

## Список літератури

1. Alexa Internet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.alexa.com>.
2. Geosrbija | Pronađi. Poveži. Prikaži. | Геосрбијагоо [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://geosrbija.rs/>
3. **Бавровська Н.М.** Особенности функционирования национальной кадастровой системы Украины в 2013 году / **Н.М. Бавровська, А.В. Гришина** // Наука и экономика. – 2013. – № 1. – С. 107–111.
4. Геоінформаційний портал ГИС-асоціації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.trimble.com/vrsinstallations.shtml>.
5. Директива Європейського парламенту і ради 2007/2/ЄС від 14 березня 2007 року про створення інфраструктури просторової інформації у Європейському співтоваристві (Inspire) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_002-07#text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_002-07#text).
6. **Заяць В.М.** Інвентаризація земель як інструмент формування державного земельного кадастру / **В.М. Заяць, Н.М. Бавровська, Н.В. Мединська, О.В. Тихенко**. – К.: ЦП «Компринт», 2016. – 280 с.
7. Земельний кодекс України [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. – 2001. – Режим доступу: <https://goo.gl/jnT3A2>.
8. **Карпінський Ю.О.** Еталонна модель бази топографічних даних / **Ю.О. Карпінський, А. А. Лященко, Р.В. Рунець** // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 2. – С. 28–36.
9. **Карпінський Ю.О.** Концептуальні засади оцінювання та забезпечення якості геопросторових даних / **Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, М.В. Горковчук** // Вісник геодезії та картографії. – 2012. – № 4. – С. 33–42
10. **Карпінський Ю.О.** Системотехнічні аспекти формування топологічного земельно–кадастрового покриття / **Ю.О. Карпінський**. – 2015. – № 5–6. – С. 62–68
11. **Карпінський Ю.О.** Склад і принципи розроблення національного профілю стандартів з географічної інформації / **Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Окада Ясуюкі** // Інженерна геодезія. – 2016. – Вип. 63. – С. 110–121.
12. **Карпінський Ю.О.** Уніфікація структури, правил кодування та цифрового опису векторних моделей у базах топографічних даних / **Ю.О. Карпінський, А. А. Лященко, Р. В. Рунець** // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 5. – С. 35–41
13. **Лященко А. А.** Принципи цифрового подання та організації зберігання містобудівної документації в геоінформаційній системі містобудівного кадастру / **А. А. Лященко, Д. В. Горковчук, Ю. С. Максимова, М.М. Шматько** // Вісник геодезії та картографії. – 2015. – № 4. – С. 31–37.
14. **Мартин А.Г.** Формування кадастрово-реєстраційної системи в Україні: моногр. / **А.Г. Мартин, О.В. Тихенко**. – К.: Медінформ, 2015. – 580 с.
15. Постанова КМ «Про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру» [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України. – 2015. – Режим доступу: <https://goo.gl/r6XdTk>.
16. **Тихенко О.В.** Стан та проблеми земельного кадастру в Україні / **О.В. Тихенко** // Землеустрій, кадастр та охорона земель в Україні: сучасний стан, Європейські перспективи: Матер. міжнар. конф., присвяченої 20–річчю створення факультету землевпорядкування. – К.: МПБП «Гордон», 2016. – 236 с.
17. **Тревого І.** Стан і перспективи використання кадастрової карти України / **І. Тревого, Ю. Карпінський** // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2013. – Вип. 2. – С. 137.
18. **Юрченко І.В.** Управління земельними ресурсами в контексті реалізації земельно–кадастрової політики Європейського Союзу / **І.В. Юрченко** // Економіка агропромислового комплексу. – К., 2017. – № 9. – С. 63–66.

Рукопис подано до редакції 14.03.2022

УДК 624.131

Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук., проф., Д.А. КРІШКО, канд. техн. наук, ст. викл.,  
В.О. САВЕНКО, канд. тех. наук, молод. наук. співроб., К.В. БАЛЕЦЬКА, магістрант  
Криворізький національний університет

## КЛАСИФІКАЦІЯ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Мета.** Надання розширеної класифікації геосинтетичних матеріалів за різними характеристиками, розгляд основних способів їх застосування кожного типу геосинтетика залежно від його індивідуальних властивостей.

