



**ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ**

---

**Автомобільні дороги**

**ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ  
У ДОРОЖНІХ КОНСТРУКЦІЯХ**

**Основні вимоги**

**ГБН В.2.3-37641918-544:2014**

**Київ  
Міністерство інфраструктури України  
2014**

**ПЕРЕДМОВА**

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Товариство з обмеженою відповідальністю "Гідрозахист"
- РОЗРОБНИКИ: **І. Боднар; І. Гамеляк**, д-р техн. наук (науковий керівник); **Г. Журба; Н. Расновська; Т. Супруненко; С. Шмалій, О. Шевчук**
- За участю: Державне підприємство "Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна" (**А. Андрійчук; В. Вирожемський**, канд. техн. наук; **К. Краюшкіна; В. Нагайчук**)
- 2 ВНЕСЕНО: Державне агенство автомобільних доріг України
- 3 ПОГОДЖЕНО: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України лист "30" квітня 2014 р. № 7/16-5240  
Держгірпромнагляд України лист "13" березня 2014 р. № 1942/0/7.2-6/6/14  
Міністерство екології та природних ресурсів України лист "17" лютого 2014 р. № 5/2-17/2341-14  
Державна служба України з надзвичайних ситуацій лист "25" січня 2014 р. № 02-1006/261  
Міністерство охорони здоров'я України (Висновок МОЗ) лист "28" лютого 2014 р. № 04.01-12-1304/14
- 4 ЗАТВЕРДЖЕНО: Міністерство інфраструктури України  
"02" вересня 2014 р. наказ № 428
- НАБРАННЯ ЧИННОСТІ: "01" січня 2015 р.
- 5 НА ЗАМІНУ: ВБН В.2.3-218-544:2008

---

Право власності на цей документ належить державі. Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений, тиражований і розповсюджений як офіційне видання без дозволу Державного агентства автомобільних доріг України.

## ЗМІСТ

1	Сфера застосування	1
2	Нормативні посилання	1
3	Терміни та визначення понять	5
4	Позначки та скорочення	7
5	Вимоги щодо застосування геосинтетичних матеріалів в дорожніх конструкціях	8
6	Армування основи насипу автомобільних доріг геосинтетичними матеріалами	22
6.1	Загальні положення	22
6.2	Конструювання насипів на слабкій основі	23
6.3	Розрахунки стійкості насипу на слабкій основі	24
6.4	Виконання армування основи насипу автомобільних доріг	32
7	Армування і стабілізація укосів	36
7.1	Загальні положення	36
7.2	Конструювання укосу насипу із застосуванням геосинтетичних матеріалів	37
7.3	Розрахунок стійкості укосу насипу із застосуванням геосинтетичних матеріалів	38
7.4	Обмеження при армуванні та стабілізації укосів	47
7.5	Виконання армування і стабілізація укосів	47
8	Фільтруючі прошарки	50
8.1	Загальні положення	50
8.2	Конструювання фільтруючих прошарків у дорожній конструкції	50
8.3	Розрахунок фільтруючих прошарків у дорожній конструкції	51
8.4	Обмеження при улаштуванні фільтруючих прошарків у дорожній конструкції	54
8.5	Влаштування фільтруючих прошарків	54
9	Дренажі	55
9.1	Загальні положення	55
9.2	Конструювання дренажів із застосуванням геосинтетичних матеріалів	55
9.3	Розрахунок дренажів із застосуванням геосинтетичних матеріалів	57
9.4	Обмеження при улаштуванні дренажів із застосуванням геосинтетичних матеріалів	61
9.5	Влаштування дренажів	61
10	Розділяння зернистих шарів геосинтетичними матеріалами	65
10.1	Загальні положення	65
10.2	Конструювання розділяючого прошарку з застосуванням геосинтетичних матеріалів	67
10.3	Розрахунок розділяючого прошарку із застосуванням геосинтетичного матеріалу	68
10.4	Влаштування зернистих шарів із геосинтетичними прошарками	72
11	Протиерозійний захист укосів	73
11.1	Загальні положення	73
11.2	Конструювання протиерозійного захисту укосів із застосуванням геосинтетичних матеріалів	74
11.3	Розрахунок конструкцій протиерозійного захисту із застосуванням геосинтетичних матеріалів	79
11.4	Обмеження при використанні геосинтетиків для протиерозійного захисту укосів та схилів	88
11.5	Влаштування протиерозійного захисту укосів	89
12	Армування конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу геосинтетичними матеріалами	92

12.1	Загальні положення	92
12.2	Конструювання покриття дорожнього одягу з застосуванням геосинтетичних матеріалів	94
12.3	Розрахунок покриття дорожнього одягу з застосуванням геосинтетичних матеріалів	97
12.4	Обмеження при улаштуванні армованих шарів покриття дорожнього одягу з застосуванням геосинтетичних матеріалів	105
12.5	Влаштування армованих геосинтетичними метеріалами шарів конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу	107
13	Вимоги безпеки та охорони довкілля при роботі з геосинтетичними матеріалами в дорожніх конструкціях	115
13.1	Вимоги безпеки і охорони праці	115
13.2	Вимоги до охорони навколишнього середовища	117
	Додаток А. Фізико-технічні властивості геосинтетичних матеріалів	119
	Додаток Б. Визначення технічних характеристик геосинтетиків	126
	Додаток В. Методика визначення сили зчеплення армуючих матеріалів з основою	129
	Додаток Г. Визначення ефективного модуля пружності монолітних шарів, армованих АСМ	130
	Додаток Д. Забезпечення несучої здатності основи при армуванні геосотами	133
	Додаток Е. Транспортування та зберігання геосинтетичних матеріалів	136
	Додаток Ж. Бібліографія	139

## ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

---

### АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях.  
Основні вимоги

### АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

Применение геосинтетических материалов в дорожных конструкциях.  
Основные требования

### MOTOR ROADS

Application of geosynthetic materials in road designs. Main requirements

---

Чинні від 01-01-2015

## 1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

**1.1** Ці галузеві будівельні норми встановлюють вимоги проектування та контролю якості при будівництві нових, ремонті та реконструкції існуючих автомобільних доріг загального користування щодо застосування геосинтетичних матеріалів (далі - *геосинтетики*).

**1.2** Ці норми призначені для армування основ насипів та стабілізації укосів, влаштування фільтруючих прошарків та дренажів, розділення зернистих шарів, протиерозійного захисту укосів, армування конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу із застосуванням геосинтетиків на автомобільних дорогах загального користування.

**1.3** Вимоги цих норм слід враховувати при розробленні нових нормативних документів, проектної документації.

## 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих нормах є посилання на такі документи:

ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації

ДСН 3.3.6.042-99 Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

ДСП 201-97 Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць від забруднення хімічними та біологічними речовинами

НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні

НАПБ Б.01.008-2004 Правила експлуатації вогнегасників

НАПБ Б.02.005-2003 Типове положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України

НАПБ Б.03.001-2004 Типові норми належності вогнегасників

НАПБ Б.06.001-2003 Про затвердження переліку посад, при призначенні на які особи зобов'язані проходити навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки, та порядку їх організації

НАПБ Б.06.005-97 Перелік транспортних засобів і норми їх оснащення вогнегасниками

НПАОП 0.00-4.01-08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту

НПАОП 0.00-4.12-05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці

НПАОП 63.21-1.01-09 Правила охорони праці під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг

НПАОП 63.21-3.03-08 Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам дорожнього господарства

СП 1042-73 Санитарные правила организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию (Санітарні правила організації технологічних процесів і гігієнічні вимоги до виробничого обладнання)

ДБН 360-92\*\* Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень

ДБН А.2.2-1-2003 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд

ДБН А.2.2-3-2012 Склад та зміст проектної документації на будівництво

ДБН А.3.1-5-2009 Організація будівельного виробництва

ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека в будівництві.

Основні положення

ДБН В.1.1-12:2006 Будівництво у сейсмічних районах України

ДБН В.1.1-24:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів.

Основні положення проектування

ДБН В.1.1-25-2009 Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення

ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування

ДБН В.1.2-5:2007 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів

ДБН В.1.2-6-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість

ДБН В.1.2-7-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека

ДБН В.1.2-12-2008 Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки

ДБН В.1.4-1.01-97 Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні

ДБН В.1.4-2.01-97 Радіаційний контроль будівельних матеріалів та об'єктів будівництва

ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування

ДБН В.2.3-4:2007 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво

ДБН В.2.3-5-2001 Вулиці та дороги населених пунктів

ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення

ДБН В.2.5-56:2010 Системи протипожежного захисту

ДСТУ 2406-94 Пластмаси, полімери і синтетичні смоли. Хімічні назви.

Терміни та визначення

ДСТУ 4044-2001 Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови

ДСТУ 7237-2011 ССПБ. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту

ДСТУ Б А.3.2-5:2009 ССПБ. Роботи з приготування органічних в'язучих матеріалів з добавками. Вимоги безпеки

ДСТУ Б А.3.2-8:2009 ССПБ. Ремонт міських доріг і тротуарів. Вимоги безпеки

ДСТУ Б А.3.2-9:2009 ССПБ. Ремонт міських мостів, шляхопроводів і тунелів. Вимоги безпеки

ДСТУ Б В.2.2-6-97 (ГОСТ 24940-96) Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості

ДСТУ Б В.2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94) Матеріали будівельні. Методи випробування на горючість

ДСТУ Б В.2.7-29-95 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, з відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація

ДСТУ Б В.2.7-30:2013 Будівельні матеріали. Матеріали нерудні для щебневих і гравійних основ та покриттів автомобільних шляхів. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-33-2001 Будівельні матеріали. Пісок кварцево-залістий і тонко-дисперсна фракція для будівельних робіт з відходів гірничо-збагачувальних комбінатів України. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-34-2001 Будівельні матеріали. Щебінь для будівельних робіт із скельних гірських порід та відходів сухого магнітного збагачення залістих кварцитів гірничо-збагачувальних комбінатів і шахт України. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-76-98 Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт із відсівів подрібнення скельних гірських порід гірничо-збагачувальних комбінатів України. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-119-2011 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-127:2006 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево – мастикові. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-129:2006 Будівельні матеріали. Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-135:2007 Будівельні матеріали. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-149:2008 Будівельні матеріали. Щебінь і щебенево-піщані суміші із шлаків металургійних для дорожніх робіт. Технічні умови.

ДСТУ Б В.2.7-210:2010 Будівельні матеріали. Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови

ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 СНББ. Настанова. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDT)

ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008 ССБП. Електробезпека. Гранично допустимі значення напруг дотику і струмів (ГОСТ 12.1.038-82, IDT)

ДСТУ EN ISO 9862:2008 Геосинтетика. Метод відбирання проб і готування випробних зразків (EN ISO 9862:2005, IDT)

ДСТУ EN ISO 9864:2008 Геосинтетика. Метод випробування для визначення поверхневої щільності геотекстилю та віднесених до геотекстилю виробів (EN ISO 9864:2005, IDT)

ДСТУ EN 13249:2005 Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Необхідні характеристики для застосування в дорожньому будівництві (за винятком залізничних колій та асфальтових покриттів) (EN 13249:2000, IDT)

ДСТУ ISO 10318-2002 Геотекстиль. Словник термінів (ISO 10318:1990, IDT)

ГОСТ 11955-82 Битумы нефтяные дорожные жидкие. Технические условия (Бітуми нафтові дорожні рідкі. Технічні умови)

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (ССБП. Пожежна безпека. Загальні вимоги)

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (ССБП. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони)

ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (ССБП. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки)

ГОСТ 12.1.014-84 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками (ССБП. Повітря робочої зони. Метод вимірювання концентрацій шкідливих речовин індикаторними трубками)

ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методам измерения концентраций вредных веществ (ССБП. Повітря робочої зони. Вимоги до методів вимірювання концентрацій шкідливих речовин)



ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования (ССБП. Пожежовибухобезпечність статичної електрики. Загальні вимоги)

ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (ССБП. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їх визначення)

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности (ССБП. Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки)

ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности (ССБП. Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки)

ГОСТ 12.4.004-74 Респираторы фильтрующие противогазовые РПГ-67. Технические условия (Респиратори фільтруючі противогазові РПГ-67. Технічні умови)

ГОСТ 12.4.016-83 Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества (Одяг спеціальний захисний. Номенклатура показників якості)

ГОСТ 12.4.124-83 ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования (ССБП. Засоби захисту від статичної електрики. Загальні технічні вимоги)

СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование (Отоплення, вентиляція та кондиціонування).

### 3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче подано терміни, вжиті в цих будівельних нормах (відповідно до ДСТУ ISO 10318, [1], [2] та [3]), та визначення позначених ними понять:

**3.1 армуючий синтетичний матеріал** – синтетичний матеріал, який використовують для армування шарів нежорсткого дорожнього одягу у вигляді *граток*, *геотекстилю* чи *геокомпозиту* на основі полімерів, який використовують для армування шарів нежорсткого дорожнього одягу.

**3.2 геомат** (*geomat*) – водонепроникний матеріал трьохмірної структури, отриманий скріпленням між собою механічним, і (або) термічним, і (або) хімічним, і (або) іншими способами полімерних моноволокон (монофіламентів) і (або) інших (штучних або натуральних) елементів.

**3.3 геопрошарок** (*geospacer*) – трьохмірна полімерна структура, виготовлена для створення прошарку в ґрунті і (або) інших матеріалах у будівельних спорудах.

**3.4 геосинтетичний матеріал** (*geosynthetic*) – загальний термін, який описує рулоний, стрічковий або об'ємний (у вигляді трьохмірної структури) матеріал, один із компонентів якого виконаний із синтетичного або натурального полімеру, який використовують у контакті із ґрунтом і (або) іншими матеріалами в дорожньому, геотехнічному та цивільному будівництві.

**3.5 геосинтетичний гідроізоляційний матеріал** (*geosynthetic barrier*) – матеріал, який застосовують в дорожньому, геотехнічному та цивільному будівництві з метою зменшення або запобігання проникнення рідини через конструкцію.

**3.6 геосинтетичний гідроізоляційний бітумний матеріал** (*bituminous geosynthetic barrier*) або **бітумна геомембрана** (*bituminous geomembrane*) – рулоний (листовий) матеріал фабричного виготовлення. Функцію гідроізоляції виконує бітумна складова. Матеріал використовують у контакті із ґрунтом і (або) іншими матеріалами в дорожньому, геотехнічному та цивільному будівництві.

