основных выводов обеспечивается использованием современных методов и средств исследований, адекватностью полученных математических моделей, экспериментальным подтверждением теоретических положений, апробацией результатов на конференциях и в научной печати, получением патентов.

Апробация работы проводилась в процессе выполнения НИОКР «Разработка классификации геосинтетических материалов, применительно к дорожному хозяйству», государственный контракт № 13285.7806342860.08.1.001.1 от 27.11.2008, «Разработка рекомендаций по техническим требованиям к геосинтетическим материалам, применительно к дорожному хозяйству», государственный контракт № 13285.7806342860.08.1.002.2 от 27.11.2008. Основные положения и результаты исследований по теме диссертации доложены и обсуждены на конференциях:

- «Применение геоматериалов при строительстве и реконструкции транспортных объектов», Третья международная научно-техническая конференция (г. Санкт-Петербург, 2013г.);
- «Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы», Международная научная конференция (г. Санкт-Петербург, 2013г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 15 печатных работ, из них 4 в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 6 глав с выводами, общих выводов по работе и списка литературы. Работа изложена на 172 страницах, имеет 115 рисунков, 24 таблицы, список литературы включает 157 наименований.

Содержание работы

Во введении дана краткая характеристика темы диссертации, обоснована ее актуальность, сформулированы цели и задачи исследований.

В первой главе освещены вопросы разработки и применения геосинтетических материалов для инженерных сооружений и дорожного строительства. Изучение видов, свойств и опыта использования материалов для дорожного строительства показал, что весьма перспективными видами являются материалы, полученные по текстильной технологии, а именно по трикотажной с использованием основязального оборудования. В результате анализа технической научной литературы и патентных документов установлено, что интенсивные разработки в области трикотажных материалов для дорожного строительства ведутся не только в нашей стране, но и за рубежом. Большая часть работ охватывает лишь область структурного моделирования с учетом только

технологических аспектов получения материалов. При этом в открытых источниках нет информация об изучении прогнозируемости эксплуатационных свойств в зависимости от вида переплетения, макроструктуры и используемого сырья. В качестве сырья для производства вязаных материалов для инженерных сооружений и дорожного строительства предпочтительно использовать высокопрочные полиэфирные мононити, а также стеклянные и базальтовые ровинги.

Во второй главе представлена усовершенствованная классификация геосинтетических материалов, учитывающая природу их происхождения, технологию получения и макроструктуру. Изучение существовавших классификаций и анализ официального документа ОДМ 2003г. «Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог» выявили отсутствие терминологической ясности и точности определений, что значительно затрудняло выбор, теоретическое обоснование и практическое использование материалов для дорожного строительства. Устранение неточностей в классифицировании геосинтетических материалов осуществлялось в рамках государственного контракта при участии сотрудников ФГБОУ ВПО СПГУТД доц. Баранова А.Ю., проф. Труевцева А.В., специалиста научно-технической группы ООО «Мегатех инжиниринг» Девятилова А.Н., ведущего сотрудника НИИ «ТСК» Медведева Д.В., а также специалистов научно-исследовательских институтов, проектно-подрядных организаций и компаний-производителей геосинтетических материалов. Усовершенствованная классификация впоследствии сформировала ГОСТ Р 55028-2012 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения».

Третья глава посвящена анализу технологического процесса вязания георешеток, разработке технологических режимов их производства. Для выработки трикотажных георешеток используется основовязальное оборудова-

ние с механизмом прокладывания уточных нитей, с системой подачи волокнистого холста. Поэтому толщина утка, характер его прокладывания, толщина провязываемого волокнистого холста, а также натяжение нитей основы и усилие оттяжки определяют качество вырабатываемой георешетки.

