

УДК 677.011.021.1

Н.В. ТУЛУЧЕНКО

Херсонський національний технічний університет

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО В ТЕХНІЧНОМУ ТЕКСТИЛІ

У статті досліджуються проблеми використання льону олійного в технічному текстилі для дорожнього покриття, а саме використання геополотен. Описуються властивості синтетичного тканого геотекстилю та технічного текстилю з вмістом льону олійного. Виконано порівняльний аналіз властивостей різних видів полімерів та волокон на їх основі. Перераховані основні вимоги до геотекстильних полотен для дорожнього покриття. Представлені основні характеристики геосинтетиків, незалежно від складу вихідних матеріалів. Багато уваги приділяється властивостям поліпропіленових, поліамідних та поліефірних волокон. Зроблений висновок, що є перспективним використання льону олійного у складі технічного текстилю для дорожнього покриття.

Ключові слова: льон олійний, технічний текстиль, тканый геотекстиль, дорожнє покриття.

Н.В. ТУЛУЧЕНКО

Херсонський національний технічний університет

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ТЕХНИЧЕСКОМ ТЕКСТИЛЕ

В статье исследуются проблемы использования льна масличного в техническом текстиле для дорожного покрытия, а именно использование геополотен. Описываются свойства синтетического тканого геотекстиля и технического текстиля с содержанием льна масличного. Выполнен сравнительный анализ свойств различных видов полимеров и волокон на их основе. Перечислены основные требования к геотекстильным полотнам для дорожного покрытия. Представлены основные характеристики геосинтетиков, независимо от состава исходных материалов. Много внимания уделяется свойствам полипропиленовых, полиамидных и полиэфирных волокон. Сделан вывод, что является перспективным использование льна масличного в составе технического текстиля для дорожного покрытия.

Ключевые слова: лен масличный, технический текстиль, тканый геотекстиль, дорожное покрытие.

N.V. TULUCHENKO

Kherson National Technical University

THE PROBLEMS OF FLAX OIL USING IN TECHNICAL TEXTILES

The problems of linseed use in technical textiles for road surface, namely the use of geoloths are investigated. The properties of synthetic woven geotextiles and technical textiles containing linseed are described. The comparative analysis of the properties of different types of polymers and fibers based on them are fulfilled. The basic requirements for geo-textile cloths for road surface are listed. The basic characteristics of geosynthetics, regardless of the composition starting materials, are represented. Much attention is given to the properties of polypropylene, polyamide and polyester fibers. It was concluded that using of flax oil as part of technical textiles for road surface is promising.

Keywords: flax oil, technical textiles, woven geotextiles, road surface.

Постановка проблеми

За останній час в Україні спостерігається тенденція зростання площ посівів льону олійного. Так, у 2014 році під цією культурою було зайнято 34,4 тис. га. Нажаль, дотепер льон олійний вирощується виключно з метою отримання насіння, яке практично повністю експортується. Урожайність соломи льону олійного складає приблизно 2 т з гектара, тобто за 2014 рік було отримано 68 тис. тон соломи льону олійного. При використанні певної технології із трести льону олійного можна отримати 11% чистого волокна, яке придатне для виготовлення технічного текстилю. Стебла даної культури в нашій країні не перероблюються, тому така цінна целюлозомістка сировина, як волокно льону олійного, залишається невикористовуваною [1].

Однією з найгостріших проблем на Україні є незадовільний стан дорожнього покриття. Сучасне будівництво доріг передбачає використання інноваційних технологій та матеріалів, які б забезпечили довговічність і належну якість дорожнього полотна. Найбільш ефективним способом укріплення дорожнього полотна, на даний момент є використання текстильних полотен з вкладенням льняного

волокна. Використання волокна льону олійного для цих цілей має сприяти зниженню матеріалоемності дорожнього покриття, збільшенню строку його експлуатації та його укріпленню.