**3.7 геосинтетичний гідроізоляційний глинистий матеріал** (*глиномат*) (*clay geosynthetic barrier*) – рулоний (листовий) матеріал фабричного виготовлення. Функцію гідроізоляції виконує глиниста складова (малопроникна природна глина). Матеріал використовують у контакті із ґрунтом і (або) іншими матеріалами в дорожньому, геотехнічному та цивільному будівництві.

**3.8 геосинтетичний гідроізоляційний полімерний матеріал** (*polymeric geosynthetic barrier*) або **полімерна геомембрана** (*polymeric geomembrane*) – рулоний (листовий) матеріал фабричного виготовлення. Функцію гідроізоляції виконує полімерна складова. Матеріал використовують у контакті із ґрунтом і (або) іншими матеріалами в дорожньому, геотехнічному та цивільному будівництві.

**3.9 геосоти** (*geocell*) – водонепроникний полімерний (синтетичний або натуральний) матеріал трьохмірної сотової структури, отриманий скріпленням між собою смуг геосинтетичних матеріалів.

**3.10 геотруби** (*geopipe*) – перфоровані чи суцільні полімерні труби, які використовуються для дренажу.

**3.11 гравітаційний дренаж** – до нього відносять дренаж підпірних стінок і конструкції дорожнього одягу (включає осушення основи дорожнього одягу і активної зони земляного полотна та перехоплюючий дренаж).

**3.12 ізолювання** (*barrier*) – запобігання або обмеження проникнення рідини, через конструкцію. Розрізняють *гідроізолювання та пароізолювання*. *Гідроізолювання* – матеріал не пропускає воду. *Пароізолювання* – матеріал не пропускає водяну пару і газу.

**3.13 коефіцієнт запасу** (*factor of safety*) – понижуючий коефіцієнт, який використовують до “умови руйнування” з метою забезпечення задовільної роботи споруди, ґрунту основи, тощо.

**3.14 міцність з’єднання при розтягу** (*seam tensile strength*) – максимальна міцність при розтягу з’єднання двох чи більше полотен, кН/м.

**3.15 МН-орієнтація** – напрямок виготовлення геосинтетичного матеріалу (напрямок, що співпадає з основою для тканинних геотекстильних матеріалів).






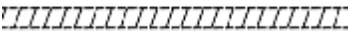
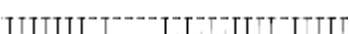

**3.16 ПМН-орієнтація** – напрямок, перпендикулярний до напрямку виготовлення геосинтетичного матеріалу (напрямок переплетення (уток) для тканинних геосинтетичних матеріалів).

**3.17 протиерозійний захист** (*surface erosion control*) – запобігання або обмеження переміщення частинок ґрунту або інших частинок, наприклад, на укосі (схилі).

#### 4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

**4.1** У цьому стандарті застосовано такі позначки:

**Таблиця 4.1** – Графічні позначки геосинтетичних матеріалів

Познака	Назва матеріалу	
	укр.	англ.
	Геотекстиль	Geotextile
	Геосинтетичний гідроізоляційний матеріал	Geomembrane
	Геограти/ґратки	Geogrid/grid
	Геоккомпозит	Geocomposite
	Геосітка	Geonet
	Геосинтетичний гідроізоляційний глинистий матеріал	Clay geosynthetic barrier
	Геосоти	Geocell
	Геомат	Geomat

**Таблиця 4.2** – Умовні позначки функцій

Познака		Назва функції	
укр.	англ.	укр.	англ.
А	R	Армування	Reinforcement
І	B	Ізолювання	Barrier (fluid)
Д	D	Дренування	Drainage (fluid)
З	P	Захищення	Protection
П	E	Протиерозійний захист	Surficial erosion control
В	S	Розділяння	Separation
Ф	F	Фільтрування	Filtration

**Таблиця 4.3** – Умовні позначки полімерів для виготовлення геосинтетичних матеріалів відповідно до ДСТУ 2406

Познака		Назва полімеру
укр.	англ.	
ПА	PA	Поліамід
ПАН	PAN	Поліакрілонітріл
ПЕ	PE	Поліетилен
ПЕВТ	HDPE	Поліетилен високого тиску
ПЕНТ	LDPE	Поліетилен низького тиску
ПЕТФ	PES	Поліетилентерефталат (поліефір складний)
ПВСП	PVA	Полівініловий спирт
ПВХ	PVC	Полівінілхлорид
ПП	PP	Поліпропілен
ПС	PS	Полістирол

**4.2** У цьому стандарті застосовано такі скорочення:

АСМ – армуючий синтетичний матеріал;

ГВ – віднесені до геотекстилю вироби;

ГІ – геосинтетичний гідроізоляційний матеріал;

ГІ. Б – геосинтетичний гідроізоляційний матеріал бітумний;

ГІ. Г – геосинтетичний гідроізоляційний матеріал глинистий;

ГІ. П – геосинтетичний гідроізоляційний матеріал полімерний;

ГМ – геосинтетичний матеріал;

ГМт – геомат;

ГПр – геопрошарок;

ГР – геогратки;

ГС – геосоти;

ГСіт – геосітки;

ГТ – геотекстильні матеріали;

ГТ. В – геотекстиль в'язаний;

ГТ. Н – геотекстиль не тканинний;

ГТ. Тк – геотекстиль тканинний;

МахARV (*Maximum Average Roll Value*) – максимальне з середніх значень у серії лабораторних випробувань геосинтетика;

MinARV (*Minimum Average Roll Value*) – мінімальне з середніх значень у серії лабораторних випробувань геосинтетика;

ПОБ – проект організації будівництва;

ПВР – проект виконання робіт;

РГВ – рівень ґрунтових вод.

## **5 ВИМОГИ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ В ДОРОЖНІХ КОНСТРУКЦІЯХ**

**5.1** Геосинтетики виконують сім основних функцій в конструкції: армування; дренавання; захищення; ізолювання; протиерозійний захист; розділяння; фільтрування.

**5.2** Класифікація геосинтетичних матеріалів та області їх застосування згідно із рисунком 5.1:

**Геосинтетичні матеріали (ГМ)**

геотекстильні матеріали (ГТ)	віднесені до геотекстилю виробу (ГВ)	геосинтетичні ізоляційні матеріали (ГІ)
тканинні (ГТ. Тк) не тканинні (ГТ. Н) в'язанні (ГТ. В)	георатки (ГР) геосітки (ГСіт) геосоти (ГС) геомати (ГМт) геопрощарки (ГПро)	полімерні (ГІ. П) бітумні (ГІ. Б) глинисті (ГІ. Г)

**геокомпозити**  
(приклади деяких функцій)

Розділяння	Фільтрування	Дренування	Армування	Захищення	Ізолювання	Протиерозійний захист
ГТ	ГТ + ГТ	ГПр + ГТ (+ГІ. П)	ГТ + ГТ	ГТ + ГТ	ГТ + ґрунт (бентоніт)	ГТ + ГС
ГТ + ГТ	ГТ + ГМт	ГСіт + ГТ (+ГІ. П)	ГТ + ГР АСМ	ГТ + ґрунт	ГІ. П + ґрунт (бентоніт)	ГР + ГМт
і т. д.	і т. д.	і т. д.	і т. д.	ГМт + ґрунт ГТ + ГМт ГТ + ГР і т. д.	ГСіт + ґрунт і т. д.	ГТ + насіння і т. д.

**Рисунок 5.1** – Класифікація геосинтетичних матеріалів та область застосування

**5.3** Термін служби геосинтетичних матеріалів повинен перевищувати термін служби конструкцій, в яких вони застосовуються.

**5.4** Проектування дорожньої конструкції із застосуванням геосинтетиків включає конструювання та розрахунки (на стійкість, міцність, довговічність, захист від ерозії, дренування) з обґрунтуванням варіантів для вибору найбільш економічного для заданих умов виконують відповідно до ДБН В.1.1-12, ДБН В.1.1-24, ДБН В.1.1-25, ДБН В.1.2-2, ДБН В.1.2-5, ДБН В.1.2-6, ДБН В.1.2-7, ДБН В.1.2-12, ДБН В.2.3-4, ДБН В.2.3-5, ДСТУ-Н Б В.1.2-13, [4], [5] та інших нормативних документів.

**5.5** Вихідні дані для проектування дорожньої конструкції повинні включати:

- функціональні вимоги, проектний строк служби конструкції, рівень надійності і необхідний коефіцієнт запасу конструкції;
- умови навантаження конструкції під час будівництва і експлуатації;
- ґрунтово-геологічні, гідрогеологічні і погодно-кліматичні умови району будівництва;
- фізико-механічні та розрахункові характеристики матеріалів і ґрунтів, які будуть використані в конструкції;
- режим експлуатації конструкції і експлуатаційні обмеження;

- техногенно – геологічні чинники, що можуть мати місце з часом.

**5.6** Для прийняття оптимальних проектних рішень щодо розташування дороги потрібно розробляти варіанти траси дороги з порівнянням відповідно до 4.4.3 ДБН В.2.3-4. Якщо відповідними техніко-економічними розрахунками обґрунтовано реконструкцію ділянок автомобільних доріг I-б, II і III категорій, які проходять через населені пункти, такі дороги слід проектувати відповідно до ДБН 360 та ДБН В.2.3-5.

**5.7** Технічні рішення при проектуванні автомобільних доріг повинні забезпечувати високу транспортно-експлуатаційну якість дороги, ефективну охорону навколишнього природного середовища, безпеку дорожнього руху за мінімальних матеріальних та фінансових витрат.

**5.8** Склад та зміст проектної документації для будівництва, ремонту та реконструкції автомобільних доріг потрібно визначати відповідно до ДБН А.2.2-3, ДБН В.1.1-12, ДБН В.1.1-24, ДБН В.1.1-25, ДБН В.1.2-2, ДБН В.1.2-5, ДБН В.1.2-6, ДБН В.1.2-7, ДБН В.1.2-12, ДСТУ-Н Б В.1.2-13 та інших нормативних документів.

**5.9** Конструкцію земляного полотна слід проектувати відповідно до [4] та 6.1 ДБН В.2.3-4 та розділу 4 ДБН В.2.3-5. Погодно-кліматичні фактори та природні умови району будівництва згідно з 6.1.3 ДБН В.2.3-4. Конструкцію земляного полотна в поперечному профілі треба призначати за типовими рішеннями відповідно до 6.1.4 ДБН В.2.3-4.

**5.10** Заходи щодо забезпечення міцності і стійкості земляного полотна та робочого шару згідно з 6.3.5 ДБН В.2.3-4. Найбільш доцільні заходи слід вибирати на основі техніко-економічних розрахунків.

**5.11** Спорудження насипів із ґрунтів і матеріалів з відходів промисловості потрібно здійснювати відповідно до 6.4 ДБН В.2.3-4. Спорудження земляного полотна треба здійснювати згідно з [4]. Спорудження земляного полотна на засолених ґрунтах при високому рівні ґрунтових вод слід виконувати згідно з 20.7 ДБН В.2.3-4.

**5.12** Спорудження земляного полотна із застосуванням геосинтетичних матеріалів треба здійснювати згідно з 20.7 ДБН В.2.3-4 та [4]. Влаштування дренажних, армуючих, розділяючих, ізолюючих прошарків з геосинтетичного матеріалу, який вибирається відповідно до вимог використання з характеристиками, що забезпечують стійкість до кліматичних факторів, необхідно виконувати по вирівняній, спрофільованій та ущільненій основі згідно з 20.7 ДБН В.2.3-4 та розділами 6-12 цього документа.

**5.13** Умови транспортування, розвантаження і зберігання геосинтетичних матеріалів наведено в Додатку Е та нормативних документах на відповідну продукцію.

**5.14** Методику відбору зразків для визначення технічних характеристик геосинтетиків наведено у Додатку Б.

**5.15** Властивості, за якими оцінюють придатність геосинтетиків для заданої області застосування, наведені в таблиці 5.1, а значення властивостей – в таблиці 5.2.

**Таблиця 5.1 – Критерії, необхідні для вибору геосинтетиків**

Назва показника	Область застосування геосинтетиків							Метод випробувань згідно з [1]
	Розділення	Фільтрування	Дренування	Армування	Захищення	Ізолювання	Протиерозійний захист	
<b>I. Проектні критерії</b>								
<i>I.1 Механічні</i>								
Міцність при розтяганні				+		+		6.3.1
Максимальне відносне видовження на момент розриву	+			+	+	+		6.3.1
Повзучість при розтяганні	+			+		+		6.3.3
Коефіцієнт тертя між ґрунтом і геосинтетиком				+	+			6.3.6
<i>I.2 Гідравлічні</i>								
Фільтруюча здатність матеріалу	+	+	+	+			+	6.4.2
Дренуюча здатність матеріалу під навантаженням			+					6.4.3
Характерний розмір отворів		+	+				+	6.4.1
<b>II. Технологічні критерії</b>								
Статичне проколювання плунжером <sup>*)</sup>	+	+	+	+	+	+	+	6.3.8
*) Випробування з статичним проколюванням плунжером не використовують для геосинтетиків з відкритою структурою, таких як, геотратки, геосітки тощо.								