**Методи дослідження.** У будівельній практиці застосування геосинтетичних матеріалів стрімко зростає. Вони використовуються в дорожньому, гідротехнічному, екологічному, підземному будівництві, а також для стабілізації ерозійних процесів ґрунтів. Це пов'язано зі збільшенням рівня складності та відповідальності архітектурних та будівельних рішень у спеціальних інженерно-геологічних умовах, наростаючим процесом урбанізацією регіонів та підвищенням щільності забудови. У цих умовах виникає необхідність застосування нових технологій, матеріалів та конструкцій, що забезпечують підвищення надійності та безпеки будівництва.

**Наукова новизна.** Була дана розгорнута класифікація за такими параметрами: наявність унікальних властивостей, структурою, проникністю, формою та змістом, наявність функціональних особливостей.

**Практична значимість.** При будівництві на техногенних ґрунтах, що характеризуються значною неоднорідністю фізико-механічних властивостей, можливою наявністю порожнин, використання геосинтетиків дає можливість запобігти суффозійним процесам і підвищити надійність конструкцій. Ефект армування геосинтетиками також широко використовується при будівництві підірних ґрунтових споруд і закріпленні укосів ґрунту з кутом закладення вище нормативного, що в ряді випадків служить альтернативою бетонним і кам'яним підірним стінам. Такі рішення мають суттєві технічні переваги і є економічно вигідним під час виконання робіт у обмежених умовах міської забудови.

**Результати.** Значне розширення номенклатури синтетичних та композитних матеріалів, поліпшення їх фізико-механічних характеристик призведе до більших обсягів їх використання, забезпечить високий рівень конструктивних рішень, дасть поштовх нових технологіям будівництва автошляхів та у сукупності призведе до істотного зниження використання природних ресурсів та виконання екологічних вимог.

**Ключові слова:** геосинтетичні матеріали; класифікація; георешітки; геосітки.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-56-63

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** Геосинтетичні матеріали застосовують у будівництві кілька десятків років. Перші з них використовувалися як дренаючі та розділяючі прошарки. Георешітки та геосітки вперше були використані для підвищення несучої здатності ґрунтів за допомогою армування масиву смугами геосинтетиків. З розвитком хімічної промисловості для армування масиву ґрунту стали застосовувати неткані геотекстилі, а згодом і високоміцні синтетичні геоткани та геосітки. Для опору ерозійним процесам ґрунтів спочатку використовувалися стільникові конструкції з поліетилену, геотекстилі та георешітки. Пізніше з'явилися спеціальні протиерозійні мати, що моделюють кореневу систему рослин та захищають поверхні укосів ґрунту [1-3].

**Аналіз останніх досліджень.** У будівельній практиці застосування геосинтетичних матеріалів стрімко зростає. Вони використовуються в дорожньому, гідротехнічному, екологічному, підземному будівництві, а також для стабілізації ерозійних процесів ґрунтів. Це пов'язано зі збільшенням рівня складності та відповідальності архітектурних та будівельних рішень у спеціальних інженерно-геологічних умовах, наростаючим процесом урбанізацією регіонів та підвищенням щільності забудови. У цих умовах виникає необхідність застосування нових технологій, матеріалів та конструкцій, що забезпечують підвищення надійності та безпеки будівництва. Геосинтетичні матеріали все частіше застосовуються при будівництві у складних інженерно-геологічних умовах для підвищення несучої здатності основ шляхом його армування. У ряді випадків вони дозволяють відмовитися від заміни ґрунтів або влаштування пальових фундаментів на користь фундаментів дрібного закладання [4-6].

При будівництві на техногенних ґрунтах, що характеризуються значною неоднорідністю фізико-механічних властивостей, можливою наявністю порожнин, використання геосинтетиків дає можливість запобігти суффозійним процесам і підвищити надійність конструкцій. Ефект армування геосинтетиками також широко використовується при будівництві підірних ґрунтових споруд і закріпленні укосів ґрунту з кутом закладення вище нормативного, що в ряді випадків служить альтернативою бетонним і кам'яним підірним стінам. Такі рішення мають суттєві технічні переваги і є економічно вигідним під час виконання робіт у обмежених умовах міської забудови [7-9].