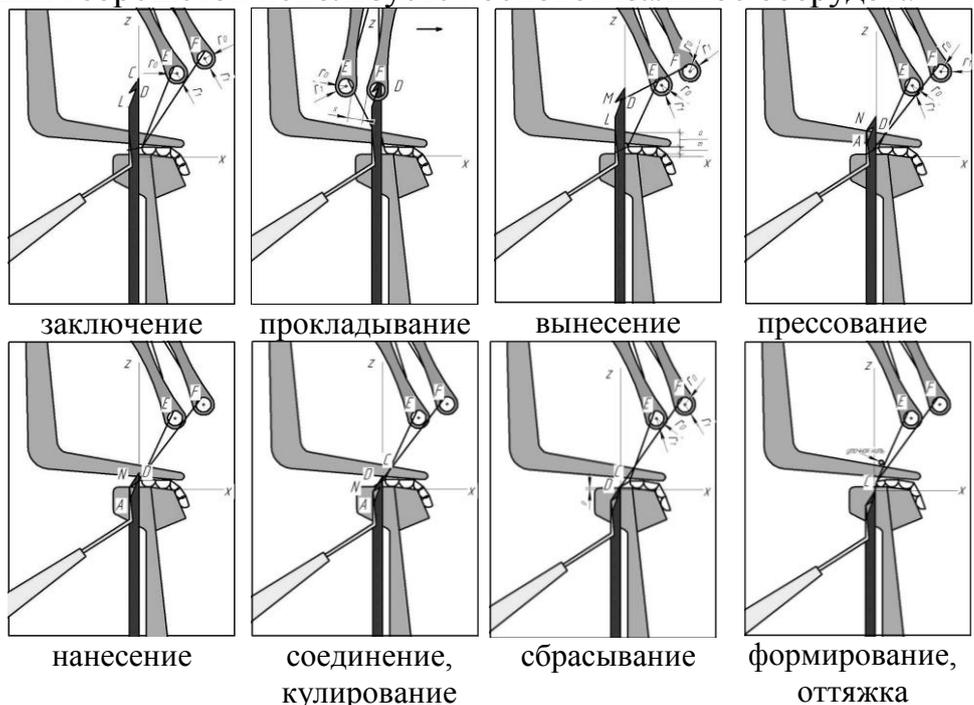


Рис. 1 – Моменты петлеобразования на машине Rasor TR-4V

Рассмотрен процесс петлеобразования на машине Rasop TR-4V фирмы Liba, расположенной в лаборатории кафедры «Технология и художественное проектирование трикотажа» ФГБОУ ВПО СПГУТД (рис.1), с целью определения особенностей процесса вязания при прокладывании уточных нитей значительной толщины на всю ширину игольницы. Для этого в каждый момент петлеобразования положение органов фиксировалось в прямоугольной системе координат XYZ.

Условия работы петлеобразующих органов основовязальной машины Rasop TR-4V:

- | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|
| 1. Заключение | 3. Вынесение | 6. Соединение |
| $z_D = \max$ | $z_M \rightarrow z_D$ | $z_D \rightarrow 0$ |
| $z_A = \max$ | $z_D < z_{D\max}$ | 7. Кулирование |
| $z_A < z_D$ | $x_E > r_1 + d$ | 8. Сбрасывание |
| 2. Прокладывание | 4. Прессование | $x_D = 0$ |
| $ [x_F + (r_1 - r_0)] - [x_E + (r_1 - r_0)] = s = \text{const}$ | $z_D \rightarrow 0$ | 9. Формирование |
| $y_E = \pm 0,5t_{иг}$ | $z_A = \max$ | $z_D < 0$ |
| $y_F = \pm 0,5t_{иг} \pm nt_{иг}$ | $z_A = z_N$ | $z_C < 0, z_C = \min$ |
| $z_C > z_E$ | 5. Нанесение | 10. Оттяжка |
| $z_C < z_E + 1/4r_0$ | $z_D \rightarrow 0$ | $z_C \rightarrow 0$ |
| | $0 < z_M < z_D$ | |

D – внутренняя точка крючка иглы; A – острие замыкателя; r_0 – радиус отверстия ушковины; r_1 – радиус внешнего края ушковины; N – кончик крючка иглы; M – точка соприкосновения нити, образующей полупетлю, с поверхностью стержня иглы.

Полученные координаты перемещений контрольных точек петлеобразующих органов в функции

оборота главного вала машины позволили получить совмещенный график траекторий их движения для определения временного интервала прокладывания утка, в который возможно воздействие на процесс формирования петель грунта минимально (рис. 2). Подведение утка в зону вязания осуществляется в момент, когда иглы находятся ниже верхнего уровня прижимной пластины, а ушковые гребенки – в положении за иглами. Величина перемещения ушковых гребенок зависит от количества участвующих в работе: чем их меньше, тем раньше возможно подведение утка. Таким