**Таблиця 5.2 – Характеристики деяких геосинтетиків**

Назва показника	Одиниця вимірювання	Норма	Метод випробувань згідно з [1] та [2]
1	2	3	4
<b>Фізичні властивості</b>			
Поверхнева щільність	г/м <sup>2</sup>	135–2000	6.2.1 [1]
Товщина	мм	0,25–7,5	6.2.2 [1]
<b>Механічні властивості</b>			
Грейферна міцність	кН	0,45–4,5	6.3.2 [1]
Міцність на розтяг:	кН/м		6.3.1 [1]
- для розділення		9 – 13	
- для розділення		13 – 30	
- для армування		30 – 1200	
Міцність на втому (витривалість)	кількість циклів	50–100	6.3.2 [2]
Міцність на роздирання	Н	90–1300	6.3.1 [1]
Статичне проколювання плунжером	Н	45–450	6.3.8 [1]
Коефіцієнт зсуву	%	60–100	6.3.6.1 [1]
Анкерна міцність матеріалу при вириванні з масиву ґрунту	% (від міцності геотекстилю)	50–100	6.3.7 [1]
<b>Гідравлічні властивості</b>			
Характерний розмір отворів	мм	2,0–0,075	6.4.1 [1]
Фільтруюча здатність матеріалу	с <sup>-1</sup>	0,02–2,2	6.4.2 [1]

Кінець таблиці 5.2

1	2	3	4
Дренуюча здатність матеріалу під навантаженням	м <sup>2</sup> /хв	0,01–2,0 · 10 <sup>-3</sup>	6.4.3 [1]
<b>Стійкість</b>			
Пошкоджуваність при вкладанні	% (від міцності геотекстилю)	0–70	6.5.1 [1]
<b>Стійкість до агресивних середовищ</b>			
Температурна деградація (при дії високих температур, гаряча вода, гарячий асфальтобетон тощо тощо)	°С	для волокон АСМ – не менше 170; для геотекстильної підложки – не більше 130	5.14 [2]

### 5.16 Механізми руйнування дорожньої конструкції

**5.16.1** Механізми руйнування дорожньої конструкції поділяють на зовнішні, внутрішні, комбіновані (одночасно поєднують в собі зовнішні і внутрішні) та експлуатаційні фактори.

**5.16.2** Залежно від механізму руйнування коефіцієнти запасу поділяють на загальні і часткові. *Загальні* коефіцієнти запасу стійкості  $K_{cm}$  застосовують для оцінки стійкості за зовнішніми механізмами руйнування (відповідно до таблиць 5.3 – 5.6); *часткові* – для оцінки стійкості за внутрішніми механізмами руйнування (відповідно до таблиць 5.7 – 5.9).

**5.16.3** Частковий коефіцієнт запасу  $g_m$  для армуючих геосинтетиків розраховують за формулою (5.1):

$$g_m = g_d \times g_{cd}, \quad (5.1)$$

де  $g_d$  – частковий коефіцієнт довговічності, приймають рівним 1,1 для ґрунтів з  $4 \leq \text{pH} \leq 9$ . При значеннях рН менше ніж 4 або рН більше ніж 9 необхідні лабораторні дослідження довговічності геосинтетика в ґрунтових умовах;

$g_{cd}$  – частковий коефіцієнт врахування пошкодження геосинтетика при вкладанні (відповідно до таблиць 5.3 – 5.6).

**5.16.4** Часткові коефіцієнти пошкодження геосинтетика,  $\gamma_{cd}$  при вкладанні в активній зоні земляного полотна та шарах дорожнього одягу для конструктивних шарів із щебенево-гравійно-піщаних матеріалів, необроблених в'язучими, щебених основ, що влаштовуються по методу заклинювання та шарів із незв'язних матеріалів наведені в таблицях 5.3 – 5.6.



**Таблиця 5.3** – Часткові коефіцієнти пошкодження геосинтетика при вкладанні в конструкцію,  $g_{cd}$

Різновид ґрунту з яким контактує геосинтетик	Частковий коефіцієнт пошкодження геосинтетика при вкладанні в конструкцію, $g_{cd}$
Піщаний дрібний та пилюватий, глинистий та лесовий ґрунт	1,1
Піщаний ґрунт (крім дрібного та пилюватого піску)	1,2
Великоуламковий, щебінь, гравій, жорства (від 1 мм до 20 мм)	1,3
Галька (від 20 мм до 200 мм)	1,4
Брили із слабовивітрюваних порід, валуни (більше ніж 200 мм)	1,5

**Таблиця 5.4** - Часткові коефіцієнти пошкодження геосинтетика,  $\gamma_{cd}$  при вкладанні в конструктивні шари із щебенево-гравійно-піщаних матеріалів, необроблених в'язучими

Матеріал	Частковий коефіцієнт пошкодження геосинтетика при вкладанні в конструктивні шари, $\gamma_{cd}$
Щебеневі (гравійні) суміші (С) для покриттів: - неперервна гранулометрія (згідно з ДСТУ Б В 2.7-30) при максимальному розмірі зерен: С1 - 40 мм С2 - 20 мм С3 - 10 мм	1,40 1,35 1,30
Суміші для основ - неперервна гранулометрія: С4 - 120 мм С5, С6 - 70 мм С7, С8 - 40 мм С9, С 10 - 20 мм	1,50 1,45 1,40 1,35
Суміш щебенево-піщана виду А (для влаштування шарів дорожнього одягу із сумішей щільного зернового складу); із шлаку металургійного неактивного і слабоактивного згідно з ДСТУ Б В.2.7-149 максимальними розмірами зерен: до 120 мм включно до 70 мм включно до 40 мм включно до 20 мм включно до 10 мм включно	1,50 1,45 1,40 1,35 1,30

**Таблиця 5.5** - Часткові коефіцієнти пошкодження геосинтетика,  $\gamma_{cd}$  при вкладанні в щибеневі основи, що влаштовують по методу заклинювання

Матеріал	Частковий коефіцієнт пошкодження геосинтетика при вкладанні в конструктивні шари, $\gamma_{cd}$
Суміш щибенево-піщана виду Б (для влаштування шарів дорожнього одягу способом заклинювання без застосування в'язучих матеріалів) із шлаку металургійного неактивного і слабоактивного виду згідно з ДСТУ Б В.2.7-149 з розмірами зерен: до 120 мм включно до 70 мм включно до 40 мм включно до 20 мм включно	1,50 1,45 1,40 1,35
Щебінь марок М 800 - М 1400, вкладений за способом заклинювання згідно з ДСТУ Б В.2.7-30: з міцних осадових та метаморфічних порід: фр. 70 – 120 фр. 40 – 70 фр. 20 – 40 з магматичних порід: фр. 70 – 120 фр. 40 – 70 фр. 20 – 40	1,45 1,40 1,35 1,50 1,45 1,40

**Таблиця 5.6** - Часткові коефіцієнти пошкодження геосинтетика,  $\gamma_{cd}$  при вкладанні в шари із незв'язних матеріалів

Матеріал	Частковий коефіцієнт пошкодження геосинтетика при вкладанні в конструктивні шари, $\gamma_{cd}$
1	2
Пісок (згідно з ДСТУ Б В.2.7-32): - гравійний (понад 25 % за масою зерен крупніших 2 мм) - крупний (понад 50 % за масою зерен крупніших 0,50 мм) - середньої крупності (понад 50 % за масою зерен крупніших 0,25 мм) - дрібний (понад 75 % за масою зерен крупніших 0,10 мм)	1,30 1,25 1,20 1,15
Відсівів дроблення кам'яних матеріалів (згідно з [6]) Вапнякові та доломіти марки 800-400 Пісковиків марки 1200-200	1,15 1,20
Підібрана суміш з гранітної жорстви (згідно з [6]) Середньої вивітрілості Значної вивітрілості	1,35 1,30
Підібрані суміші із маломіцних вапняків (вапнякові жорстви) Мало перекристалізованих Зі склоподібною поверхнею	1,30 1,25

Кінець таблиці 5.6

1	2
Золошлакова суміш із шлаку і золи мокрого вилучення ТЕЦ із вмістом золи не більше 25 % з додаванням до 25 % піску або супіску	1,40
Золошлакова суміш із гранульованого паливного шлаку ТЕЦ з додаванням до 25 % піску або супіску	1,35
Відсів дроблених вивержених гірських порід (відсів гранітний) згідно з ДСТУ Б В.2.7-210	1,30

**5.16.5** Розрахункові значення параметрів армуючих матеріалів і ґрунтів визначають за формулами (5.2, 5.3, 5.4):

$$R_d = \frac{R}{g_n \times g_m}, \quad (5.2)$$

$$G_d = \frac{G}{g_m}, \quad (5.3)$$

$$F_d = g_f \times F, \quad (5.4)$$

де  $R_d$  і  $R$  – розрахункове та номінальне значення параметрів армування (міцність геосинтетика на розтяг і взаємодія «ґрунт-геосинтетик»), кН/м;

$G_d$  і  $G$  – розрахункове і номінальне значення фізико-механічних (геотехнічних) параметрів (міцність ґрунту на зсув, деформативність, коефіцієнт фільтрації, тощо);

$F_d$  і  $F$  – розрахункове і номінальне значення навантажень, кН;

$g_n$  – частковий коефіцієнт запасу на наслідки від втрати внутрішньої стійкості конструкції (відповідно до таблиць 5.7 – 5.10). Коефіцієнт  $g_n$ , як правило, не застосовують для збільшення проектного зовнішнього навантаження, оскільки збільшення напружень стиску в зернистих шарах викликає зростання їх зсувної міцності, що не завжди є бажаним при проектуванні армованих укосів чи основ;

$g_m$  – частковий коефіцієнт запасу міцності на зсув ґрунту конструкції (відповідно до таблиці 5.11);

$g_f$  – часткові коефіцієнти запасу на навантаження (відповідно до таблиці 5.12).

**Таблиця 5.7** – Види руйнувань для класів споруд за економічними наслідками

Види руйнувань	Економічні наслідки		
	Клас 1	Клас 2	Клас 3
1 Руйнування, які впливають на функціонування міжнародних та національних автомобільних доріг державного значення, міжміських і міських магістралей чи доріг стратегічної важливості.	+		
2 Руйнування, які впливають на функціонування автомобільних доріг державного значення, що мають альтернативу автотранспортного під'їзду.		+	
3 Руйнування, які впливають на функціонування автостоянок під відкритим небом.			+
4 Руйнування, які впливають на функціонування автомобільних доріг місцевого значення, що мають альтернативу автотранспортного під'їзду.			+

**Таблиця 5.8** – Види руйнувань для категорій споруд за життєво небезпечними наслідками

Види руйнувань	Життєво небезпечні наслідки		
	Категорія I	Категорія II	Категорія III
1 Руйнування, які впливають на інтенсивно використовуваних споруди	+	+	
2 Руйнування, які впливають на автомобільні дороги з великою інтенсивністю руху транспортних засобів і учасників пішохідного руху.	+	+	
3 Руйнування, які впливають на відкриті зупинки автотранспорту, АЗС тощо.		+	
4 Руйнування, які впливають на автомобільні дороги з невеликою інтенсивністю руху транспортних засобів.			+

**Таблиця 5.9** – Загальні коефіцієнти запасу стійкості для різних класів та категорій конструкцій

Клас за економічними наслідками	Загальний коефіцієнт стійкості для категорій за життєво небезпечними наслідками		
	Категорія I	Категорія II	Категорія III
Клас 1	1,5	1,4	1,4
Клас 2	1,5	1,2	1,2
Клас 3	1,4		>1,0

**Таблиця 5.10** – Часткові коефіцієнти запасу втрати внутрішньої стійкості конструкції для різних класів та категорій конструкцій,  $g_n$

Економічні наслідки	Частковий коефіцієнт для категорій за життєво небезпечними наслідками		
	Категорія I	Категорія II	Категорія III
Клас 1	1,1	1,1	1,1
Клас 2		1,0	1,0
Клас 3			

**Таблиця 5.11** – Часткові коефіцієнти запасу для матеріалів,  $g_m$ 

Назва та характеристика ґрунту та матеріалу	Частковий коефіцієнт запасу для матеріалів, $g_m$
Ґрунт:	
– питома вага	1,0
– питоме зчеплення	1,6
– кут внутрішнього тертя	1,25
Крупнозернисті і дренуючі матеріали:	
– коефіцієнт фільтрації	10,0
Конструктивні елементи:	
– міцність геосинтетика на розтяг	1,5
Взаємодія «ґрунт-геосинтетик»:	
– опір проковзуванню	
– опір геосинтетика витягуванню з масиву	1,2
– стійкість геосинтетика до пробивання (проколювання плунжером)	

**Таблиця 5.12** – Часткові коефіцієнти запасу на навантаження,  $g_f$ 

Види навантажень	Частковий коефіцієнт запасу на навантаження, $g_f$
Постійне навантаження від власної маси конструкції	1,0
Зовнішнє постійне навантаження (лінійне чи зосереджене)	1,5
Зовнішнє навантаження від руху транспортних засобів	
Сейсмічне навантаження	1,0
Тиск води	
<b>Примітка 1.</b> Коефіцієнт $g_f$ приймають рівним 1 для тимчасового привантаження чи зовнішнього навантаження, які справляють позитивний ефект на стійкість конструкції.	
<b>Примітка 2.</b> При проектуванні армованих основ і укосів необхідно розглядати найбільш несприятливі умови навантаження від тиску води.	

### 5.17 Розрахункова міцність армуючого геосинтетика

**5.17.1** Розрахункову міцність армуючого геосинтетика визначають за формулами (5.5) – (5.6):

$$T_d = \frac{T_{ном}}{g_m \times g_n}, \quad (5.5)$$

або

$$T_d = \frac{T_f}{A \times A_1 \times A_2 \times A_3 \times g_{без}} = \frac{T_f}{g_3 \times g_{без}}, \quad (5.6)$$

де  $T_d$  – необхідна міцність армуючого геосинтетика, кН/м;

$T_{ном}$  – необхідна номінальна міцність армуючого геосинтетика, кН/м;

$g_m$  – частковий коефіцієнт запасу міцності на зсув ґрунту конструкції (відповідно до таблиці 5.11);

$g_n$  – частковий коефіцієнт запасу втрати внутрішньої стійкості конструкції (відповідно до таблиць 5.7 – 5.10);

$T_f$  – міцність армуючого геосинтетика, визначена відповідно до [5], кН/м;

$A, A_1, A_2, A_3$  - значення часткових коефіцієнтів запасу (відповідно до таблиці 5.13);

$\gamma_{без}$  – коефіцієнт безпеки,  $\gamma_{без} = 1,75$ ;

$\gamma_3$  – загальний коефіцієнт запасу, який рівний добутку значення часткових коефіцієнтів запасу  $A, A_1, A_2, A_3$ .