Армування ґрунту геосинтетичними матеріалами дозволяє підвищити його несучу здатність за рахунок прийняття розтягуючи зусиль, що виникають у ґрунтовому масиві. Геосинтетиками мають хорошу здатність до подовження і скорочення довжини після зняття розтягуючих напружень, високим розривним навантаженням, великою гнучкістю і здатністю витримувати точкові навантаження зі збереженням вихідних розмірів. Передача зусиль на армуючі елементи досягається через дотичні напруження в геосинтетичці, що виникають на контакті геосинтетичного матеріалу та ґрунту. Чим вище значення граничних дотичних напружень контакту (контактна міцність), тим повніше виникає ефект армування [10-12].

У геотехніці найбільшого поширення геосинтетичні матеріали набули у дорожньому будівництві та гідротехнічних спорудах. Переважно вони використовуються для армування ґрунту

під дорожнім полотном та армування самого полотна. Серед основних переваг армування, розробники цього рішення відзначають ефекти підвищення надійності роботи основи та дорожнього полотна при динамічних впливах, дії води, локальних деформацій ґрунту та дії зосереджених навантажень [13-39].

**Постановка задачі.** Щороку для здійснення проектів будівельних споруд всього світу пропонується застосовувати геосинтетку. Існують дві основні причини такого її поширення. Економічна сторона пов'язана з дешевшим, менш витратним і як наслідок вигіднішим будівництвом, ремонтом та утриманням різних автомобільних магістралей та доріг, залізничних колій. У світлі екологічного аспекту геосинтетичні матеріали розглядають як можливість знизити кількість використовуваних природних ресурсів і тим самим сприятливо вплинути на стан навколишнього середовища. Також при застосуванні геосинтетиків як доповнюючі матеріали в будівництві, можна збільшити термін служби споруд та досягти високого рівня виробництва робіт, тим самим зменшуючи відсоток недоробок і браку, а також підвищити культурну сторону виробництва.

Метою дослідження є надання розширеної класифікації геосинтетичних матеріалів за різними характеристиками, розгляд основних способів їх застосування кожного типу геосинтетика залежно від його індивідуальних властивостей.

**Виклад матеріалу і результати.** Геосинтетичні матеріали – загальна класифікаційна термінологія для всіх видів синтетичних матеріалів, що використовуються у різних галузях будівництва. Наразі номенклатура геосинтетичних матеріалів налічує близько 400 видів, які активно застосовуються у більшості галузей будівництва. Але це не є кінцевою точкою розвитку геосинтетиків. Потреби якості, економічності та екологічності будівництва зростають, а разом з ними поповнюється список синтезованих на даний момент геосинтетиків. У класифікації, запропонованій Міжнародним геосинтетичним суспільством, до геосинтетиків належать різні матеріали: текстиль, гума та пластик, бітумо-полімерні мембрани, бентоніти. Всі ці матеріали мають такі загальні характеристики: вони випускаються в рулонах (завширшки від 1,0 м до 6,0 м), іноді в панелях. Всі вони повністю готові до використання під час геотехнічних робіт.

Геосинтетичні матеріали мають ряд унікальних властивостей: високою міцністю; хімічну стійкість; довговічністю (термін експлуатації до 100 років); високою температуростійкістю; низькою матеріаломісткістю; невеликою вагою.

За структурою геосинтетичні матеріали поділяються на: геотекстиль; георешітки; геосітки; геокомпозити; геомати; геокамери; геомембрани.

По проникності геосинтетики розбивають на 5 категорій: ізоляційні; вологонепроникні; газонепроникні; фільтруючі; дренажні.

За формою та змістом матеріали поділяються на: сипкі, рулонні та геопени.

За ступенем деформованості під дією навантаження поділяються на: нерозтяжні, розтяжні та надрозтяжні.

Розширення номенклатури геосинтетиків, вдосконалення технологій виробництва, а також доведена економічна ефективність слугують вагомим приводом для розширення хімічного виробництва матеріалів, що призводить до зниження вартості на композити.



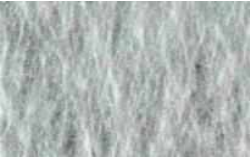




Більш детальна інформація про геосинтетичні матеріали представлена в табл. 1.

Геосинтетичні матеріали є перспективними будівельними матеріалами, застосування яких дозволяє помістити на новий рівень технології будівництва, а також дотриматися всіх вимог екологічної безпеки до об'єктів, що споруджуються. Також важливою перевагою застосування геосинтетиків є їх порівняно мала вартість, тому застосування геосіток для армування асфальтобетону дає можливість знижувати товщину останнього до 20%, що дає істотну перевагу з точки зору економіки виробництва.