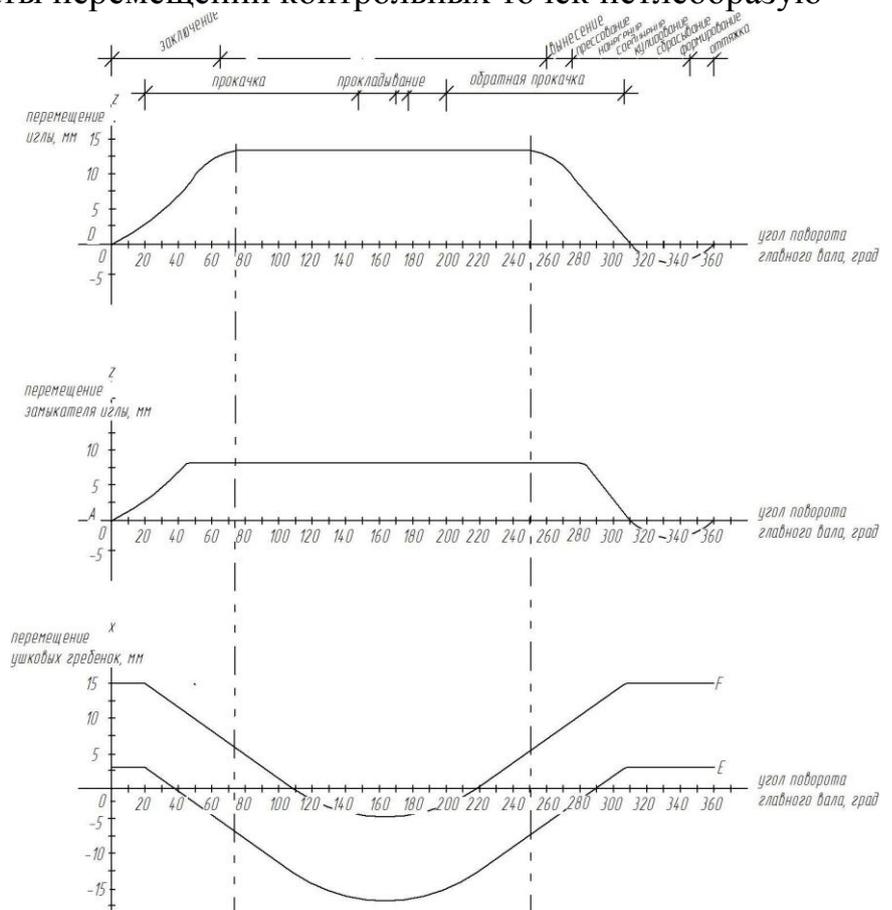


Рис. 2 – Графики движения петлеобразующих органов Rasop TR-4V

Таким образом, чем меньше участвующих в работе, тем раньше возможно подведение утка.

условиям соответствуют моменты нанесения, соединения, кулирования, сбрасывания, формирования и оттяжки. Моменты соединения, кулирования и сбрасывания характеризуются увеличением напряжений в петле. Поэтому следует избегать излишнего давления уточной нитью на нити грунта. Формирование и оттяжка сопровождаются подъемом игл, которые вместе с нитями основы ограничивают горизонтальное перемещение уточных нитей.

Проведен эксперимент для оценки влияния усилия оттяжки на натяжение нитей основы. В результате получена диаграмма натяжения грунтовых нитей, характеризующаяся наличием двух максимальных значений, соответствующих моменту прокладывания грунтовой нити на иглу и моменту кулирования.

Рассчитаны пределы линейных плотностей нитей для переработки на машине Расор TR-4V 12 класса. Максимально возможная толщина грунтовой нити определяется величиной ниточного промежутка при операции сбрасывания. В этот момент ниточный промежуток имеет минимальное значение. Величина ниточного промежутка определяется выражением:

$$x = (t - h - p)/2, \text{ где } t - \text{ игольный шаг машины, мм; } h - \text{ толщина крючка иглы, мм; } p - \text{ толщина отбойной пластины, мм.}$$

Для выбранной модели вязальной машины $x=0,54$ мм. Соотношение между ниточным промежутком и толщиной перерабатываемой нити (с учетом двух нитей, одновременно находящихся под крючком иглы, жесткости игл) для основовязальных машин: $x/d=1,69$, где d – толщина (диаметр) нити, мм. Таким

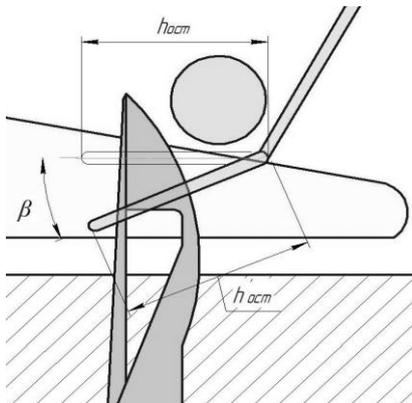


Рис. 4 – Момент нанесения.

Расчет толщины горизонтальной уточной нити

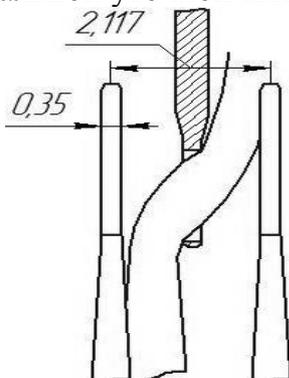


Рис. 5 - Прокачка. Расчет толщины вертикальной уточной нити

образом, максимальный суммарный диаметр двух нитей, попадающих под крючок, составляет 0,32 мм, то есть наибольшая толщина грунтовой нити равняется $d_{гр}=0,16$ мм ($T_{ПЭФ}=22,7$ текс). Соответствующее этой толщине минимальное значение длины нити в петле l_{min} , определяемое величиной игольного шага t и периметром головки иглы $P_{игль}$, которая должна пройти сквозь петлю при операции сбрасывания, составляет $l_{min}=3,14$ мм.

Толщина горизонтальной уточной нити рассчитывается исходя из анализа момента нанесения – момента, с которого возможно прокладывание утка. Промежуток, соответствующий максимальной толщине уточной нити, находится между осью движения острия иглы и грунтовой нитью, идущей от петли к ушковой гребенке (рис.4). В результате вычислений выявлено, что максимальный диаметр горизонтальной уточной нити соответствует 5,5 мм ($T_{ПЭФ}=26,9$ ктекс). Толщина прокладываемой уточной нити зависит от толщины нетканого полотна.

Толщина вертикальной уточной нити (рис.5) ограничивается размером отверстия ушковины (1,55 мм) и промежутком между иглами, через которое

уточная нить должна пройти (1,72 мм). Следовательно, толщина вертикальной уточной нити не должна превышать 1,55 мм ($T_{ПЭФ}=2,14$ ктекс).

В четвертой главе рассмотрены теоретические положения в области проектирования структур основвязанных переплетений для производства георешеток для дорожного строительства.