У Росії розроблений проект тканини для дорожнього полотна, який адаптований під технологічні можливості бавовняного підприємства "ТК "КХБК", яке розташоване у Волгоградській області. Даний проект розроблений для поліамідного волокна з вкладенням льняного волокна [2]. У дорожніх конструкціях в Україні не використовують технічний текстиль з вкладенням лляних волокон, незважаючи на більш ніж достатню кількість вихідної сировини. До того ж не встановлена придатність до виконання покладених функцій такого текстилю для дорожнього покриття. Тому є актуальним питання створення технічної тканини для дорожнього полотна з включенням волокон льону олійного. Проте, яким єдиним вимогам має відповідати такий вид текстилю, невизначено та несистематизовано.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз вітчизняних робіт, які присвячені вивченню можливостей використання текстильних полотен для формування дорожніх покриттів, показує, що використання технічних тканин в Україні з цією метою невідомо. У публікаціях науковців Європи та США, які присвячені аналізу можливостей застосування геотекстилю, опублікована велика кількість робіт (наприклад, [3], [4]), які пов'язані з таким продуктом із синтетичних волокон. Широком є використання, для дорожнього будівництва у складі геотекстилю, джуту в Індії, що обумовлюється наявністю сировинної бази. Цьому питанню присвячені публікації [5], [6], [7]. Натомість в Україні наявна інша луб'яна культура, яка є доступною для нашого регіону. Тому є обумовленим питання використання льону олійного для використання у сільському господарстві, зокрема у складі дорожнього полотна.

У Російській Федерації Зав'яловим О.О. в роботі [2] наведені результати розробки технологічного режиму вироблення технічної тканини з поліаміду та льону олійного для формування дорожнього покриття. За результатами дослідження класичних і сучасних методів формування дорожнього покриття, які використовують текстильні полотна для його укріплення, вибрана технічна тканина, що володіє у порівнянні з трикотажними і нетканими полотнами покращеними фізико-механічними показниками. На основі необхідних експлуатаційних характеристик технічної тканини проведено проектування тканини по заданій пористості, в результаті якого були отримані заправні параметри технічної тканини. Для запропонованого технологічного режиму вироблення технічної тканини для дорожнього покриття проведений розрахунок техніко-економічних показників ткацького виробництва, який дозволяє оцінити ефективність впровадження в виробництво технічної тканини.

Формулювання мети дослідження

Зважаючи на наявність в Україні льону олійного як недорогої сировини для геотекстилю та актуальності питання використання технічного текстилю для дорожнього покриття, дослідити та систематизувати номенклатуру властивостей, яким має відповідати технічний текстиль з вкладенням волокон льону олійного для дорожнього полотна. Визначити, які з них є переважаючими, та описати значення цих показників.

Викладення основного матеріалу дослідження

Тканий геотекстиль (геотканина) – це геотекстиль, який виготовлений у результаті прямокутного переплетення двох або більшої кількості ниток / смуг [8]. Ткані матеріали застосовуються в тих випадках і ситуаціях, коли потрібно компенсувати дефіцит силових факторів у слабких основах або шарах дорожніх одягів (зокрема у відкосах різної крутизни) [9].

Враховуючи дані нормативних документів, галузі використання та характеристику асортименту, основними волокнами, з яких виготовляються геотекстильні матеріали, є поліетилен, поліпропілен, поліестер, поліамід. Варто зазначити, що закордоном більш широко застосовуються поліпропіленові волокна, в Україні – поліестер. У даній роботі не розглядаються волокна постспоживчої або вторинної переробки. Широкий розвиток виробництва поліефірних волокон обумовлює доступність вихідної сировини. Найбільш поширеним є застосування мають поліетилентерефталатні (ПЕТ) волокна, що отримують із поліефіру шляхом поліконденсації терефталевої кислоти і етиленгліколя. У різних країнах дані волокна виробляють під власними назвами: у колишньому СРСР – лавсан, Німеччина – ланон, США – дакрон, кодел.

Синтез поліетилентерефталату був здійснений у 1939-1941 рр. Виробництво поліетилентерефталатних волокон "Терилен" (Terilene) почали у 1951 р. На фірмі Imperial Chemical Industries Ltd. (Великобританія). Під час виробництва ПЕТ волокон використовують: каталізатори, що збільшують швидкість полімеризації; фосфатні сполуки, що знижують термічний розклад під час обробки в розплавленому стані; інгібітори старіння, що збільшують опір УФ-випромінюванню. ПЕТ волокна мають круглу форму на поперечному перерізі та високо орієнтовану напівкристалічну структуру. Як правило, волокна характеризуються високою хімічною стійкістю до дії багатьох речовин, таких як солі, органічні розчинники і вуглеводні. Однак, під впливом певних умов вони можуть бути чутливими до дії неорганічних кислот, неорганічних і органічних основ, бензилового спирту та галогенованих фенолів. Висока лужність навколишнього середовища сприяє гідролізу ефірних груп,