Геосинтетик, залежно від його конструктивних особливостей та матеріалу виготовлення, може виконувати одну або кілька функцій одночасно.

Найбільш відомі функції геосинтетичних матеріалів зведено до табл. 2.



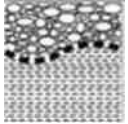
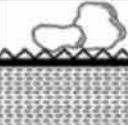

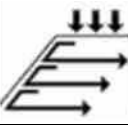
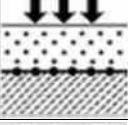
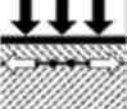
## Класифікація геосинтетичних матеріалів

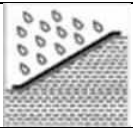
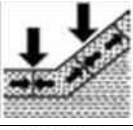

Геосинтетик	Вид	Зображення	Характеристики матеріалу	Застосування	Матеріал
1	2	3	4	5	6
Геотекстиль	Тканий		Виготовляється із взаємно перпендикулярних ниток. У цьому використовуються дві чи кілька смуг сировинного матеріалу. Жорсткість матеріалу збільшується пропорційно деформації, що надає йому додаткову міцність на розтягнення.	Ефективний для застосування в дорожньому, гідротехнічному та тру-бопроводному будівництві, а також у сфері ландшафтного дизайну. Матеріал найменше впливає на навколишнє середовище за мінімальних витрат.	Полімерний текстильний матеріал, виготовлений у вигляді пластин або рулонів. Найчастіше виготовляється із поліпропілену.
	Нетканий		Виготовляється з нескінченних волокон. Нитки розташовані випадковим чином і пов'язані між собою голкопробивним, термообробленим способом або просоченим хімічним складом. Залежно від довжини ниток відрізняються нетканий геотекстиль суцільного волокна і з коротких ниток.	Водопроникність однаково висока як поперек плоскості полотна, так і вздовж неї. Нетканий геотекстиль істотно збільшує опір дорожнього полотна навантаженням на розтягнення.	
	В'язаний		Складається із волокон, з'єднаних між собою спеціальною системою. Не є монолітною структурою.	Прекрасно виконує функції дренажу та поділу середовищ.	
Георешітка	Одноосні		Решітка з довгими і тонкими отворами, які мають високу міцність у напрямку довжини рулону.	Відмінний матеріал для армування ґрунтових стін, засад мостів, схилів і земляних насипів, а також у локальних місцях, що мають слабку основу.	Георешітки виготовляються з поліетилену або поліпропілену
	Двохосні		Решітка з квадратними отворами. Опір деформації більше у районі вузлів решітки, ніж у ребрах. Міцність однакова у напрямках довжини та ширини.	Застосовуються для армування зернистого заповнювача в дорожньому будівництві, для зміцнення слабких основ, посилення підбаластного шару.	
Геосітки			Сітки можуть пропитуватися спеціальним полімерним складом, який забезпечує стабільність структури сітки і високе розривне навантаження.	Застосовуються для армування автошляхів на слабких ґрунтах.	Рулонні матеріали, що мають пористу структуру, для заповнення сипучими матеріалами. Виготовляються з полімерних ниток або стрічок
Геокомпозити			Решітки витримують однакове навантаження в кожній точці, включаючи місця з'єднання (вузли). Це дозволяє решітці блокуватися всередині асфальтової суміші та забезпечувати надійну міцність конструкції.	Використовується в дорожньому будівництві, а також у сфері ландшафтного дизайну, для армування ґрунтових стін, засад мостів, схилів та земляних насипів.	Представляє собою комбінацію полімерного матеріалу з (георешітки) геотекстилем.