Уменьшить степень удлинения трикотажных полотен и повысить их прочность можно введением в их структуру дополнительных нитей – футерных, уточных – а также использованием платированных переплетений (при полной проборке грунтовых гребенок). Сравнительный анализ структур с футерными и уточными нитями одинаковой линейной плотности и при равных условиях производства показал, что удлинение футерованных переплетений несколько больше, чем уточных. Это объясняется наличием изогнутых участков футерных нитей, которые при приложении нагрузки распрямляются, тем самым повышают величину удлинения переплетения. К тому же происходит деформация петельной структуры за счет изменения формы петли распрямляющейся футерной нитью. При одинаковых условиях производства максимально возможный поперечный диаметр футерной нити не может превосходить максимально возможный поперечный диаметр горизонтальных уточных нитей в связи с ограниченной величиной игольного шага (футерные нити прокладываются на иглы и затем отводятся к старым петлям).

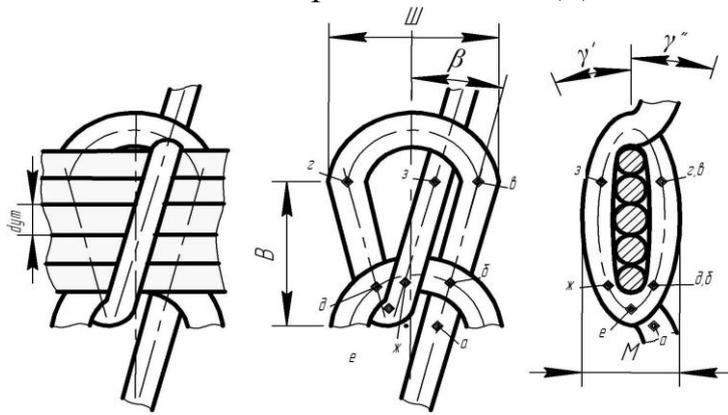
Использование платированных переплетений, в состав которых входят переплетения с различной растяжимостью в разных направлениях, позволяет понизить степень удлинения в соответствующих направлениях за счет ориентации протяжек относительно этого курса. Недостатком платированного трикотажа является его значительная материалоемкость, хотя при использовании одного вида сырья он обладает более высокими показателями прочности по сравнению с уточными и футерованными переплетениями за счет образования остовов петель несколькими нитями. Положительные свойства основвязанного платированного трикотажа могут быть использованы при проектировании структур георешеток для дорожного строительства с введением дополнительных нитей (уточных) значительного поперечного диаметра.

Длительное функционирование вязаной георешетки в конструкции дорожной одежды обеспечивается надежным закреплением воспринимающих основную нагрузку уточных нитей в структуре, обусловленным характером их расположения. Условия и направления сдвигов гребенок за иглами при прокладывании вертикальных уточных нитей определяют макроструктуру основвязанного трикотажа. Если уточная нить не прокладывается за иглами, то она ложится между петельными столбиками и видна с лицевой стороны. Если уточные нити прокладываются за иглами, но не пересекаются нитями грунта, то уток окажется на изнаночной стороне между петельными столбиками. Комбинируя варианты прокладывания уточной нити можно проектировать разнообразные структуры вязаных георешеток.

Во втором параграфе рассмотрены возможные конфигурации поперечного сечения уточных нитей в петельной структуре. Форма сечения, которая может быть плоской, эллипсовидной или в виде круга, обуславливает толщину

георешетки, что в свою очередь предопределяет область ее использования: для армирования слоев асфальтобетона подойдут решетки с плоским поперечным сечением утка, но с небольшими размерами ячеек и шириной ребра георешетки для наилучшей адгезии слоев. В противном случае слои не смогут образовать единую конструкцию вместе с георешеткой, растягивающие усилия будут воспринимать в первую очередь верхний слой до разрушения. Решетка с круглой поперечной формой сечения утка может быть использована для усиления основания: заполненные щебнем ячейки образуют плиту средней жесткости, которая перераспределяет нагрузку в процессе эксплуатации.

Получены геометрические модели петельной структуры основовязанной георешетки с уточными нитями различного поперечного сечения, показана степень влияния на длину нити в петле диаметра грунтовых и уточных нитей, а также их взаимного расположения. Длина нити в петле переплетения цепочка с



уточными нитями, лежащими в одной плоскости (рис.6):

$$l = \overline{ab} + \overline{bv} + \overline{v\bar{g}} + \overline{g\bar{d}} + \overline{d\bar{e}\bar{ж}} + \overline{ж\bar{z}}$$

$$\overline{ab} = 0,5\pi(d_{yt} + d_{гр})$$

$$\overline{ж\bar{z}} = \overline{g\bar{d}} = \overline{v\bar{b}} = B - 1,5d_{гр}$$