**Таблиця 5.13** – Коефіцієнти запасу для геосинтетиків із різними матеріалами ВОЛОКОН

Коефіцієнти запасу	Матеріал волокон			
	Полівініловий спирт ПВСП	Поліамід ПА	Поліпропілен ПП	Поліетілен ПЕФ
Повзучість матеріалу ( $A_1$ )	$\frac{2,5}{1,52}$	$\frac{2,5}{2,0}$	$\frac{5,0}{3,0 - 4,0}$	$\frac{2,5}{1,56}$
Пошкодження при влаштуванні шару ( $A_2$ )	$\frac{2,0}{1,11}$	$\frac{2,0}{1,5}$	$\frac{2,0}{1,08}$	$\frac{2,0}{1,28}$
Спосіб з'єднання ( $A_3$ )	1,0	1,0	1,0	1,0
Зовнішнє середовище ( $A_4$ )	$\frac{2,0}{1,00}$	$\frac{3,3}{3,3}$	$\frac{2,0}{1,05}$	$\frac{2,0}{1,11}$
Загальний коефіцієнт запасу, $\gamma_3$	1,68 - 10	10 - 16,5	3,4 - 20	2,21 - 10
<b>Примітка 1.</b> При проектуванні з довготривалою експлуатацією (більше 25 років) необхідно враховувати часткові коефіцієнти запасу наведені в чисельнику.				
<b>Примітка 2.</b> В знаменнику приведені коефіцієнти за даними лабораторних випробувань згідно з [4].				

**5.17.2** Якщо експериментальні дані по визначенню міцності повзучості при розтягуванні  $R_{cr}$  відсутні, то  $R_{cr}$  визначають за формулою (5.7):

$$R_{cr} = \frac{R_p}{g_{cr}}, \quad (5.7)$$

де  $R_{cr}$  – міцність повзучості при розтягуванні, при розрахунках на довготривалий строк служби, кН/м;

$R_p$  – міцність на розрив, при розрахунках на короткотривалий строк служби споруди або конструкції, кН/м;

$g_{cr}$  – частковий коефіцієнт повзучості, відповідно до таблиці 5.13 (примітка 1).

**5.18** Розрахункове значення кута внутрішнього тертя визначають за формулою (5.8):

$$j_{1id} = tg^{-1} \left( \frac{tgj}{g_m} \right) \quad (5.8)$$

**5.19** Коефіцієнти взаємодії ґрунту з геосинтетиком

**5.19.1** Коефіцієнти  $m_{pd}$  і  $m_{dsd}$  опору витягуванню чи проковзуванню, визначають за формулами (5.9, 5.10):

$$m_{pd} = \frac{a_p \times tgj}{g_m \times g_n}, \quad (5.9)$$

$$m_{dsd} = \frac{a_s \times tgj}{g_m \times g_n}, \quad (5.10)$$

де  $m_{pd}$  – коефіцієнт опору витягуванню геосинтетика з ґрунту;

$m_{dsd}$  – коефіцієнт опору проковзуванню ґрунт-геосинтетик або ґрунт-ґрунт;

$a_s$  і  $a_p$  – коефіцієнти взаємодії ґрунту з геосинтетиком (відповідно до таблиць 5.14 – 5.17).

**5.19.2** Коефіцієнт взаємодії зернистого матеріалу з геосинтетиком,  $\alpha$ , при вкладанні в активній зоні земляного полотна та шарах дорожнього одягу для конструктивних шарів із зернистих основ (щебенивих, щебенево-гравійно-піщаних матеріалів, необроблених в'язучими), що влаштовують методом заклинювання та шарів із незв'язних матеріалів наведені в табл. 5.14 – 5.17.

**Таблиця 5.14** – Коефіцієнти взаємодії ґрунту з геосинтетиком,  $a$

Різновид матеріалу	Коефіцієнт $a$	
	Геограти $a_p$	Геотекстиль $a_s$
Глинистий ґрунт (розмір часток менше 0,10 мм)	0,8	0,7
Пісок (від 0,10 мм до 2 мм)	0,9	
Щебінь, гравій, жорства (від 2 мм до 20 мм)	0,95	
Галька (від 20 мм до 200 мм)	1,0	0,8
Брили, валуни (більше ніж 200 мм)		

**Таблиця 5.15** – Коефіцієнт взаємодії зернистого матеріалу з геосинтетиком,  $\alpha$

Матеріал шару	Коефіцієнт $\alpha$	
	Геограти $a_p$	Геотекстиль $a_s$
Щебеневі (гравійні) суміші (С) для покриттів: - неперервна гранулометрія (згідно з ДСТУ Б В 2.7-30) при максимальному розмірі зерен: С1 - 40 мм С2 - 20 мм і С3 - 10 мм	1,00	0,80
	0,95	0,75
Суміші для основ - неперервна гранулометрія: С4 - 120 мм, С5, С6 - 70 мм, С7, С8 - 40 мм С9, С10 - 20 мм	1,00	0,80
	0,95	0,75
Суміш щебенево-піщана виду А (для влаштування шарів дорожнього одягу із сумішей щільного зернового складу), із шлаку металургійного неактивного і слабоактивного виду згідно з ДСТУ Б В.2.7-149 номінальними розмірами зерен: від 10 мм до 20 мм включно від 40 мм до 120 мм включно	0,95	0,75
	1,00	0,80

Таблиця 5.16 – Коефіцієнт взаємодії зернистого матеріалу з геосинтетиком,  $\alpha$

Матеріал шару	Коефіцієнт $\alpha$	
	Геограти $a_p$	Геотекстиль $a_s$
Суміш щебенево-піщана виду Б (для влаштування шарів дорожнього одягу способом заклинювання без застосування в'язучих матеріалів) із шлаку металургійного неактивного і слабоактивного виду згідно з ДСТУ Б В.2.7-149 номінальними розмірами зерен: до 20 мм включно від 40 мм до 120 мм включно	0,95	0,75
	1,00	0,80
Щебінь фракційний марок М 800- М 1400, вкладений за способом заклинювання згідно з ДСТУ Б В.2.7:72 з міцних осадових та метаморфічних порід фр. 70 – 120, фр. 40 – 70 фр. 20 – 40	1,00	0,85
	0,95	0,75
з магматичних порід фр. 70 – 120, фр. 40 – 70 фр. 20 – 40	1,00	0,85
		0,80

Таблиця 5.17 - Коефіцієнт взаємодії зернистого матеріалу з геосинтетиком,  $\alpha$

Матеріал шару	Коефіцієнт $\alpha$	
	Геограти $a_p$	Геотекстиль $a_s$
1	2	3
Пісок (згідно з ДСТУ Б В.2.7-32): - гравійний (понад 25 % за масою зерен крупніших 2 мм) - крупний (понад 50 % за масою зерен крупніших 0.50 мм) - середньої крупності (понад 50 % за масою зерен крупніших 0.25 мм) - дрібний (понад 75 % за масою зерен крупніших 0,10 мм)	0,95 0,90 0,95 0,80	0,75 0,70 0,75 0,70
Відсівів від дроблення кам'яних матеріалів (згідно з [6]) Вапнякових гірських порід Пісковиків марки 1200-200	0,90	0,70
Підібрана суміш з гранітної жорстви (згідно з [6]) Середньої вивітрілості Значної вивітрілості	0,80	0,70
Підібрані суміші із маломіцних вапняків (вапнякові жорстви) Мало перекристалізованих Зі склоподібною поверхнею	0,80	0,70
Золо-шлакова суміш із шлаку і золи мокрого вилучення ТЕЦ із вмістом золи не більше 25 % з додаванням до 25 % піску або супіску	0,80	0,70
Золо-шлакова суміш із щільного гранульованого паливного шлаку ТЕЦ з додаванням до 25 % піску або супіску	0,80	0,70



Кінець таблиці 5.17

1	2	3
Відсів дроблених вивержених гірських порід (відсів гранітний) згідно з ДСТУ Б В.2.7-210	0,90	0,70

**5.20** Умови стійкості з застосуванням коефіцієнтів взаємодії  $m_{pd}$  і  $m_{dsd}$  мають вигляд:

- стійкість проти витягування геосинтетика з масиву ґрунту визначають за формулою (5.11):

$$T_{id} \leq 2 \times m_{pd} \times (g \times h_i + q_s) \times b_i \times L_{ei}, \quad (5.11)$$

- стійкість проти проковзування визначають за формулою (5.12):

$$R_h \leq R_v \times m_{dsd}, \quad (5.12)$$

де  $T_{id}$  – розрахункове зусилля опору витягуванню в  $i$ -му полотні геосинтетика, кН/м;

$g$  – питома вага зернистого матеріалу засипки, кН/м<sup>3</sup>;

$h_i$  – висота конструкції над  $i_{\text{мум}}$  геосинтетичним полотном, м;

$q_s$  – тимчасове привантаження, кН/м<sup>2</sup>;

$b_i$  – ширина  $i_{\text{мого}}$  геосинтетичного полотна, м;

$L_{ei}$  – довжина  $i_{\text{мого}}$  полотна в зоні анкерування, м;

$R_h$  – горизонтальне зсувне зусилля, кН/м;

$R_v$  – вертикальне стискуєче напруження, кН/м<sup>2</sup>.

**5.21** Підсилення дорожнього одягу потрібно виконувати з метою підвищення загальної міцності існуючого дорожнього одягу шляхом збільшення його товщини, заміни одного чи декількох шарів більш міцними згідно з 8.4 ДБН В.2.3-4 та розділом 5 ДБН В.2.3-5 або використання АСМ відповідно до розділу 11 цього документа.

**5.22** Підготовка до дорожньо-будівельних робіт повинна забезпечувати можливість безпечного виконання робіт усіма учасниками будівництва. Підготовка повинна передувати з необхідним випередженням кожному етапу виконання дорожньо-будівельних робіт. Її потрібно організувати як регулярну функціональну систему взаємозв'язаних заходів організаційного, технічного, технологічного і планово-економічного характеру.

**5.23** Будівництво та реконструкцію автомобільних доріг потрібно здійснювати з дотриманням вимог нормативних документів щодо безпеки дорожнього руху, охорони праці, а також вимог проектної документації, ПОБ та ПВР. Організацію та планування дорожньо-будівельних робіт потрібно здійснювати на підставі ПОБ та ПВР.

**5.25** Організацію контролю якості будівництва автомобільних доріг потрібно здійснювати згідно з розділом 8 ДБН А.3.1-5.

## 6 АРМУВАННЯ ОСНОВИ НАСИПУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ГЕОСИНТЕТИЧНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

### 6.1 Загальні положення

**6.1.1** Армування основ насипів геосинтетичними матеріалами виконують:

- 1) за необхідності підвищення стійкості конструкції проти бічного розповзання по контакту "насип-основа";
- 2) для покращення несучої здатності підстиляючої основи;
- 3) для рівномірної передачі навантажень на неоднорідну основу (з локальними слабкими зонами, карстовими порожнинами тощо).

**6.1.2** Для армування основ насипів використовують геотекстилі тканинні та геограти.

#### 6.1.3 Механічні характеристики

**6.1.3.1** Номінальна деформативність для жорсткого армуючого геосинтетика повинна бути не менше ніж в 1,5 рази більшою за максимальну деформацію, для якої визначають січний модуль пружності геосинтетика (відношення напруження, що виникають в геосинтетика до відповідної відносної деформації).

**6.1.3.2** При виникненні небезпеки бічного зміщення насипу в процесі будівництва потрібно приймати в розрахунках міцність геосинтетика при деформації 2 %.

**6.1.3.3** Вимоги з міцності для геосинтетичних полотен визначають в поздовжньому (МН-орієнтація) та поперечному (ПМН - орієнтація) напрямках. Міцність з'єднання переважно оцінюють для ПМН - орієнтації. Залежно від капітальності конструкції, наявності геосинтетика та ефективності з'єднання кількість армуючих шарів може бути збільшена для того, щоб досягнути необхідного запасу міцності. В такому випадку полотна слід перекладати шарами зернистого матеріалу товщиною в межах (0,2 – 0,3) м, або декількома полотнами геосинтетика, які повинні бути механічно з'єднані між собою (зшиті) в одне полотно.

#### 6.1.4 Гідралічні характеристики геосинтетиків

**6.1.4.1** Водопроникність тканинного геосинтетика повинна не менше ніж в 10 разів перевищувати коефіцієнт фільтрації підстиляючого ґрунту. Ефективний розмір отворів встановлюють, виходячи з вимог, наведених в розділі 7; розмір отворів повинен забезпечувати зменшення небезпеки забивання матеріалу і водночас достатнім для затримування частинок ґрунтової основи.

#### 6.1.5 Характеристики довговічності

**6.1.5** При застосуванні в природних ґрунтах з рН – від рН менше ніж 4 до рН більше ніж 9, геосинтетика повинні мати високу стійкість до хімічних і біологічних впливів. Для кислих (з рН менше ніж 4) або лужних (з рН більше ніж 9) ґрунтів, наприклад, промислові зони, близькість до гірничо-рудних підприємств, сховищ відходів тощо, потрібно звертати увагу на хімічну

стійкість полімеру до агресивних середовищ. Хімічну стійкість полімеру потрібно визначати згідно з нормативними документами на технічні тканини.

## 6.2 Конструювання насипів на слабкій основі

**6.2.1** Насипи з слабких ґрунтів, можуть бути двох видів: такі, що споруджують на однорідній основі, і такі, що споруджують на основі з місцевими (локальними) неоднорідностями. На однорідній основі з слабких ґрунтів армуючі матеріали переважно вкладають в поздовжньому напрямку виготовлення геосинтетику (МН – орієнтація) перпендикулярно осі насипу. Додаткове армування з МН - орієнтацією полотна вздовж осі насипу може застосовуватись в місцях примикання осі насипу до споруд, наприклад, при підходах до мостових споруд, тунелів, водопропускних труб тощо. На основах з локальними послабленнями чи пустотами, наприклад, в карстових районах, в місцях старих русел річок, складених пилюватими, глинистими чи заторфованими ґрунтами тощо, армуючі полотна можуть чергуватися вкладанням в обох напрямках.

**6.2.2** Геосинтетики для армування основи вкладають у конструкцію у вигляді полотен, напівзамкнених і замкнених обойм (див. рис. 6.1).