1	2	3	4	5	6
Геомат		Об'ємна конструкція з високою опірністю ерозійним навантаженням, що дозволяє витримувати руйнування, що походить від рослинного покриву.	Застосовується для схи-лів та захисту відко-сів ерозійних процесів, і навіть їх озеленення.	Рулонний компо-зитний матеріал, який склада-ється з геосітки об'ємно-го матеріалу, що забез-печує фіксацію коре-невої системи.	
Геокамери		Добре пропускає повітря і воду, стійкий до більшості можливих нега-тивних факторів середо-вища і не піддається руй-нуванню в результаті ультрафіоле-тового впли-	Застосовується у сфері передового доро-жнього будівництва, а також для створення гідротехніч-них споруд.	Гнучка тривимірна кон-струкція, виготов-лена із скріплених між собою полімерних стрі-чок, що утворюють осередки однакового розміру та форми.	
Геомембрана		Ізоляційний матері-ал, що не пропускає воду, по-вітря, а також органічні та неорганічні матеріали.	Застосовуються для створення гідроізо-лю-ючих прошарків. Є найкращою основою для створення захисних екранів на полігонах ТПВ.	Полімер плоскої листо-вої структури	

Таблиця 2

## Функціональні особливості геосинтетиків

Функція	Символ	Матеріал	Опис
1	2	3	4
Фільтрування		Геотекстиль, геокомпозити	Висока здатність геосинтетиків пропускати воду, утримуючи на контактній поверхні частинки ґрунту та сміття.
Дренаж		Георешітки, геокомпозити	Дренажні властивості геосинтетиків чудово сприяють відво-ду рідин з фундаментів, підвалів. Однак, з часом виявилось, що вони можуть погіршуватися при глибоководному дрена-жуванні через злипання волокон через високий тиск.
Розділення		Геотекстиль, геокомпозити	Запобігає перемішуванню двох різних ґрунтів або матері-алів.
Забезпечення безпеки		Нетканий геотекстиль, геосітки, геокомпозити	Геосинтетик захищає від пошкоджень структуру кон-струкції, а також матеріал з якого вона виготовлена.
Гідроізоляція		Геомембрани, геокомпозити	Бар'єр для рідких засобів. Зменшує або виключає приплив води в робочі шари. Активно використовується при будів-ництві гідротехнічних споруд.
Посилення стін/укосів		Одновісні георешітки, тканий геотекстиль	Застосування георешіток для зміцнення укосів за рахунок розподілу розтягуючих зусиль в товщі ґрунту.
Посилення слабких ґрунтів		Георешітки двовісні, геотекстиль, геокомпозити	Збільшення несучої здатності ґрунту у зоні пісків та боліт.
Посилення асфальту, бетону		Георешітки двовісні, геотекстиль	Геосинтетики підвищують витривалість, міцність та опір розтягуванню у асфальтобетону.

1	2	3	4
Контроль ерозії та стабілізація поверхонь		геомати геоосередки біомати біосітки	Запобігає відокремленню та переміщенню ґрунту внаслідок погодних явищ. Забезпечує протиерозійний шар. Здатність геосинтетиків перешкоджати ковзанню по поверхні.
Огородження		геоачейки	Опір бічному переміщенню ґрунтових мас, особливо при прокладанні трубопроводів
Захист поверхні після реставрації		георешітки геотекстиль	Запобігає взаємопроникненню контактуючих шарів, вирішуючи цим проблему дзеркальних тріщин, яка властива старим дорогам.

Перед тим, як віддати перевагу якомусь із видів геосинтетичного матеріалу, важливо мати уявлення про те, що властивості кожного з них залежать від структури застосовуваних для їх виробництва полімерів. А це в свою чергу визначає такі характеристики, як стійкість до перепадів температур, міцність, надійність, довговічність, здатність протистояти будь-яким агресивним факторам довкілля.

Неможливо досягти успіху у використанні геосинтетичних матеріалів, якщо не слідувати чітко всім інструкціям та правилам їх застосування. Укладати геосинтетики необхідно на рівну поверхню. Осідання безпосередньо пов'язане із забезпеченням необхідного натягу. Також дуже важливим моментом є дотримання всіх правил і норм щодо з'єднання геосинтетичних матеріалів та утворення нахлеста між ними, внаслідок чого має вийти єдине полотно. Щоб не погіршити якості та отримати задоволення від очікуваного, необхідно обов'язково виконати всі рекомендації.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Було представлено розгорнуту класифікацію за такими параметрами: наявність унікальних властивостей, структурою, проникністю, формою і змістом, наявність функціональних особливостей. Значне розширення номенклатури синтетичних та композитних матеріалів, поліпшення їх фізико-механічних характеристик призведе до більших обсягів їх використання, забезпечить високий рівень конструктивних рішень, дасть поштовх нових технологіям будівництва автошляхів та у сукупності призведе до істотного зниження використання природних ресурсів та виконання екологічних вимог.