$$\overline{v\bar{g}} = 1,5\pi d_{гр}$$

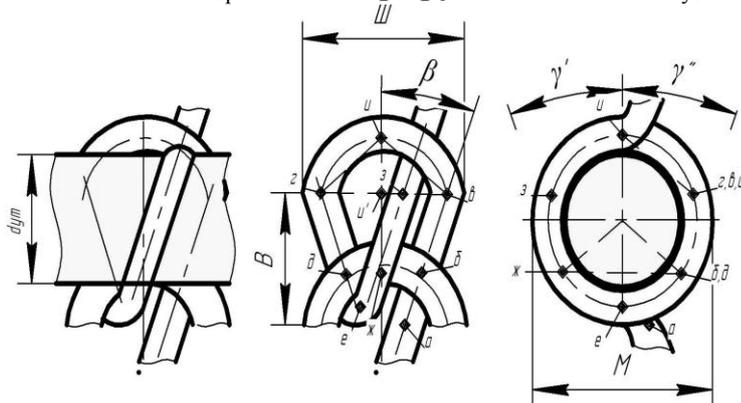
$$\overline{d\bar{e}\bar{ж}} = 0,5\pi(d_{yt} + d_{гр})$$

$$l = \pi(d_{ym} + d_{gp}) - 3d_{gp} + 3B$$

Высота петельного ряда В петли цепочки с уточными нитями плоского поперечного сечения вычисляется как сумма

диаметров нитей петли: $B = 2d_{гр} + nd_{yt}$, где n – число уточных нитей, находящихся в остане петли, $d_{гр}$ – диаметр грунтовой нити, d_{yt} – диаметр одной уточины.

Длина нити в петле переплетения цепочка с уточными нитями круглого поперечного сечения (рис.7):



Длина нити в петле переплетения цепочка с уточными нитями круглого поперечного сечения (рис.7):

$$l = \overline{ab} + \overline{bv} + \overline{v\bar{g}} + \overline{g\bar{d}} + \overline{d\bar{e}\bar{ж}} + \overline{ж\bar{z}}$$

$$\overline{ab} = 0,5\pi(d_{yt} + d_{гр})$$

$$\overline{ж\bar{z}} = \overline{g\bar{d}} = \overline{v\bar{b}} = B - 1,5d_{гр}$$

$$\overline{v\bar{g}} = 2,12\pi d_{гр}$$

$$\overline{d\bar{e}\bar{ж}} = 0,25\pi(d_{yt} + d_{гр})$$

$$l = \pi(0,75d_{ym} + 2,87d_{gp}) - 4,5d_{gp} + 3B$$

Высота петельного ряда В петли цепочки с уточной нитью

круглого поперечного сечения вычисляется по формуле: $B = 2d_{гр} + nd_{yt}$, где n=1.

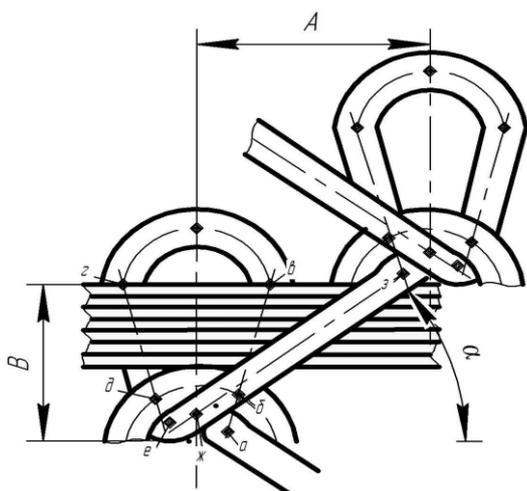


Рис. 8 - Геометрическая модель трико с уточными нитями

Длина нити в петле переплетения трико с уточными нитями круглого поперечного сечения: $l=4,35d_{zp}+2B+1,5\pi d_{ym}$.

Длина нити в петле переплетения трико с уточными нитями, расположенными в одной плоскости (рис.8): $l=9,53d_{zp}+4,91d_{ym}+3nd_{ym}$.

Для проверки полученных расчётных формул на основовязальной машине Расор TR 4-V 12E в одинаковых условиях были изготовлены и исследованы образцы одногребёночных переплетений с горизонтальным расположением уточных нитей по всей ширине полотна. В качестве сырья были использованы полиэфирные нити. Для

сравнения приведены расчетные значения показателей по методике Марисовой О.И. Установлено, что отклонения от фактического значения длины нити в петле цепочки и трико по предложенным в диссертации расчетным формулам меньше, чем полученные по методике Марисовой О.И. (цепочка - 16% и 43% соответственно, трико - 17% и 46% соответственно). Предполагается, что выведенная разница в значениях (16% и 17%) обусловлена некоторым уплотнением и сплющиванием уточного ровинга в петле, в результате чего форма поперечного сечения становится эллипсовидной.

Представлен алгоритм расчета заправочных данных на вязание георешетки с уточными нитями, имеющими различную форму поперечного сечения в структуре. Исходными данными при проектировании заправки являются параметры решетки: высота ячейки, ширина ячейки, ширина и толщина вертикального и горизонтального ребра.

В четвертом параграфе представлен расчет теоретической разрывной прочности вязаной георешетки. В основе методики лежит задача определения зависимости разрывной прочности уточной нити от ее линейной плотности. В результате исследований механических свойств используемых в качестве утка полиэфирных комплексных моноплетей получены график и уравнение зависимости разрывной прочности уточной нити от линейной плотности: $P_{абс}=11,7+0,69\sum T$, где $\sum T$ – суммарная линейная плотность уточных нитей, приходящаяся на 1 м.