а) одношарове армування насипу напівзамкненою обоймою



б) багатшарове армування насипу напівзамкненими обоймами



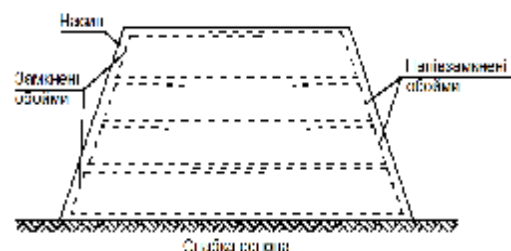
в) багатшарове армування насипу напівзамкненими обоймами з привантажуючими бермами



г) одношарове армування насипу замкненою обоймою



д) одношарове армування насипу напівзамкненою обоймою із заміною ґрунту в основі насипу



е) багатшарове комбіноване (напівзамкнені та замкненні обойми) армування насипу

**Рисунок 6.1** – Способи армування насипів на слабких основах геосинтетичними матеріалами з улаштуванням обойм

**6.2.3** Для недопущення потрапляння води і вимивання ґрунту в карстових регіонах слід використовувати геомембрану, дренажні композити або бентонітові мати. Армована частина конструкції повинна бути захищена від проникнення поверхневої води. Якщо основа є водонепроникною або маловодопроникною, то на рівні основи влаштовують горизонтальний дренажний шар. За необхідності захистити армовану частину від попадання агресивних речовин, дренажі чи ізолюючі прошарки повинні бути влаштовані також з боків і по верху армованої частини конструкції. Перші декілька шарів ґрунту товщиною від 0,5 м до 1,0 м над геосинтетичним матеріалом в основі насипу влаштовують зі стабільного зернистого матеріалу з коефіцієнтом фільтрації не менше ніж 3 м/добу. Для сприяння кращому зчепленню між ґрунтом і геосинтетиком та забезпечення дренажу для розподілу надлишкового порового тиску в ґрунті основи влаштовують дренажні шари із зернистих матеріалів з коефіцієнтом фільтрації більше ніж 2 м/добу. Над дренажними шарами допускається використання місцевих ґрунтів та матеріалів.

**6.2.4** На дуже слабких основах, де передбачено армування геогратами, може виникати необхідність застосування розділяючого і фільтруючого геотекстилю для запобігання змішуванню ґрунту в підшві насипу.

**6.2.5** Армування геосинтетиками доцільно використовувати в комбінації з класичними методами зменшення порового тиску, такими як піщані палі та піщані дрени тощо.

### **6.3 Розрахунки стійкості насипу на слабкій основі**

#### **6.3.1 Розрахунок стійкості насипу на слабкій основі**

**6.3.1.1** Розрахунок стійкості насипу на слабкій основі виконують за критеріями внутрішньої і зовнішньої стійкості та експлуатаційного граничного стану (див. рис. 6.2).

**6.3.1.2** Критеріями розрахунку внутрішньої і зовнішньої стійкості насипу на армованій основі є забезпечення:

- внутрішньої стійкості ґрунту насипу згідно з 6.3.2;
- бічного розповзання насипу згідно з 6.3.3;
- стійкості основи проти витискання згідно з 6.3.4;
- стійкості насипу проти зсуву з обертанням або загальна стійкість насипу згідно з 6.3.5.

**6.3.1.3** Оцінку граничного експлуатаційного стану насипу виконують за критеріями:

- осадки насипу на слабкій основі згідно з 6.3.6;
- деформативності армуючого полотна згідно з 6.3.7.

**6.3.1.4** За результатами розрахунків та за критеріями внутрішньої і зовнішньої стійкості встановлюють необхідну номінальну міцність геосинтетика і мінімальну довжину анкерування полотен згідно з 6.3.8.

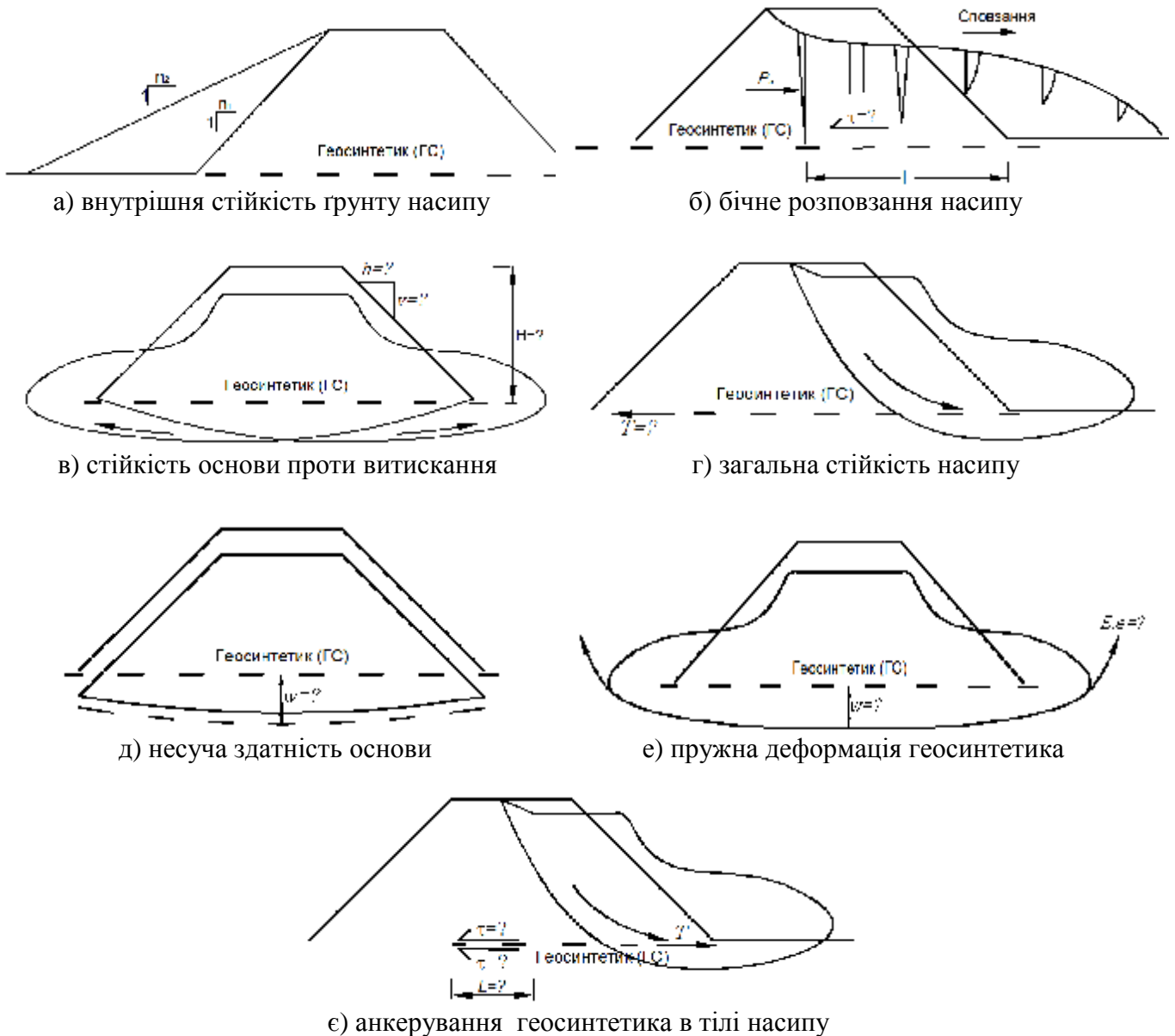


Рисунок 6.2 – Схеми до розрахунку насипу на слабкій основі

### 6.3.2 Внутрішня стійкість ґрунту

6.3.2.1 Внутрішня стійкість ґрунту насипу забезпечується, якщо виконана умова, визначена формулою (6.1):

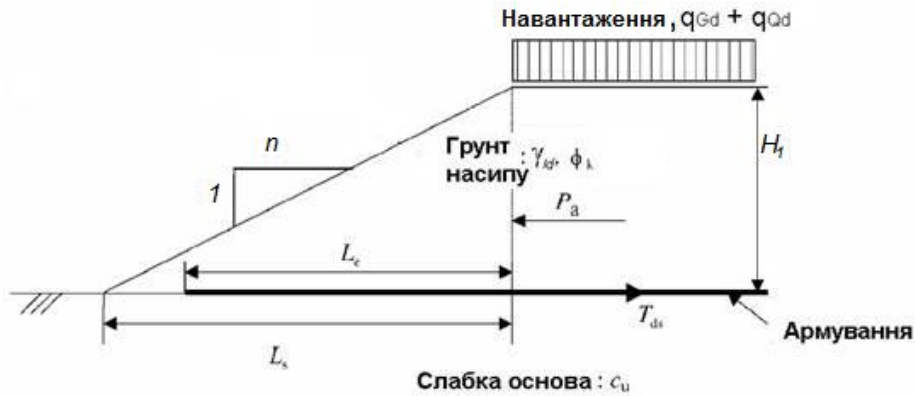
$$\frac{1}{n} = \frac{H_1}{L_s} \leq tgj_{1d}, \quad (6.1)$$

де  $1/n$  – закладання укосу згідно з рисунком 6.3;

$H_1$  – висота насипу, м;

$L_s$  – ширина укісної частини при основі, м;

$j_{1d}$  – нормативне значення кута внутрішнього тертя ґрунту насипу, градуси.



**Рисунок 6.3** – Схема до розрахунку внутрішньої стійкості ґрунту і бічного розповзання насипу

**6.3.2.2** Якщо умова, визначена формулою (6.1) не виконана, потрібно зменшити величину закладання укосу (збільшити  $n$ ) або армувати укіс відповідно до розділу 7.

**6.3.3** Стійкості насипу до бічного розповзання

**6.3.3.1** Для забезпечення стійкості насипу до бічного розповзання армуюче полотно повинно протистояти горизонтальному бічному тиску ґрунту.

**6.3.3.2** Величину розтягуючих зусиль  $T_{ds}$  в геосинтетику, необхідних для стримування розповзання, визначають згідно з рисунком 6.3 за формулою (6.2):

$$T_{ds} = P_a = 0,5 \times K_a \times [g_{1d} \times H_1 + 2 \times (q_{Qd} + q_{Gd})] \times H_1, \quad (6.2)$$

де  $K_a$  – нормативний коефіцієнт бічного тиску ґрунту, який визначають за формулою (6.3) ;

$g_{1d}$  – середньозважене значення питомої ваги ґрунту насипу,  $\text{кН/м}^3$ ;

$q_{Qd}$  і  $q_{Gd}$  – розрахункова інтенсивність, відповідно, рухомого і статичного навантаження на поверхні насипу,  $\text{кН/м}^2$ ;

$$K_a = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{j_{1id}}{2} \right) \quad (6.3)$$

де  $j_{1id}$  – нормативне значення кута внутрішнього тертя ґрунту насипу, градуси.

**6.3.3.3** Мінімальну довжину анкерування  $L_e$  визначають за формулою (6.4):

$$L_e \geq \frac{0,5 \times K_a \times H_1 \times [g_{1d} \times H_1 + 2 \times (q_{Qd} + q_{Gd})] \times g_m}{g_{1d} \times h_1 \times a_1 \times \text{tg} j_{1d}}, \quad (6.4)$$

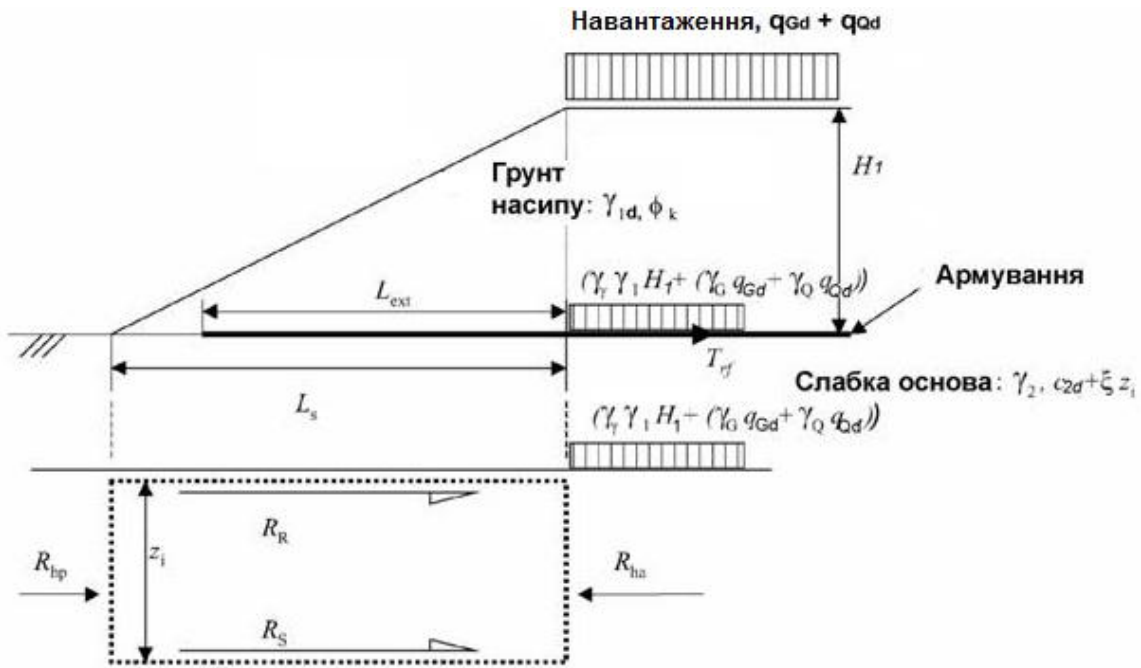
де  $L_e$  – мінімальна необхідна величина анкерування полотен, м;

$h_1$  – середня висота насипу в укісній частині над геосинтетичним полотном, м. При перевірочних розрахунках спочатку приймають  $h_1 = H_1/2$  для  $L_e = L_s$ . Якщо в результаті розрахунку отримано  $L_e \leq L_s$ , то закладання укосу достатнє; при  $L_e > L_s$  – кут закладання укосу  $\beta$  слід зменшити (збільшити  $n$ ) або укіс потрібно армувати обоймами;

$a_1$  – коефіцієнт ефективності взаємодії ґрунту насипу з геосинтетиком відповідно до таблиць 5.12 – 5.15.

### 6.3.4 Стійкість основи проти витискання

**6.3.4.1** Залежно від геометричних розмірів насипу можуть виникати витискаючі зусилля при зсуві в слабкій основі. Витискання ґрунту особливо проявляється в товщі з малою несучою здатністю і незначною потужністю. Щоб запобігти подібному витисканню, ширина укосу насипу  $L_s$  і величина анкерування  $L_{ext}$  повинні бути достатніми, для отримання необхідних зусиль стримування в армуючому полотні  $R_R$  (див. рис. 6.4).