#### Список літератури

1. **Татьянников Д. А.** Изучение механических характеристик геосинтетических материалов для определения реальной несущей способности армированных фундаментных подушек // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 6 (53). – С. 121-127.
2. **Чижиков И. А., Слепнев П. А.** Применение геосинтетических материалов (геотканей) для обеспечения экологической безопасности строительства нефтегазопромысловых дорог // Современные проблемы науки и образования, № 1, С 158-163 (2012)
3. **Raju M.** Monotonic and cyclic pullout resistance of geosynthetics. – 1996. – pp 15-17.
4. **Rawal A., Shah T. H., Anand S. C.** Geotextiles in civil engineering // Elsevier Science Publishing Company, Inc Handbook of Technical Textiles (Second Edition). – 2016. – pp. 111-133.
5. **Pokharel S. K., Han J., Parsons R. L., Leshchinsky D., Halahmi I.** Investigation of factors influencing behavior of single geocell-reinforced bases under static loading. Elsevier Science Publishing Company, Inc. Geotextiles and Geomembranes. – 2010. – Т. 28. – № 6. – pp. 570-578.
6. **Ищенко А. В., Баев О. А.** Комбинированные противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов // Строительство - 2015: современные проблемы строительства. – Ростов на Дону: РГСУ, 2015. – С. 272-274.
7. **Peter G.** Nicholson Geosynthetics for Filtration Drainage, and Seepage Control // Elsevier Science Publishing Company Inc. Soil Improvement and Ground Modification Methods. – 2015. – pp. 189-207.
8. **Окунцев А. С., Офрихтер В. Г.** Использование геосинтетических материалов в качестве дренажных и фильтрационных систем // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 1. – С. 134-150.
9. **Glendinning S., Lamont-Black J., Jones C. J. F. P.** Treatment of sewage sludge using electrokinetic geosynthetics. Journal of Hazardous Materials. – 2007. – Т. 139. – № 3. – pp. 491-499.
10. **Hwu B.** Design, evaluation and behavior of geosynthetic drainage systems // Drexel University. – 1991. – pp 23-27.
11. **Jeon H. Y., Kim S. H., Chung Y. I., Yoo H. K., Mlynarek J.** Assessments of long-term filtration performance of degradable prefabricated geotextile drains // Polymer Testing. – 2003. – Т. 22. – № 7. – pp. 779-784.