Полученное уравнение позволяет вычислить теоретическую удельную разрывную прочность вязаной георешетки по следующему алгоритму:

1. Определение класса вязальной машины, структуры вязаной георешетки (раппорта прокладывания уточных нитей);
2. Выбор линейной плотности уточных нитей, T , текс;
3. Определение количества уточных нитей на 1 м, K ;
4. Определение суммарной линейной плотности уточных нитей на 1 м, Текс: $\sum T = K \cdot T$, где K – количество уточных нитей на 1 м, T – линейная плотность уточных нитей;
5. Определение абсолютного разрывного усилия $P_{абс}$, сН вязаной георешетки по ранее выведенному уравнению на основе полученной зависимости абсолютного разрывного усилия полиэфирных нитей от линейной плотности этих нитей.

Предлагаемая методика позволяет проектировать вязаные георешетки с необходимыми технологическими и механическими характеристиками.

На основании проведенного анализа структур и свойств основовязаных переплетений, используемых при производстве вязаных георешеток, разработаны и запатентованы структуры основовязаного трикотажа для дорожного строительства и композиционных материалов, отличающиеся хорошим закреплением утка и имеющие постоянную или переменную прочность, поверхностную плотность и жесткость структуры.

В пятой главе проведены исследования зависимостей характеристик вязаных георешеток от технологических параметров их выработки. Критерием качественной оценки георешеток служат надежность фиксации несущих основную нагрузку ребер в структуре и устойчивость петельной структуры к деформациям. Поэтому в ходе экспериментов определялись значения длины нити в петле l , мм и усилие, необходимое для вытягивания утка k , кг. Исследуемыми структурами были выбраны цепочка-уток и трико-уток, полученные на машине Расор TR 4-V. В качестве грунтовых нитей использовались полиэфирные нити линейной плотностью 12 текс, а в качестве утка – полиэфирные комплексные монопилы 470 текс, 2350 текс. За факторы варьирования технологического процесса выработки георешеток выбраны: x_1 - натяжение основы, сН; x_2 - угол поворота оттяжного вала, град.; x_3 - толщина уточной нити, мм. Технологические условия выработки полотна описываются нелинейным полиномом второго порядка. В результате исследований получены следующие уравнения регрессии:

1. Для длины нити в петле цепочка:

$$y_1 = 3,24 + 0,1x_2 + 2,34x_3;$$

2. Для длины нити в петле трико:

$$y_2 = 3,78 - 0,12x_1 + 0,46x_2 + 2,59x_3 + 0,51x_2x_3 - 0,1x_1x_2x_3;$$

3. Для усилия вытягивания утка из переплетения цепочка:

$$y_3 = 0,31 + 0,09x_1 + 0,1x_2 - 0,04x_3 - 0,02x_1x_2 - 0,07x_1x_3 - 0,045x_2x_3;$$

4. Для усилия вытягивания утка из переплетения трико:

$$y_4 = 0,35 + 0,12x_1 + 0,1x_2 - 0,04x_3 - 0,04x_1x_2 - 0,05x_1x_3 - 0,02x_2x_3.$$

Полученные уравнения регрессии отражают степень и характер влияния переменных управляемых факторов на протекание технологического процесса вязания. Установлено, что длина нити в петле цепочки и трико в большей степени зависит от линейной плотности уточной нити: с увеличением толщины утка возрастает величина длины нити в петле. На величину усилия, необходимого для вытягивания уточной нити из структуры цепочки и трико, оказывают влияние натяжение основы и усилие оттяжки: с увеличением этих показателей повышается величина выходного параметра. Влияние толщины уточной нити на усилие выдергивания утка минимально, поэтому им можно пренебречь. Получены поверхности отклика и их сечения, позволяющие определить установочные параметры вязания георешеток с уточными нитями с заданными эксплуатационными свойствами.

Шестая глава посвящена исследованию физико-механических и химических характеристик георешеток различных технологий производства. Для испытаний были отобраны образцы георешеток различных технологий

производства (георешетка тканая 40*40, георешетка вязаная с подложной 35*35, георешетка экструдированная 40*40, георешетка вязаная 20*20, георешетка вязаная 35*35, георешетка вязаная 40*40).

В состав проводимых исследований по определению эксплуатационных свойств георешеток входят испытания на соответствие техническим требованиям, включающие в себя определение прочности при растяжении в продольном и поперечном направлениях, определение относительного удлинения при максимальной нагрузке в продольном и поперечном направлениях, определение устойчивости к ультрафиолетовому излучению, агрессивным средам, определение морозостойкости и теплостойкости. Методики испытаний образцов регламентированы ГОСТ Р 55030-2012, ГОСТ Р 55031-2012, ГОСТ Р 55032-2012, ГОСТ Р 55033-2012, ГОСТ Р 55034-2012, ГОСТ Р 55035-2012. Дополнительным исследованием, позволяющими визуально оценить характер повреждений георешеток после испытаний, является анализ образцов под микроскопом.