наявність яких впливає на довговічність матеріалів. Незважаючи на молекулярну структуру, яка є менш чутливою до дії подразнювачів, у ПЕТ волокнах протікають реакції окислення під дією тепла (термоокислення) і опромінювання (фотоокислення), для запобігання яким використовують стабілізатори. У сухому та вологому стані міцність волокон практично не змінюється. Ці волокна характеризуються стійкістю форми. За показником стійкості до стирання ПЕТ волокна в 4-4,5 рази поступаються поліамідним, але чим вищою є міцність волокон, тим вони менш стійкі до стирання. Вони гідрофобні – водопоглинання складає 0,4% при відносній вологості повітря 65%. ПЕТ волокна зазвичай їх застосовують тоді, коли необхідно надати матеріалу високої змочуваності. Особливістю волокон є також їх стійкість до змін температур. Так, при -50°C міцність збільшується на 35-40%, після нагрівання протягом 1000 год при 150°C – втрата міцності становить не більше 50%. Таким чином, геотекстильні матеріали із ПЕТ волокон мають хімічну стійкість до кількох класів хімічних речовин; стійкість до внутрішньої реорганізації ланцюга (повзучості) при температурах до 60°C . Проблемними залишаються здатність до гідролізу в лужному або кислому середовищі, мікробіологічна деградація при критичних умовах, у меншій мірі, окислення. Для покращення експлуатаційних властивостей розглянуті матеріали доцільно піддавати додатковій стабілізуючій обробці [10].

Промислове виробництво поліпропіленових (ПП) волокон "Мераклон" (Meraklon) було започатковане у 1959 р. італійською фірмою Polymer Chemische SpA. ПП волокна відомі під такими назвами: "Алстрон" (Великобританія), "Велон", "Пролен", "Ривон", "Олан" (США), "Моплен" (Швеція), "Вестолен" (Німеччина). Формування ПП здійснюють із розплаву на прядильних машинах екструдерного типу без доступу повітря у присутності антиоксидантів. ПП волокна мають структуру, що складається із атомів карбону і водню та метилових груп, які розташовані уздовж основного ланцюга. Ці групи обмежують рухливість (повзучість), впливаючи при цьому на поведінку матеріалу. Таким чином, ПП зберігає свої механічні властивості при підвищених температурах. Крім цього, ПП волокна піддаються окисленню за рахунок слабких зв'язків між карбоном та воднем, а тому потребують стабілізації. ПП волокна, що використовуються для виробництва геотекстильних матеріалів, мають високу хімічну та мікробіологічну стійкість. Поліпропілен під час спалювання перетворюється у вуглекислий газ і водяну пару, що забезпечує екологічне виробництво та утилізацію.

Крім ПП, серед олефінових волокон використовують поліетилен у бікомпонентних волокнах. У чистому вигляді для геотекстильних матеріалів поліетилен практично не застосовують. Так, ПП волокна стають крихкими та втрачають свою удароміцність, коли температура є нижчою, ніж температура склування, що значно обмежує застосування цих волокон. Однак, дана проблема вирішується модифікацією структури ПП сополімерами, наприклад, етилен-пропіленом. Ці сополімери характеризуються низькою температурою молекулярного руху та поглинають і розсіюють енергію, тим самим запобігають деструкції.

Поліамідні волокна застосовують у невеликих кількостях у вигляді штапельних волокон та для виготовлення нетканих матеріалів за технологією спанбонд. Такі геотекстилі, в основному, використовують для укріплення підоснови під час укладання дорожнього покриття [10].

Технічна тканина з поліамідного волокна, в порівнянні з трикотажними полотнами і нетканими матеріалами при формуванні дорожнього покриття, має низку переваг. Так, в порівнянні з трикотажними і нетканими полотнами тканини володіють більш високою стійкістю до багатоциклових і напівциклових навантажень, що важливо для вирішення завдання зміцнення дорожніх покриттів. Для поліамідної тканини відносна міцність в поздовжньому напрямку становить $20,6 \text{ даН} \cdot \text{м}/\text{г}$, в поперечному напрямку – $7,6 \text{ даН} \cdot \text{м}/\text{г}$. Для трикотажного полотна відносна міцність в поздовжньому напрямку становить $4,3 \text{ даН} \cdot \text{м}/\text{г}$, в поперечному напрямку – $3,7 \text{ даН} \cdot \text{м}/\text{г}$. Для нетканого полотна відносна міцність в поздовжньому напрямку становить $5,6 \text{ даН} \cdot \text{м}/\text{г}$, в поперечному напрямку – $2 \text{ даН} \cdot \text{м}/\text{г}$. Поліамідне волокно з 15% вкладенням льняного волокна характеризується, в порівнянні з натуральними і штучними волокнами, високою міцністю при розтягуванні (до $90 \text{ сН}/\text{текс}$), високою стійкістю до стирання (перевершує бавовну в 10 разів, а вовна – в 20 разів), високою стійкістю до багаторазового згинання, високою хімічною стійкістю, морозостійкістю і великою стійкістю до дії мікроорганізмів, хоча саме поліамідне волокно без вкладення льону олійного стоїть на другому місці після поліефіру за всіма показниками [2].