12. **Sangiorgi D.** The application of geosynthetics in residential foundation drainage systems // *Ecole de Technologie Superieure (Canada)*. – 2001. – pp 22-28.
13. **Герасимов В. М., Нижегородцев Е. И.** Исследование фильтрационных свойств волокнистых полимерных материалов при изменении давления // *Системы. Методы. Технологии*. – 2013. – № 4 (20). – С. 153-156.
14. **Дыба П. В., Дыба В. П., Бартоломей Л. А.** Оценка и экспериментальная проверка несущей способности укрепленных геотекстилем откосов // *Интернет-Вестник ВолгГАСУ*. – 2013. – № 2 (27). – С. 4.
15. **Vaitkus A.** Geotextile selection methods for the lithuanian road and street structures // *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. – 2010. – Т. 5. – № 4. – pp. 246-253.
16. **Balzannikov M. I., Mikhasek A. A.** The use of modified composite materials in building hydraulic engineering structures // *Procedia Engineering*. – 2014. – Т. 91. – pp. 183-187.
17. **Лупачев О. Ю., Телешев В. И.** Противофильтрационные элементы из геомембран. Опыт применения в гидротехническом строительстве // *Инженерно-строительный журнал*. – 2009. – №6. – С 35-43.
18. **Устьян Н. А.** Геоконтейнеры в дорожном и гидротехническом строительстве // *Инженерно-строительный журнал*. – 2011. – №4 (22). – С. 22-25.
19. Seismic performance modeling of geosynthetic reinforced earth structures / **J. W. Chen, M. H. Chang, C. C. Chen, W. F. Lee** // *Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference 20th International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE-2010. Applied International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE), China National Offshore Oil Corporation (CNOOC), SK Energy. Beijing*. – 2010. – pp. 726-730.
20. **Нестеров А. С.** Стабилизация неустойчивых откосов вдавливанием геосинтетических материалов // *Архитектура, строительство, транспорт материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО СибАДИ)*. – 2015. – С. 194-198.
21. **Мошенжал А.** Применение геосинтетических материалов при сооружении автомобильных дорог в районах распространения песков // *Инженерная защита*. – 2014. – № 2 (2). – С. 46-50.
22. **Мельникова Е. П., Нужненко Ю. В., Скрышник Т. В.** Повышение устойчивости грунтовых сооружений путем армирования геосинтетическими материалами // *Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике*. – 2016. – № 1. – С. 29-34.
23. **Столяров О. Н., Горшков А. С.** Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве // *Инженерно-строительный журнал*. – 2009. – №4. – С. 21-25.
24. **Рубцова М. В., Клевко В. И.** Применение геосинтетического материала для обеспечения устойчивости автодорожной насыпи на слабом основании и сокращение сроков строительства // *Экология и научно-технический прогресс*. – 2015. – Т. 1. – С. 489-497.
25. **Wang X., Lu J., Wang Z.** Application of frp screw anchor and geosynthetics in repairing of canal slope of expansive soils // В сборнике: *2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, MACE2010 sponsors: IEEE Beijing Section CSS Chapter, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan University of Science and Technology*. – Wuhan, 2010. – pp. 1430-1432.
26. **Пережогин Ю. Д., Ратнер А. Г., Спектор Ю. М.** Результаты исследований свойств геосинтетических материалов, применяемых для защиты от размыва подводных газонефтепроводов // *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. – 1997. – № 4. – С. 56-58.
27. **Alungbe G. D.** Geotextiles in flexible pavement construction. – 2004. – Т. 64. – № 2. – pp 22-23.
28. **Гаев Д. А., Гавриш В. В.** Современные геосинтетические материалы и области их применения в строительстве // *Будущее науки*. – 2013. – С. 131-139.
29. **Грузинцева Н. А., Гусев Б. Н.** Разработка методики оценки качества геосинтетических материалов // *Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации*. – 2015. – С. 368-370.
30. **Пonomarev A. B., Klevko V. I., Tatyannikov D. A.** Анализ изменения прочностных характеристик геосинтетических материалов в процессе эксплуатации // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура*. – 2014. – № 3 (35). – С. 11-16.
31. Investigation of factors influencing behavior of single geocell-reinforced bases under static loading. / **S. K. Pokharel, J. Han, R. L. Parsons, D. Leshchinsky, I. Halahmi** // Elsevier Science Publishing Company, Inc. *Geotextiles and Geomembranes*. – 2010. – Т. 28. – № 6. – pp. 570-578.
32. **Kajornsakbampen A.** Influence of critical failure surfaces on geosynthetic-reinforced soil slopes and structures. – 1997. – pp. 5-10.
33. **Баданин А. Н., Колосов Е. С.** Определение несущей способности армированного георешеткой грунтового основания // *Инженерно-строительный журнал*. – 2012. – №4(30). – С. 25-32
34. **Moss A. L.** Interfacial shear strength of geosynthetics using the cylinder direct shear test // *Utah State University*. – 2000. – pp. 7-13.
35. **Timchenko R. O., Krishko D. A., Gogyn D. A.** Erection of high – rise complexes under the restricted conditions of existing building // *Містобудування та територіальне планування*. – К.: КНУБА, 2011.–Вип.43. – С 371-376.
36. Main factors of town-planning processes / **R. O. Timchenko, D. A. Krishko, A. A. Koshevoy, O. S. Tkachenko, M. O. Matyash, M. Y. Semenova, D. A. Gogun** // *Економіко-математичне моделювання і його застосування в науці і промисловості: матеріали І-ї Всеукр. наук.-практ. конф. (23 трав. 2011 р.)*. – Кривий Ріг: Мінерал, 2011. – С. 163-164.
37. **Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Ушкалов М. С.** Горизонтальний противофільтраційний екран в ґрунті // *Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних систем – 2017: Матеріали Міжвузівської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (21 квітня 2017 р.)*. – Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 2017. – С. 150-152.
38. **Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Арнацький С. О.** Інженерний захист територій від затоплення та підтоплення // *Міжвузівська науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних та електромеханічних систем»*. – Кривий Ріг. Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2018. – С. 39-42.