**Рисунок 6.4** – Схема розподілення зусиль для розрахунку стійкості основи проти витискання

**6.3.4.2** Припускають, що  $L_{ext} = L_s$ . У випадку, коли міцність на зсув ґрунту основи зростає з глибиною. Змінюючи товщину слабого шару  $z_i$ , методом послідовних наближень знаходять найбільше значення  $L_{ext}$ , яке повинно відповідати умові (6.5):

$$L_{ext} \geq \frac{(g_{1d} \times H_1 + q_{Gd} + q_{Qd} - (4c_{2d} + 2 \times x_d \times z_d)) \times z_d}{(1 + a_2) \times c_{2d} + x_d \times z_d} \geq 0, \quad (6.5)$$

де  $c_{2d}$  – розрахункове значення зчеплення ґрунту основи під подошвою

армування,  $\text{кН/м}^2$ ;

$\chi_d$  – коефіцієнт збільшення проектного значення міцності ґрунту на зсув на метр глибини під подошвою армування (береться за даними інженерно-геологічних вишукувань, в іншому випадку, приймається рівним нулю);

$z_d$  – глибина нижньої поверхні ковзання, м;

$a_2$  – коефіцієнт ефективності взаємодії ґрунту основи з геосинтетиком відповідно до таблиць 5.12 – 5.15.

**6.3.4.3** Якщо несуча здатність товщі слабкого ґрунту не змінюється з глибиною, рекомендується для розрахунку обмежувати її товщину до  $z_{d \max} = 1,5 \times H_1$  при коефіцієнті закладання укосу  $1,5 < n < 3,0$ .

**6.3.4.4** При заляганні неоднорідних ґрунтів для розрахунку приймають глибину активної зони, в межах якої виконується умова:

$$\sigma_z \leq 0,1 \times \sigma_h, \quad (6.6)$$

де  $\sigma_z$  – вертикальне стискаюче напруження,  $\text{кН/м}^2$ ;

$\sigma_h$  – напруження від власної ваги,  $\text{кН/м}^2$ .

$$\sigma_h = \sum_{i=1}^n \gamma_i \times z_i, \quad (6.7)$$

де  $n$  – кількість шарів;

$\gamma_i$  – питома маса  $i$ -того шару ґрунту,  $\text{кН/м}^3$ ;

$z_i$  – потужність  $i$ -того шару ґрунту, м.

**6.3.4.5** Якщо із розрахунку отримано  $L_{ext} > L_s$ , величину кута закладання укосу  $\beta$  слід зменшити (збільшити  $n$ ). Приймаючи  $L_s = L_{ext}$  необхідну міцність армуючого геосинтетика  $T_{rf}$ , визначають за формулою (6.8):

$$T_{rf} = a_2 \times c_{2d} \times L_{ext}. \quad (6.8)$$

**6.3.4.6** В розрахунках стійкості основи проти витискання слід застосовувати привантажуючі берми з урахуванням їх впливу в розрахунку.

**6.3.5** Стійкість насипу проти зсуву з обертанням або загальна стійкість насипу

**6.3.5.1** Стійкість насипу оцінюють методом круглоциліндричних поверхонь ковзання. Метод передбачає розбивання тіла насипу та основи на блоки. Положення найбільш небезпечної поверхні ковзання визначають за традиційною методикою. Армуючий прошарок забезпечує додатковий утримуючий момент для забезпечення загальної стійкості насипу.

**6.3.5.2** Потрібне зусилля армування  $T_{RC}$  для найбільш небезпечної критичної поверхні ковзання визначають за формулою (6.9):



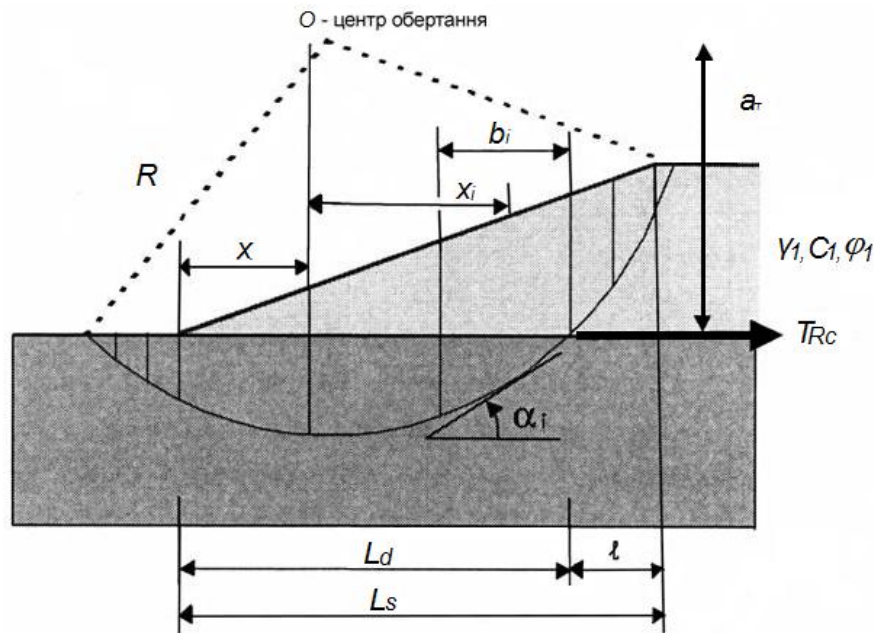
$$T_{Rc} = \frac{(\sum N_{di} - \sum F_{di}) \times R}{a_T}, \quad (6.9)$$

де  $\sum N_{di}$  – рівнодійна зсувних сил всіх блоків, що складають відсік обвалення, кН/м;

$\sum F_{di}$  – рівнодійна утримуючих сил всіх блоків, що складають відсік обвалення, кН/м;

$R$  – радіус найбільш небезпечної критичної поверхні ковзання, м;

$a_T$  – плече моменту армуючого полотна, м (див. рис. 6.5).



**Рисунок 6.5** – Схема до розрахунку стійкості насипу за методом круглоциліндричної поверхні ковзання

**6.3.5.3** Рівнодійну утримуючих сил  $i$ -того блоку  $F_{di}$  визначають за формулою (6.10):

$$F_{di} = (P_{di} + q_Q \times b_i + q_G \times b_{iq}) \times \cos a_i \times \operatorname{tg} j_d + c_d \times b_i \times \sec a_i, \quad (6.10)$$

де  $P_{di}$  – розрахункова вага погонного метра блоку, що розглядається, кН/м;

$q_Q$  – інтенсивність рухомого навантаження на поверхні насипу, кН/м<sup>2</sup>;

$b_i$  – ширина  $i$ -того блоку, що розглядається, визначається за умови, за наявності від 6 до 8 блоків, ширина блоку не повинна бути більше ніж 1,5 м;

$q_G$  – інтенсивність зовнішнього постійного навантаження, кН/м<sup>2</sup>;

$b_{iq}$  – ширина ділянки зовнішнього постійного навантаження у межах  $i$ -того блоку, що розглядається, м;

$\alpha_i$  – кут нахилу поверхні ковзання  $i$  – того блоку до горизонталі, що розглядається, град.;

$\text{tg} j_d$  – розрахункове значення кута внутрішнього тертя ґрунту, приймається залежно від положення відрізка критичної поверхні ковзання у межах розрахункового блоку (ґрунт насипу або основи);

$c_d$  – розрахункова величина зчеплення ґрунту,  $\text{кН/м}^2$ , приймається залежно від положення відрізка критичної поверхні ковзання у межах розрахункового блоку (ґрунт насипу або основи).

**6.3.5.4** Рівнодійну зсувних сил визначають за формулою (6.11):

$$N_{di} = (P_{di} + q_{Q_d} \times b_i + g_f q_G \times b_{i_q}) \times \sin \alpha_i, \quad (6.11)$$

де  $g_f$  – частковий коефіцієнт запасу на навантаження.

**6.3.5.5** Для того, щоб в геосинтетичному полотні мобілізувати зусилля армування  $T_{Rc}$ , розраховують необхідну довжину анкерування за формулою (6.12):

$$L_p \geq \frac{g_m \times T_{Rc}}{g_{1d} \times h \times a_1 \times \text{tg} j_{1d} + a_2 \times c_{2d}}, \quad (6.12)$$

де  $h$  – середня висота насипу над армуючим полотном, м;

$\text{tg} j_{1d}$  – розрахункове значення кута внутрішнього тертя ґрунту над геосинтетиком.

**6.3.5.6** Розрахункове значення положення лінії перетину армуючого прошарку з найбільш небезпечною поверхнею ковзання визначають за формулою (6.13):

$$L_d = X + \sqrt{R^2 - H_i^2}, \quad (6.13)$$

$$l = L_s - L_d, \quad (6.14)$$

де  $X$  – відстань від центру обертання до підшови насипу (див. рис. 6.5), м;

$R$  – радіус найбільш небезпечної критичної поверхні ковзання, м;

$H_i$  – висота  $i$ -го блоку, м.

**6.3.5.7** Мінімальну необхідну величину анкерування  $L_b$  визначають за формулою (6.15):

$$L_b = L_p + l, \quad (6.15)$$

де  $l$  – відстань по горизонталі від брівки земляного полотна до лінії перетину потенційної поверхні ковзання з армуючим полотном (див. рис. 6.5), м.

**6.3.6** Величину осідання насипу на слабкій основі розраховують за

методом круглоциліндричних поверхонь.

**6.3.7** При оцінці гранично-експлуатаційного стану за критерієм деформативності армуючого полотна, необхідний січний модуль пружності при  $\varepsilon$  максимально-допустимій відносній деформації  $E_{необх}$ , кН/м, повинен задовольняти умові (6.16):

$$E_{необх} \geq \frac{T_d}{\varepsilon}, \quad (6.16)$$

де  $T_d$  – розрахункова міцність геосинтетика, кН/м;

$\varepsilon$  – максимальна допустима відносна деформація геосинтетика, доли одиниці. Для забезпечення допустимих пружних деформацій конструкції з досвіду встановлено, що максимальна деформація геосинтетика залежить від типу ґрунту: для зв'язних ґрунтів  $\varepsilon = 0,05 - 0,10$  (5 – 10%), для незв'язних ґрунтів  $\varepsilon = 0,02$  (2%), для заторфованих ґрунтів  $\varepsilon = 0,02 - 0,10$  (2 – 10%).

**6.3.8** Визначення необхідної номінальної міцності геосинтетика

**6.3.8.1** Проектне зусилля в геосинтетику, необхідне для армування основи,  $T_r$ , приймають як найбільше значення максимального зусилля, необхідного для забезпечення стійкості насипу проти зсуву з обертанням  $T_{Rc}$ , згідно з формулою (6.15), або суми максимального зусилля опору бічному розповзанню насипу  $T_{ds}$ , згідно з формулою (6.2) і максимального зусилля для стримування основи проти витискання  $T_{rf}$ , згідно з формулою (6.17):

$$T_r = \max\{T_{Rc} \times (T_{ds} + T_{rf})\}. \quad (6.17)$$

**6.3.8.2** Необхідна розрахункова міцність геосинтетика для армування основи повинна задовольняти умові (6.18) :

$$T_d \geq T_r, \quad (6.18)$$

де  $T_d$  – розрахункова міцність геосинтетика для армування основи, кН/м;

$T_r$  – розрахункове зусилля, яке повинно передаватись геосинтетичному полотну при армуванні основи, кН/м.

**6.3.8.3** Необхідна номінальна довготривала міцність геосинтетика,  $T_{ном}$ , повинна задовольняти умові:

$$T_{ном} \geq T_d \times g_m \times g_n. \quad (6.19)$$

**6.3.8.4** Розрахункову довжину закладання армуючих полотен в укісній частині насипу приймають як більшу з довжин, визначених розрахунками на зсув з обертанням  $L_b$ , згідно з формулою (6.15), бічного розповзання  $L_e$ , згідно з формулою (6.2) і витискання основи  $L_{ext}$ , згідно з формулою (6.5):

$$L_{imb} = \max\{L_e; L_{ext}; L_b\}, \quad (6.20)$$

де  $L_{imb}$  – розрахункова довжина  $i$  – того полотна геосинтетика в зоні анкетування, м.

## 6.4 Виконання армування основи насипу автомобільних доріг

### 6.4.1 Загальні вимоги до вкладання геосинтетичних матеріалів:

- основа під укладання геосинтетичних матеріалів повинна бути звільнена від предметів, які можуть пошкодити матеріал (гостре каміння, коріння та гілля дерев, будівельне сміття тощо);
- напрямок укладання геосинтетичних полотен визначають згідно з 6.2.1;
- послідовність і напрямок укладання геосинтетичних полотен повинні узгоджуватись з напрямком ведення будівельних робіт. Кожне наступне полотно геосинтетичного матеріалу в частині перекриття повинно бути заведене під вже вкладене полотно геосинтетичного матеріалу для запобігання їх зминанню та зміщенню при укладанні та розподілі шарів зернистих матеріалів поверху способом "від себе";
- влаштування швів паралельно осі дороги заборонено (згідно з 6.2.1);
- складки і зморшки, які виникли на поверхні геосинтетичних полотен при їх укладанні, необхідно розрівняти вручну;
- за необхідності полотна пришпилюють до основи щоб запобігти їх зриванню вітром.

### 6.4.2 Способи з'єднання полотен геосинтетичних матеріалів

6.4.2.1 Способи з'єднання полотен геосинтетичних матеріалів в будь-якому напрямку наведені на рисунку 6.6.