Вибір поліамідної сировини для виробництва технічних тканин є оптимальним, оскільки до текстильних полотен для дорожнього покриття пред'являються підвищені вимоги:

- 1) морозостійкість в небезпечних з точки зору мерзлоти ґрунтах протягом усього терміну служба
- 2) конструкції (40 років);
- 3) висока стійкість до багаторазових навантажень;
- 4) низька абсорбція води при дифузії;
- 5) високий ступінь опору впливу промерзання / відтавання у вологому середовищі;
- 6) простота і безпека використання технічної тканини в будівельній технології.

Заправні параметри технічної тканини із суміші поліаміду та льону олійного наступні: ширина тканини 180 см, лінійна щільність ниток основи і утка 50 текс; пористість $R = 31,1\%$; щільність тканини по основи $P_o = 181 \text{ нит/дм}$; щільність тканини по утку $P_y = 8 \text{ нит/дм}$; уробіток ниток основи $a_o = 0,1\%$; уробіток ниток утки $a_y = 4,1\%$; коефіцієнт наповнення тканини по утку $K_{Hy} = 0,04$ [2].

Порівняльна характеристика властивостей ПП, ПЕТ та поліамідних волокон представлена у табл. 1. Як видно з таблиці, значення показників даних волокон наближуються один до одного, однак, вибір того чи іншого волокна повинен проводитися з урахуванням функцій геотекстильних матеріалів [10].

Характеристики геотекстилю, незалежно від складу вихідних матеріалів, класифікуються наступним чином:

- 1) фізичні властивості: питома вага, вага, щільність, жорсткість, товщина;
- 2) механічні властивості: гранична міцність, розривна міцність, драпірування, сумісність, гнучкість, міцність на розтяг, опір тертю;
- 3) гідравлічні властивості: пористість, проникність, фільтраційна довжина, транзитивність каламутність / утримання ґрунту, діелектрична проникність;
- 4) автономні властивості: подовження, стійкість до стирання, довжина засмічення і передачі і т.п. [11].

Іноді виділяють ще й п'яту групу властивостей – деградаційні, а саме біодеградація, гідролітичне розкладення, фотодеградація, хімічна деградація, механодеструкція (інша деградація відбувається через напад гризунів, термітів і т.д.) [12].

Таблиця 1

Порівняння властивостей полімерів та волокон на їх основі

Показники	Волокна (нитки)		
	поліпропіленові	поліефірні	поліамідні
Властивості полімеру			
Густина, г/см ³	0,93	1,38	1,14
Температура плавлення, °С	175	265	214
Температура склування, °С	– (12-20)	90-100	40-45
Вологість, %	0	0,4	4,5
Теплота згорання, кДж/кг	40000	23000	31000
Властивості волокон (ниток)			
Відносне розривне зусилля, сН/текс	35-50	35-50	35-50
Видовження на момент розриву, %	40-60	30-50	40-50
Еластичне відновлення, % (при початковій деформації 10%)	98-100	60-65	95-98

Усі чотири групи властивостей є важливими, загальноприйнятою є думка, що переважаючими є фізичні і механічні властивості. Так, у роботі [9] для тканого геотекстилю виробленого переважно з поліефіру та поліпропілену найважливішими вважають такі фізико-механічні властивості: номінальна міцність при розриві, відносне подовження для номінальної міцності, міцність при заданій деформації, модуль пружності, межа повзучості, деформація і приріст деформації при повзучості, хімо- і світлостійкість, міцність при проколюванні конусом, несуча здатність (СВР), щільність, товщина, водопроникність, коефіцієнт зовнішнього тертя [9]. Проте відповідно до ГБНВ.2.3-37641918-544:2014 "Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги" основними властивостями геосинтетичних тканин для дорожнього полотна в Україні наведені в табл. 2 [13].