39. Тімченко Р. О., Кришко Д. А., Тітунін Є. В. Противофільтраційний екран // Міжвузівська науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних та електромеханічних систем». – Кривий Ріг. Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2018. – С. 57-59

Рукопис подано до редакції 14.03.2022

УДК 622.1:528.02

О.В. ДОЛГІХ, канд. техн. наук, доц.  
Криворізький національний університет

## **ВИБІР ТИПУ ЗНІМАЛЬНОЇ КАМЕРИ ДЛЯ МАРКШЕЙДЕРСЬКОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

**Метою** досліджень є аналіз цифрової дзеркальної камери та камери мобільного телефону з метою вибору певного типу для виконання зйомок об'єктів гірничодобувних підприємств. Виконання аналізу залежності точності знімальних робіт від характеристик знімального устаткування, умов об'єкту та задач, які вирішуються за її результатами. Спираючись на вимоги до певного виду знімальних робіт, пропонується вибір найбільш ефективних засобів знімання.

**Методи досліджень** ґрунтуються на аналізі виконаних знімальних робіт на різних об'єктах гірничодобувних підприємств: кар'єрах, відвалах, хвостосховищах, проммайданах. Обґрунтовано використання камер мобільних телефонів для вирішення задач, що не потребують високої точності визначень, та дзеркальних цифрових камер для вирішення задач з достатньо високою точністю.

**Наукова новизна** результатів досліджень полягає в отриманні даних для обґрунтування вибору фотограмметричних характеристик камер, які можуть використовуватися для виконання знімальних робіт з необхідною або достатньою точністю визначень за побудованими цифровими планами та моделями. Аналіз результатів досліджень дозволив зробити висновок про можливість використання камер деяких мобільних телефонів для зйомок об'єктів гірничодобувних підприємств.

**Практична значимість** виконаних досліджень полягає у визначенні даних, необхідних для вибору знімальної камери при вирішенні задач, що характеризуються різною точністю, оперативністю та умовами виконання. Отримані характеристики камер мобільних телефонів, які можуть використовуватися для зйомок гірничих об'єктів та визначені умови і особливості виконання таких знімальних робіт. Встановлено, що на точність цифрової моделі, отриманої камерою мобільного телефону, суттєво впливає схема розташування опорних точок.

**Результати досліджень.** Знімальні роботи, виконані різними камерами, дозволили визначити характеристики з якості зображень. Досліджені питання зменшення геометричних спотворень зображення, вибору програмного забезпечення для опрацювання зображень, зменшення залежності щільності матриці пікселів та кута охоплення зйомкою місцевості від елементів внутрішнього орієнтування камери. Визначено вимоги до параметрів знімання об'єктів гірничодобувних підприємств та точність знімання за допомогою камери мобільного телефону.

**Ключові слова:** цифрова зйомка, тип камери, гірничодобувні підприємства, точність зйомки.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-63-70

**Проблема і її зв'язок з науковими та практичними задачами.** Актуальній темі впровадження цифрової зйомки для створення маркшейдерських планів на об'єкти гірничодобувних підприємств та для дослідження їх стану присвячена значна кількість наукових праць. Актуальність впровадження цифрової фотограмметрії підтверджується підвищенням ефективності маркшейдерського забезпечення гірничих робіт не тільки при відкритій, а й при підземній розробці родовищ корисних копалин. Заслужують на увагу дослідження з використання дронів для зйомки підземних гірничих виробок.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Підвищенню ефективності маркшейдерського забезпечення сприяє використання методів цифрової фотограмметрії для виконання знімальних робіт з повітря та з землі [1-3]. На сьогодні на гірничодобувних підприємствах впроваджуються ресурсозберігаючі технології [4] які вимагають ефективного маркшейдерського забезпечення. Особлива увага приділяється впровадженню сучасних технологій для робіт зі спостереження за зсувами та деформаціями окремих об'єктів, гірських порід та денної поверхні [5-9].

**Постановка задачі.** З кожним роком на ринку з'являється велика кількість високотехнологічних приладів, інструментів, пристроїв, що дозволяє вибрати найбільш доцільні прилади для вимірювальних робіт чи камеру для зйомок [10]. Але вибрана камера повинна бути досліджена