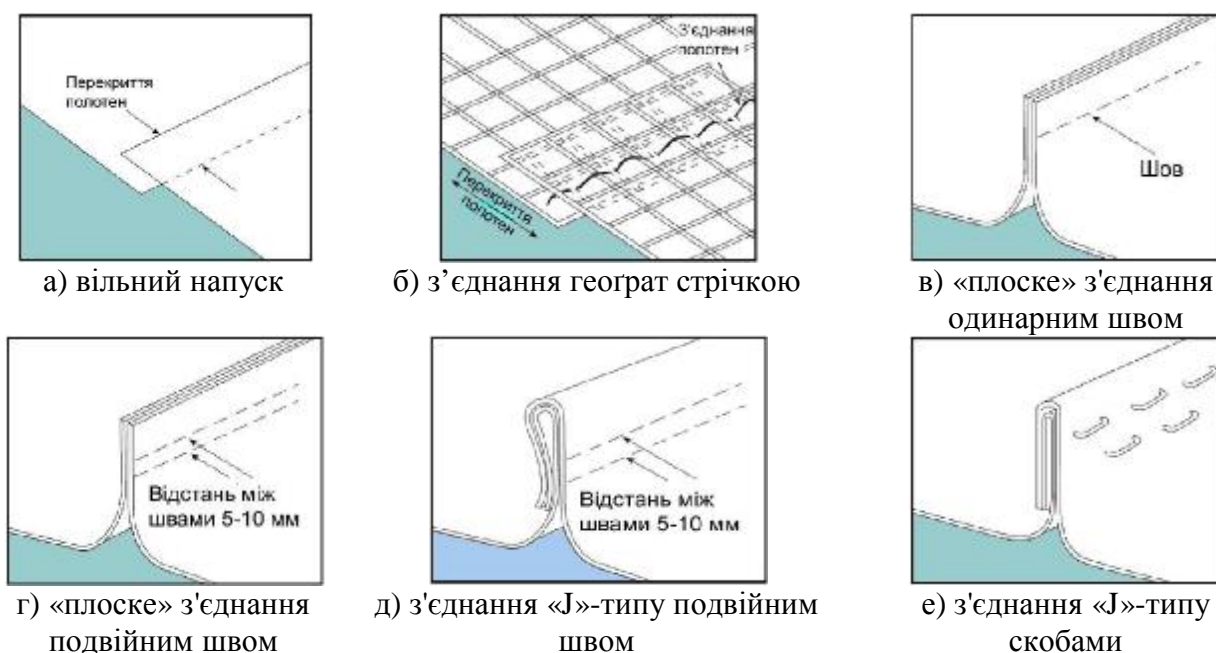


Рисунок 6.6 – Способи з'єднання полотен геосинтетичних матеріалів

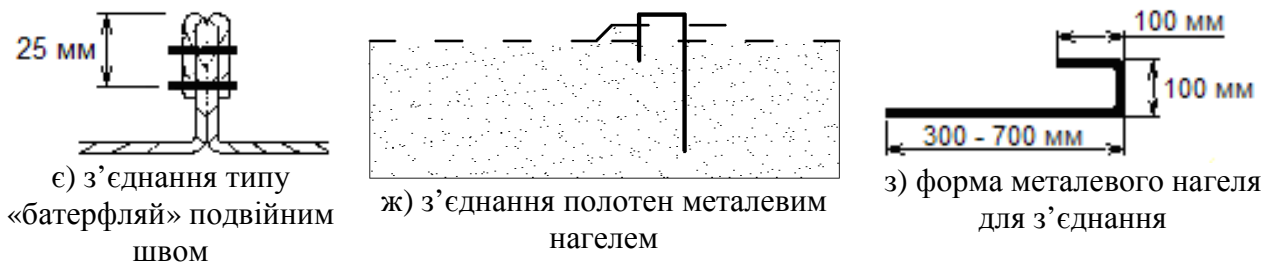


Рисунок 6.6, аркуш 2

**6.4.2.2** Вимоги до зшивання (з'єднання) полотен геосинтетичних матеріалів:

– *матеріал нитки* для зшивання полотен повинен бути з тієї ж сировини, що і геосинтетичний матеріал (кевлар, поліпропілен, поліефір, поліамід тощо). Міцність нитки повинна бути не меншою за міцність волокон геотекстилю;

– *необхідний натяг нитки* встановлюють пробними зшиваннями (в польових умовах);

– *щільність шва* (кількість петель на одиницю довжини шва) повинна бути від 2 до 4 петель на 25 мм довжини, в залежності від виду, густини та міцності геотекстилю;

– *кількість швів* двох полотен геосинтетичного матеріалу може становити від 1 до 3 в залежності від виду, густини та міцності геотекстилю, відстань між швами – (5 – 10) мм;

– *тип петельного шва* – рекомендується двопетельний шов;

– *міцність шва* перевіряють випробуванням зразків зшитого геосинтетичного матеріалу в лабораторних умовах;

– *відстань від шва до краю геосинтетичного матеріалу та оптимальну відстань між скобами* встановлюють випробуванням зразків геосинтетичних матеріалів в лабораторних умовах.

**6.4.2.3** Мінімальна величина перекриття полотен геосинтетичного матеріалу при вільному напуску становить 0,5 м і може бути збільшена до 1,0 м при недостатній несучій здатності ґрунтової основи. На ділянках торфу величина перекриття може бути збільшена до (2,0 – 2,5) м. Полотна геосинтетичного матеріалу в місцях перекриття повинні додатково кріпитись до основи за допомогою нагелів через кожні 2,5 м. Необхідну величину перекриття полотен і оцінку міцності швів в залежності від модуля пружності основи встановлюють у відповідності з 10.3.6. За необхідності передачі зусиль між полотнами їх зшивають, склеюють, з'єднують скобами, стрічками тощо.

**6.4.2.4** Оптимальним типом з'єднання є «плоске» з'єднання. З'єднання «J»-типу та «батерфляй» є найбільш міцним (див. рис. 6.6).

**6.4.3** Ремонт пошкоджень полотен геосинтетичного матеріалу:

– при дефектах, величина яких перевищує половину ширини полотна геосинтетичного матеріалу, пошкоджену частину відрізають на всю ширину і заміняють новим полотном, яке з'єднують одним зі способів згідно з

рисунком 6.6;

– при дефектах, менших половини ширини полотна геосинтетичного матеріалу, вирізають і замінюють лише пошкоджену частину з наступним з'єднанням з полотном;

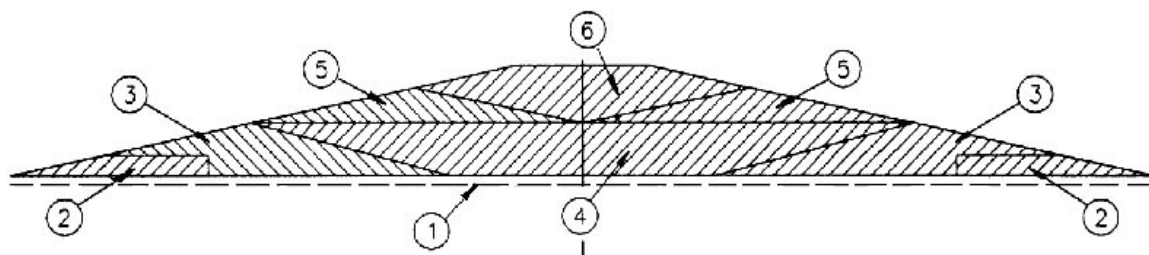
– незначні дефекти полотна геосинтетичного матеріалу, менші ніж 150 мм, можуть відремонтувати перекриттям пошкоджених ділянок новим геосинтетичним полотном необхідного розміру, з напуском не менше ніж 1 м в кожен бік від дефекту.

#### 6.4.4 Засипка полотен геосинтетичних матеріалів

**6.4.4.1** Полотна геосинтетичних матеріалів засипають ґрунтом або зернистим матеріалом в напрямку від полотен, які перекривають, до полотен, які підстеляють. Мінімальна товщина шару ґрунту або зернистого матеріалу засипки над полотном геосинтетичного матеріалу повинна бути не менше ніж 0,2 м. Заїзд будівельної техніки для розвантаження матеріалу засипки безпосередньо на полотно геосинтетичного матеріалу заборонено.

**6.4.4.2** Послідовність влаштування шарів ґрунту над армуючим матеріалом на *дуже слабких основах* (модуль деформації менше ніж 5 МПа) (див. рис. 6.7).

**6.4.4.3** Особливу увагу слід приділяти першому шару відсипки над полотном геосинтетичного матеріалу: висота навантаження не повинна перевищувати 1 м; ґрунт потрібно розподіляти відразу ж після розвантаження, щоб запобігти локальному продавлюванню слабкої основи; рух транспортних засобів над першим насипаним шаром потрібно здійснювати вздовж осі насипу дороги; ущільнення шару слід виконувати лише проходженням транспортуючої та розподіляючої ґрунт техніки; різкі розвороти, гальмування і розгін техніки заборонені. Якщо глибина колії від транспорту в ґрунті першого шару відсипки перевищує 75 мм, то застосовують більш легку техніку або зменшують її завантаженість.



а) поперечний профіль

- 1 – укладання шарів армуючого геосинтетика;
- 2 – влаштування берм (під'їзних доріг);
- 3 – влаштування зовнішніх секцій для анкерування геосинтетика;
- 4 – влаштування центральної частини насипу;
- 5 – влаштування укісних частини;
- 6 – влаштування верхньої частини насипу

**Рисунок 6.7** – Послідовність насипання ґрунту над армуючим полотном геосинтетичного матеріалу на дуже слабкій основі

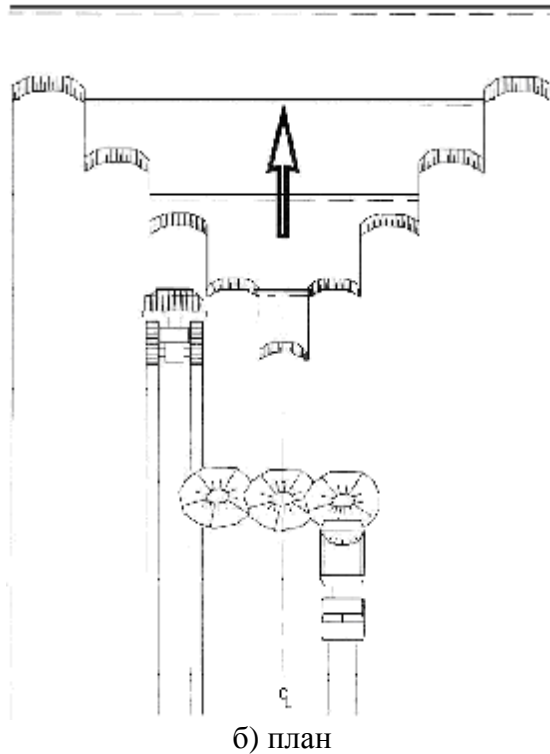
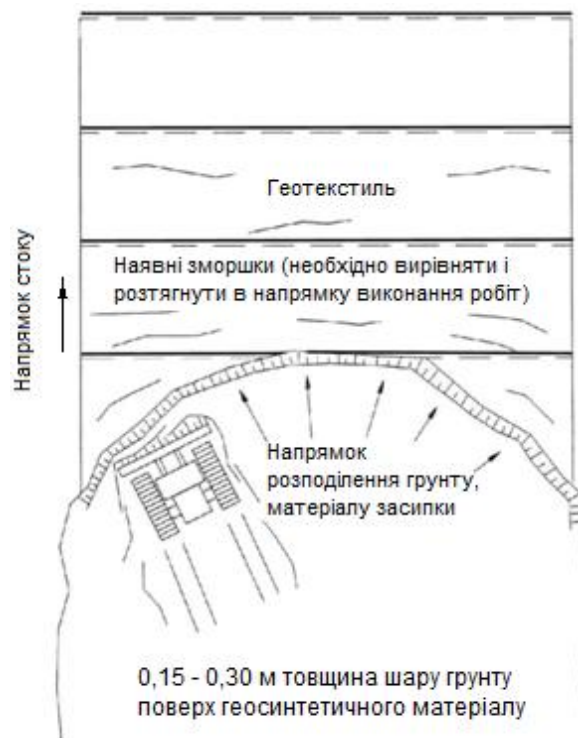


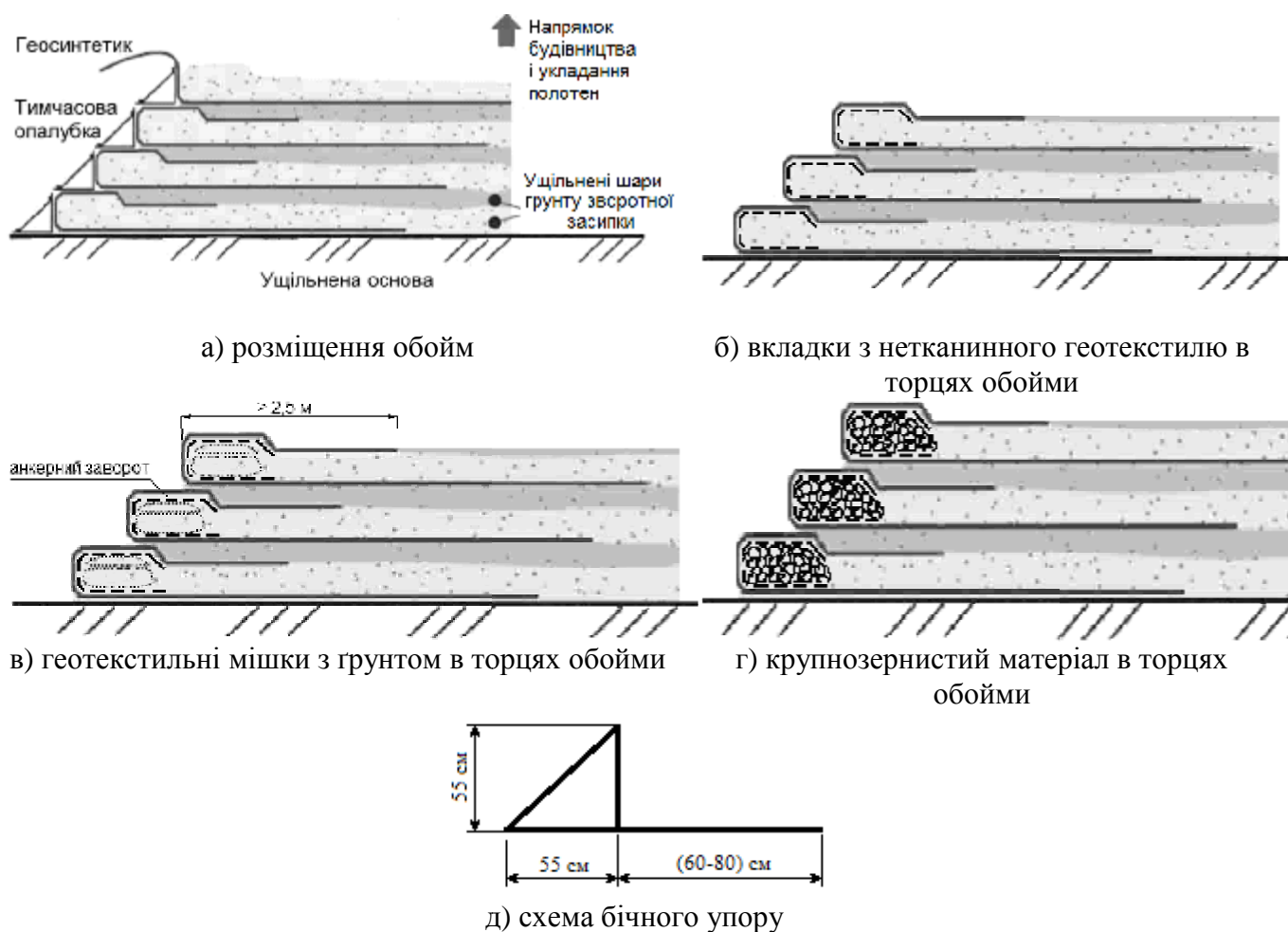
Рисунок 6.7, аркуш 2

**6.4.4.4** Послідовність влаштування шарів ґрунту над армуванням на основах з модулем деформації більше ніж 5 МПа виконують згідно з рисунком 6.8.