Значна частина пошкоджень і руйнувань на автомобільних дорогах пов'язана з недостатньою міцністю земляного полотна. Як показують результати вітчизняних і зарубіжних досліджень, одним з ефективних рішень щодо підвищення якості будівництва земляного полотна є застосування синтетичних полотен (СП) різних типів, зокрема тканих. Одержуваний ефект, як правило, обумовлюється комплексним впливом СП на режим роботи дорожньої конструкції в цілому. Вони сприймають діючі в ґрунті розтягуючі напруження і тим самим компенсують його нездатність "працювати" на розтяг, що призводить до підвищення міцності і зниження деформативності земляного полотна. У цьому випадку СП виконують функцію арматури.

Високий коефіцієнт фільтрації багатьох СП дає можливість застосовувати їх в якості свого роду дренажних шарів. У той же час шляхом нескладної обробки поверхні полотнищ бітумом або іншими водонепроникними матеріалами можна надати їм гідроізолюючі властивості і захистити ґрунти від поверхневих або ґрунтових вод. Синтетичні полотна являються також захисними шарами, що перешкоджають змішуванню перезволожених ґрунтів з матеріалами основи дорожнього одягу або насипу і проникненню глинистих часток в вищерозміщені шари, що, в поєднанні з деяким розподілом сил пучення такими шарами, знижує пучинонебезпечність.

Високопродуктивна технологія виготовлення СП (у тому числі з відходів виробництв) і порівняно невелика їх вартість, зручна форма поставки і простота застосування, невелика маса і досить висока міцність у поєднанні зі стійкістю до різного роду агресивним впливам привернули увагу фахівців-дорожників [9]. Але одним з методів здешевлення вихідних матеріалів і значної екологізації готового продукту є включення волокон льону олійного в ці синтетичні полотна. Це дозволяє отримати новий більш затребуваний текстильний матеріал, основним призначенням якого є армування і дренаж дорожнього покриття з метою збільшення терміну його використання та зменшення шкоди навколишньому середовищу. Найбільш ефективним для цих заходів є використання текстильних полотнищ. Крім того, для кожного міста України з текстильним підприємством актуальною є задача підвищення рентабельності їх роботи. Традиційно в Україні виробляються тканини побутового призначення, які в даний час конкурують на внутрішньому і зовнішньому ринку з аналогічними тканинами китайських виробників. Тому рішення цих двох завдань – будівництво доріг, на основі використання сучасних інноваційних технологій і розширення асортименту продукції, що випускається, за рахунок включення в номенклатуру вироблених виробів технічних тканин для формування дорожнього полотна, що приводить до підвищення рентабельності підприємства, дозволить комплексно вирішити ці завдання в інтересах розвитку міст. Тому розробка технологічного режиму вироблення тканини для дорожнього покриття, впровадження цих технологій на текстильних підприємствах дозволить вирішити завдання підвищення конкурентоспроможності текстильних підприємств [2].

Таблиця 2

Характеристики деяких геосинтетиків

Назва показника	Одиниця вимірювання	Норма
Фізичні властивості		
Поверхнева щільність	$\rho / \text{м}^2$	135–2000
Товщина	мм	0,25–7,5
Механічні властивості		
Грейферна міцність	кН	0,45–4,5
Міцність на розтяг: - для розділення - для розділення - для армування	кН/м	9 – 13 13 – 30 30 – 1200
Міцність на втому (витривалість)	кількість циклів	50–100
Міцність на роздирання	Н	90–1300
Статичне проколювання плунжером	Н	45–450
Коефіцієнт зсуву	%	60–100
Анкерна міцність матеріалу при вириванні з масиву ґрунту	% (від міцності геотекстилю)	50–100
Гідравлічні властивості		
Характерний розмір отворів	мм	2,0–0,075
Фільтруюча здатність матеріалу	c^{-1}	0,02–2,2
Дренажна здатність матеріалу під навантаженням	$\text{м}^2 / \text{хв}$	0,01–2,0·10 ⁻³
Стійкість		
Пошкоджуваність при вкладанні	% (від міцності геотекстилю)	0–70
Стійкість до агресивних середовищ		
Температурна деградація (при дії високих температур, гаряча вода, гарячий асфальтобетон тощо тощо)	°C	для волокон АСМ – не менше 170; для геотекстильної підложки – не більше 130

Висновки

1. За результатами дослідження виявлені основні характеристики геотекстилю з синтетичних волокон та готового матеріалу.