В ходе эксперимента выявлено, что натурные испытания на полигоне обеспечивают больший эффект, нежели лабораторные: показатели повреждаемости на полигоне выше, чем лабораторные показатели. На механические свойства георешеток в основном оказывают влияние технология производства и размеры ячеек (рис. 9), устойчивость к погодным условиям и влиянию УФ-облучения (рис.10) определяется в большей степени природой происхождения и видом используемого сырья, хемостойкость георешеток зависит от вида используемого сырья (рис. 11).

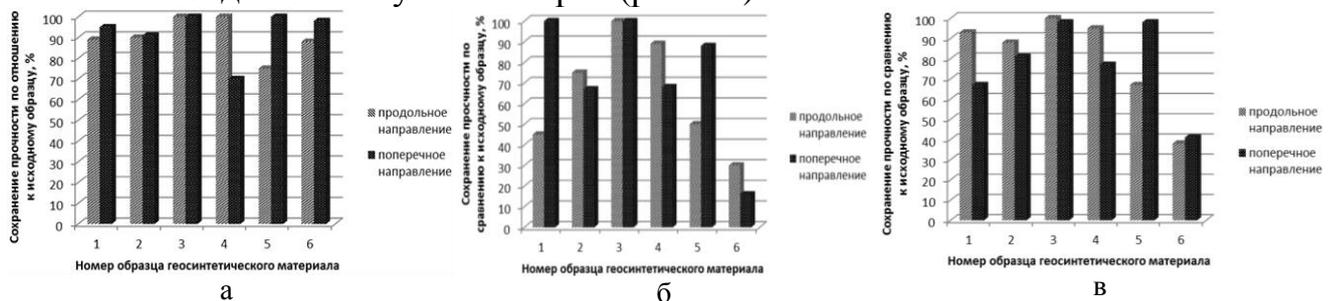


Рис. 9 – а) Сохранение прочности после испытаний на механическую повреждаемость в лаборатории; б) Сохранение прочности после испытаний на механическую повреждаемость щебнем на полигоне; в) Сохранение прочности после испытаний на механическую повреждаемость песком на полигоне

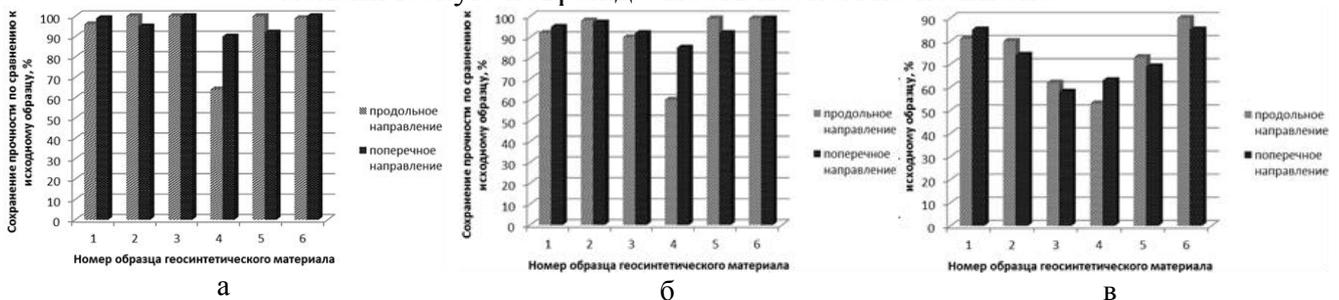


Рис.10 – а) Сохранение прочности после испытаний на стойкость к ультрафиолетовому облучению; б) Сохранение прочности после испытаний на стойкость к погодным условиям после 1,3 мес.; в) Сохранение прочности после испытаний на стойкость к погодным условиям после 12 мес.



Рис. 11 – а) Сохранение на прочность после испытаний на стойкость к щелочной среде; б) Сохранение на прочность после испытаний на стойкость к кислотной среде

В четвертом параграфе пятой главы представлен анализ микро- и макроструктуры образцов геосинтетических материалов для визуальной оценки характера повреждений, проведенный на оптической установке MICROCOLOR-2000 250B-LAB.

Общие выводы по работе

1. Разработаны вязаные георешетки с уточными нитями, предназначенные для дорожного строительства и используемые в качестве армирующего компонента.
2. Усовершенствована классификация геосинтетических материалов для дорожного строительства. Установлено, что наиболее гибко варьируемым спектром характеристик обладают георешетки, изготовленные по текстильной технологии, а именно по трикотажной с использованием основовязального оборудования.
3. Предложена методика определения максимально возможной толщины уточных нитей для производства трикотажных георешеток на основовязальном оборудовании.
4. Разработаны теоретические положения в области проектирования малорастяжимых структур основовязанных георешёток, согласно которым спроектировано и запатентовано 5 структур вязаных георешеток для дорожного строительства и композиционных материалов.
5. Предложена геометрическая модель петли вязаной георешетки с учетом изменения ее формы уточными нитями большого диаметра. Разработана методика расчета технологических параметров георешеток в зависимости от толщины и формы поперечного сечения уточной нити.
6. Разработана методика проектирования разрывной прочности вязаной георешетки с уточными нитями.
7. По результатам трехфакторного эксперимента установлены характер и степень влияния на длину нити в петле поперечного диаметра уточной нити, натяжения основы и усилия оттяжки.
8. По результатам трехфакторного эксперимента установлены характер и степень влияния на усилие вытягивания уточной нити из структуры поперечного диаметра уточной нити, натяжения основы и усилия оттяжки.
9. Получены диаграммы, позволяющие выбирать установочные параметры вязания георешеток с уточными нитями с заданными эксплуатационными свойствами.
10. Исследованы физико-механические и эксплуатационные свойства георешеток различных технологий производства, сырьевого состава и размеров

ячеек. Установлено, что механические свойства георешеток в основном определяются технологией производства и размером ячеек; устойчивость к погодным условиям и УФ-облучению зависит от технологии производства и вида используемого сырья; хемостойкость – от вида используемого сырья.