2. Дослідження питання поліпшення стану доріг за рахунок використання технічного текстилю є пріоритетним для сьогодення. При цьому особливу увагу слід приділити пошуку шляхів зменшення собівартості цього полотна. Одним із підходів до розв'язання цього питання є включення до складу геотекстилю волокон льону олійного.

3. Подальші дослідження пов'язані з пошуком можливостей використання у технічних полотнах льону олійного для дорожнього покриття, а саме встановленням співвідношень складових та їх вплив на властивості готового полотна. Домінуючим також є вивчення перспективи створення такого текстилю з найкращими показниками на вітчизняних підприємствах з урахуванням їх виробничих потужностей, що дозволить розширити асортимент тканин на підприємствах та підвищити рентабельність роботи текстильних підприємств.

Список використаної літератури

1. Официальный сайт компании "ProAgro". Преимущества выращивания масличного льна [Электронный ресурс] // Агросфера. – 2015. – №7. – Режим доступа: <http://www.proagro.com.ua/news/ukr/4089979.html>
2. Завьялов А.А. Разработка технологического режима выработки технической ткани, используемой для формирования дорожного покрытия [Электронный ресурс] / А.А. Завьялов, М.В. Назарова, В.Ю. Романов, С.Ю. Бойко // Современные проблемы науки и образования. – Камышин, Россия: Камышинский технологический институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения "Волгоградский государственный технический университет", 2011. – № 6. – Режим доступа: www.science-education.ru/100-5063
3. Annand S. Designer natural fiber geotextiles – a new concept / S. Annand // Indian Journal of Fibre and Textile Research. – №33. – 2008. – С. 339-344.
4. Wilmers W. The use of geosynthetics in road constructions German regulations at the philosophy behind /W/ Wilmers [Electronic resource] Mode of access: http://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fprofile%2FWilhelm_Wilmers%2Fpublication
5. Khan A.J. Quality control of jute geotextiles and development of testing facilities [Electronic resource] Mode of access: http://ijret.org/Volumes/V03/I02/IJRET_110302067.pdf
6. Ghosh S.K. A review on jute geotextiles / S.K. Ghosh, R. Bhattacharyya, M.M. Mondal // International Journal of Research in Engineering and Technology. – №2. – 2014. – С. 378-386.
7. Ghosh S.K. An analytical study on test standarts for assessment of jute geotextiles for global acceptance / S.K. Ghosh, R. Bhattacharyya // International Journal of Research in Engineering and Technology. – №12. – 2013. – С. 457-463.
8. Официальный сайт компании "Геотекстиль". Тканый и нетканый геотекстиль [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.geotekstil.ru/articles/article03>
9. Львович Ю.М. Геосинтетические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве / Ю.М. Львович // Автомоб. дороги: Обзоры, информ. – Информавтодор. – Вып. 7. – М., 2002. – 166 с.
10. Кириченко О.В. Застосування хімічних волокон у виробництві геотекстильних матеріалів / О.В. Кириченко // Товарознавчий вісник. – №6. – 2013. – С. 61-65.
11. Sharma U. Application of Geotextiles in Pavement Drainage Systems [Electronic resource] / U. Sharma, Ab. Kanaoungob, An. Khatri // International Journal of Civil Engineering Research. – № 4. – 2014. – PP. 385-390. – Mode of access: <http://www.ripublication.com/ijcer.htm>
12. Bipin J Agrawal. Geotextile: it's application to civil engineering – overview [Electronic resource] / Agrawal J Bipin // National Conference on Recent Trends in Engineering & Technology in 13-14 of May, 2011. – Mode of access: <http://www.bvmengineering.ac.in/docs/published%20papers/civilstruct/struct/101052.pdf>
13. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 – Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги – Діючий с 01.01.2015 за постановою міністерства інфраструктури України від 02.09.2014 за наказом № 428. – К., 2014. – 143 с.
14. Перков Ю.Р. Применение синтетических тканых и нетканых материалов в дорожном строительстве / Ю.Р. Перков, А.П. Фомин // Стр-во и эксплуатация автомоб. дорог: Обзорн. информ. – ЦБНТИ Минавтодора РСФСР – Вып. 4. – М., 1979. – 61 с.