Публикации, отражающие содержание работы

Статьи, опубликованные в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ

1. Баранов, А.Ю. Разработка терминологии и классификации геосинтетических материалов. Сообщение 1/ А.Ю. Баранов, А.В. Труевцев, А.Н. Девятилов, Н.И. Касаткина// Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2010. – № 2(8). – С.22-25.
2. Баранов, А.Ю. Разработка терминологии и классификации геосинтетических материалов. Сообщение 2/ А.Ю. Баранов, А.В. Труевцев, А.Н. Девятилов, Н.И. Касаткина // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2010. – № 4(10). – С.3-5.
3. Баранов, А.Ю. Разработка терминологии и классификации геосинтетических материалов. Сообщение 3/ А.Ю. Баранов, А.В. Труевцев, А.Н. Девятилов, Н.И. Касаткина // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2011. – № 1(11). – С.19-23.
4. Кашина, Н.И. Особенности расчета технологических параметров георешеток вязаных/ Н.И. Кашина, А.Ю. Баранов// Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2013. – № 1. – С.26-29.

Статьи, материалы конференций и тезисы докладов

5. Труевцев, А.В. Научные основы классифицирования геосинтетических материалов. Типы геосинтетических материалов/ А.В. Труевцев, А.Ю. Баранов, А.Н. Девятилов, Н.И. Касаткина// Мир дорог. – 2009. - № 44 . – С.69-71.
6. Труевцев, А.В. Научные основы классифицирования геосинтетических материалов. Классы геосинтетических материалов/ А.В. Труевцев, А.Ю. Баранов, А.Н. Девятилов, Н.И. Касаткина// Мир дорог. – 2010. - № 45 . – С.68-69
7. Труевцев, А.В. Научные основы классифицирования геосинтетических материалов. Виды геосинтетических материалов/ А.В. Труевцев, А.Ю. Баранов, А.Н. Девятилов, Н.И. Касаткина// Мир дорог. – 2010. - № 44 . – С.42-45.
8. Кашина, Н.И. Методики испытаний геосинтетических материалов/ Н.И. Кашина, А.Ю. Баранов// Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна: сборник научных трудов: в 4-х ч. / СПГУТД. - СПб.: СПГУТД, 2011. Ч.1, С.48-51.
9. Кашина, Н.И. Геотекстильные трикотажные материалы для инженерных сооружений и дорожного строительства/ Н.И. Кашина, А.Ю. Баранов, А.Н. Девятилов// Материалы III международной научно-технической конференции «Применение геоматериалов при строительстве и реконструкции транспортных объектов», 15-16 мая 2013 г. - СПб, 2013. – С.23-26.
10. Труевцев, А.В. Использование трикотажа как наполнителя композиционных материалов/ А.В. Труевцев, А.Ю. Баранов, К.А. Молоснов, Н.И. Кашина// Материалы международной научной конференции

«Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы, 12-16 мая 2013 г. – СПб, 2013. – С. 24-25.

Патенты

11. Пат.113200 Российская Федерация, МПК В32В 7/02. Решетка для композиционных материалов / Баранов А.Ю., Кашина Н.И., Абрамова И.В., заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна». – № 2011123321. заявл. 08.06.2011, опубл. 10.02.2012, Бюл. № 4 . – 10 с.: ил.
12. Пат.113742 Российская Федерация, МПК D04D 21/16. Основовязаная решетка для армирования / Баранов А.Ю., Макаров А.Г., Кашина Н.И., заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна». – № 2011127721. заявл. 06.07.2011, опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6 . – 9 с.: ил.
13. Пат.112864 Российская Федерация, МПК В32В 7/02. Основовязаная решетка для армирования / Баранов А.Ю., Артемьева Е.Н., Кашина Н.И., заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна». – № 2011127721. заявл. 06.07.2011, опубл. 27.01.2012, Бюл. № 6 . – 11 с.: ил.
14. Пат.2482232 Российская Федерация, МПК D04В 21/16. Решетка для армирования / Баранов А.Ю., Надточеева В.М., Кашина Н.И., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна». – № 2011149437. заявл. 05.12.2011, опубл. 20.05.2013, Бюл. № 14 . – 11 с.: ил.
15. Пат.125519 Российская Федерация, МПК В32В 7/02. Основовязаная мультиаксиальная решетка для армирования / Баранов А.Ю., Макаров А.Г., Деятелилов А.Н., Кашина Н.И., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна». – № 2012114533. заявл. 12.04.2012, опубл. 10.03.2013, Бюл. № 7 . – 8 с.: ил.