**Рисунок 6.8** – Схема насипання ґрунту над полотном геосинтетичного матеріалу на слабкій основі (з модулем деформації більше за 5 МПа)

**6.4.57** При укладанні в основу насипу ґрунтово-геосинтетичних обойм, їх торцеву частину влаштовують за допомогою тимчасової опалубки (див. рис. 6.9 (а - д)). Мінімальна величина анкерного завороту в бічній частині напівзамкнених обойм з обох сторін повинна бути не менше ніж 2,5 м. При використанні для армування геограт, розмір отворів яких значно перевищує діаметр зерен матеріалу засипки, в торцевій частині обойми влаштовують вкладки з нетканинного геотекстилю, мішків з геотекстильних матеріалів із ґрунтом (див. рис. 6.9 (б, в, г)) або відсипають крупнозернистий матеріал.



**Рисунок 6.9** – Влаштування бічної частини ґрунтово-геосинтетичних обойм за допомогою тимчасової опалубки

## 7 АРМУВАННЯ І СТАБІЛІЗАЦІЯ УКОСІВ

### 7.1 Загальні положення

#### 7.1.1 Армування і стабілізація укосів

**7.1.1.1** Армування і стабілізацію укосів застосовують в насипах автомобільних доріг для забезпечення їх стійкості:

- за необхідності збільшення їх крутизни до 70°;
- в армоґрунтових підпірних стінках з крутизною від 70° до 90°;



- на підходах до мостів і в берегових опорах мостів;
- за необхідності зменшення смуги відведення під час нового будівництва, реконструкції з розширенням земляного полотна, ремонту обрушених укосів насипів або виїмок та спорудження насипів з перезволожених дрібнозернистих ґрунтів.

**7.1.1.2** Варіанти первинного та вторинного армування та стабілізації укосу насипу наведені на рисунку 7.1.



**Рисунок 7.1** – Схема армування і стабілізації укосу насипу

**7.1.2** Рекомендованими геосинтетичними матеріалами для армування і стабілізації укосів є:

- для первинного армування - геотрати з міцністю на розтяг не менше ніж 30 кН/м із поліефірних, поліпропіленових чи поліамідних волокон;
- для вторинного армування - геотекстилі тканинні і нетканинні;
- геомати для захисту поверхні укосу від ерозії.

**7.1.3** Фізико-технічні показники геосинтетичних матеріалів (див. таблицю 5.1) для *первинного* армування укосів аналогічні вимогам до армуючих матеріалів для слабких основ, згідно з розділом 6; матеріали для *вторинного* армування повинні відповідати вимогам до геосинтетичних матеріалів, які виконують функцію розділяння згідно з розділом 10; вимоги до геосинтетичних матеріалів для *протиерозійного захисту* наведено в розділі 11.

## **7.2 Конструювання укосу насипу із застосуванням геосинтетичних матеріалів**

**7.2.1** Елементами армування і стабілізації укосу є первинне і вторинне армування, захист поверхні укосу від ерозії і система дренажу (рисунок 7.1).

**7.2.2** *Первинне армування* повинно забезпечувати загальну стійкість укосу, виконують полотнами геосинтетика, які закладають в тіло укосу на ширину, що заходить за лінію можливого обрушення укосу.

**7.2.3** *Вторинне армування* повинно забезпечувати стійкість укісної частини під час ущільнення. Для цього застосовують достатньо міцні

геотекстилі тканинні і нетканинні з додатковою функцією фільтрації. Полотна геосинтетичного матеріалу закладають на ширину до 2 м в тіло укосу між полотнами первинного армування. Якщо кут закладання укосу більше ніж  $45^\circ$ , то полотна вторинного армування можуть загортатись для запобігання обсіпанню та вимиванню ґрунту в торцевій частині, чи застосовуватись крупнозернистий матеріал засипки в торці згідно з рисунком 6.9 (в, г, д).

**7.2.4** Для забезпечення загальної стійкості укосу необхідно влаштовувати систему дренажу армованого укосу, окрім випадків спорудження насипу із зернистих (дренуючих) матеріалів.

**7.2.5** Проектування *протиерозійного захисту* поверхні укосу виконують відповідно до розділу 11. Проектування *дренажу* виконують відповідно до розділу 9.

### 7.3 Розрахунок стійкості укосу насипу із застосуванням геосинтетичних матеріалів

#### 7.3.1 Розрахунок стійкості укосу

**7.3.1.1** Розрахунок стійкості укосу виконують за критеріями внутрішньої, зовнішньої і комбінованої стійкості та експлуатаційного граничного стану (див. рис. 7.2).

**7.3.1.2** *Внутрішня стійкість* характеризує роботу ґрунту і геосинтетичних полотен в армованій частині конструкції. При цьому вважається, що площина ймовірного обриву проходить крізь армуючі полотна.

**7.3.1.3** *Зовнішня стійкість* характеризує роботу армованої конструкції в цілому, без урахування способу армування, а площина ймовірного обриву проходить поза чи під армованою частиною.

**7.3.1.4** *Комбінована втрата стійкості* може виникати, коли лінія обриву проходить одночасно поза армуванням і безпосередньо через армовану частину.

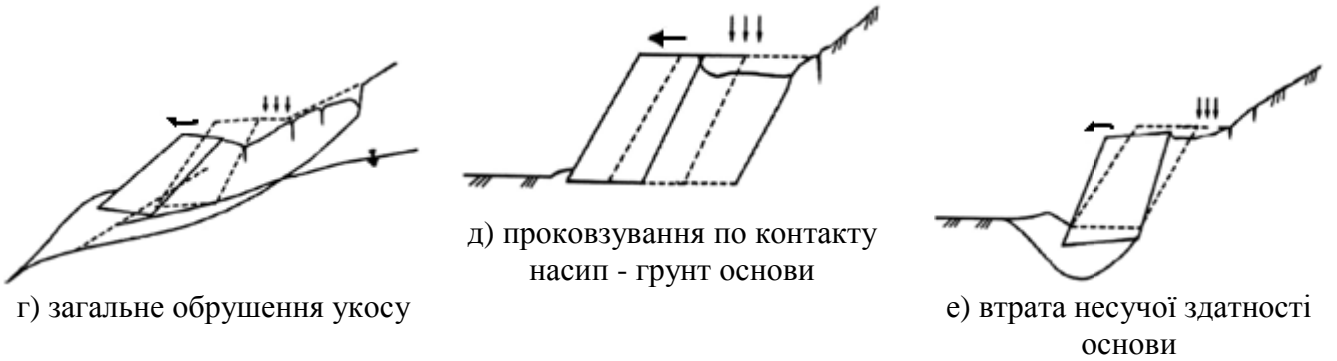
**7.3.1.5** *Експлуатаційні граничні стани* визначають критичні значення усадки і деформації, перевищення яких впливає на експлуатаційні якості конструкції.

#### I Втрата внутрішньої стійкості укосу



**Рисунок 7.2** – Схеми втрати стійкості укосів

**II Втрата зовнішньої стійкості укосу**



**III Втрата стійкості укосу за комбінованою схемою**



**IV Експлуатаційні граничні стани укосу**



**Рисунок 7.2, аркуш 2**

**7.3.1.6** Розрахунок можна виконувати за методом кінечних елементів по спеціалізованих програмах, які реально відображають умови роботи геосинтетиків в конструкції, або за методикою, послідовність якої описана нижче:

- 1) виконують розрахунок необхідного армування для стабілізації укосу (за критеріями внутрішньої, зовнішньої та комбінованої стійкості) згідно з 7.3.2 – 7.3.4;
- 2) оцінюють можливість досягнення експлуатаційного граничного стану за час експлуатації конструкції згідно з 7.3.5;
- 3) встановлюють необхідну номінальну міцність геосинтетика згідно з 7.3.6;
- 4) встановлюють вимоги до системи водовідведення (поверхневий стік і дренаж) згідно з 7.3.7;
- 5) порівнюють проектні варіанти за критерієм «ефективність - вартість» згідно з 7.3.8.

**7.3.2 Розрахунок внутрішньої стійкості армованого укосу.**

**7.3.2.1** Оцінку внутрішньої стійкості армованого укосу виконують згідно з методом круглоциліндричних поверхонь ковзання. Метод передбачає розбивання тіла насипу та основи на блоки. Визначення положення найбільш небезпечної поверхні ковзання виконують за традиційною методикою.

**7.3.2.2** Загальне армуюче зусилля  $T_s$ , необхідне для забезпечення заданої внутрішньої стійкості укосу, визначають за формулою (7.1):

$$T_s = ([K_R] - K_U) \times \frac{M_D}{R}, \tag{7.1}$$

де  $T_s$  – сумарне необхідне армуюче зусилля, яке повинне створюватись геосинтетичними полотнами для стабілізації укосу;

$[K_R]$  – мінімально допустимий коефіцієнт стійкості армованого укосу, для доріг I та II категорій приймають рівним 1,5, для III–V категорій – 1,3;

**Примітка.** Коефіцієнт стійкості армованого укосу може бути збільшений або зменшений в залежності від важливості споруди, що проектується при відповідному техніко– економічному обґрунтуванні.

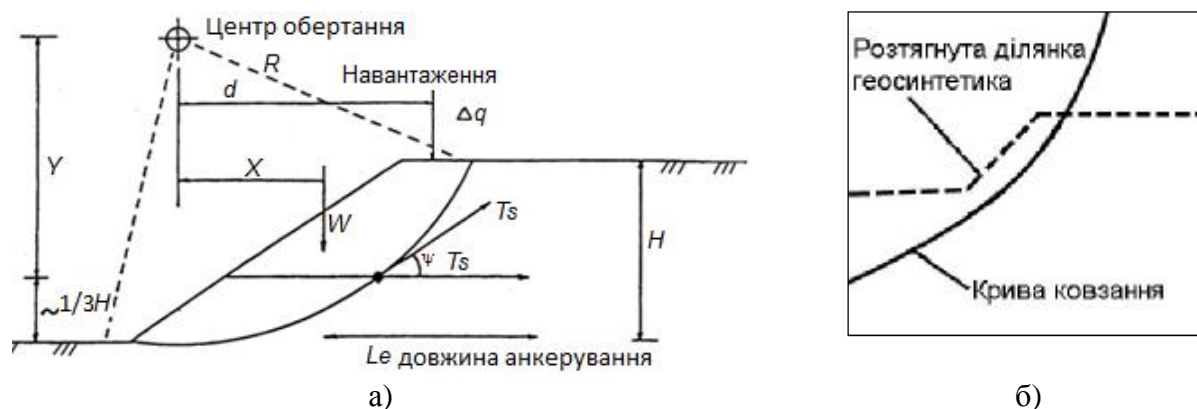
$K_U$  – фактичний коефіцієнт стійкості неармованого укосу визначають за формулою (7.2):

$$K_U = \frac{M_R}{M_D}, \tag{7.2}$$

де  $M_D$  – обертаючий момент зсувних сил відносно центра кривої обертання, кН/м;

$M_R$  – момент утримуючих сил відносно центра обертання, кН/м;

$R$  – радіус кривої обертання (м), і плече моменту від зусилля  $T_s$  відносно центра обертання згідно з рисунком 7.3.



**Рисунок 7.3** – Схеми для визначення необхідної міцності армуючого геосинтетика

**7.3.2.3** Обертаючий момент зсувних сил відносно центра кривої обертання  $M_D$  визначають за формулою (7.3):

$$M_D = R \times \sum (P_{di} + q_Q \times b_i + q_G \times b_{iq}) \times \sin a_i. \quad (7.3)$$

**7.3.2.4** Момент утримуючих сил  $M_R$  відносно центра обертання визначають за формулою (7.4):

$$M_R = R \times \sum [(P_{di} + q_Q \times b_i + q_G \times b_{iq}) \times \cos a_i \times \text{tg} j + c \times b_i \times \sec a_i], \quad (7.4)$$

де  $\text{tg} j$  – значення кута внутрішнього тертя ґрунту, приймається залежно від положення відрізка критичної поверхні ковзання у межах розрахункового блоку (ґрунт насипу або основи);

$c$  – зчеплення ґрунту, приймається залежно від положення відрізка критичної поверхні ковзання у межах розрахункового блоку (ґрунт насипу або основи), кН/м<sup>2</sup>.

**7.3.2.5** В залежності від висоти укосу армування виконують двома способами: коли відстань між полотнами та їх міцність незмінна; коли армування розділяють на дві чи три зони, в межах яких змінюють відстань між полотнами геосинтетика та їх міцність.

**7.3.2.6** Для двох зон міцність полотен повинна задовольняти умовам (7.5):

$$T_{\text{низ}} \geq 3/4 \times T_s, \quad (7.5 \text{ а})$$

$$T_{\text{верх}} \geq 1/4 \times T_s. \quad (7.5 \text{ б})$$

**7.3.2.7** Для трьох зон міцність полотен геосинтетичних матеріалів повинна задовольняти умовам (7.6):

$$T_{\text{низ}} \geq 1/2 \times T_s, \quad (7.6 \text{ а})$$

$$T_{\text{сер}} \geq 1/3 \times T_s, \quad (7.6 \text{ б})$$

$$T_{\text{верх}} \geq 1/6 \times T_s. \quad (7.6 \text{ в})$$

**7.3.2.8** Для кожної зони визначають вертикальні відстані між окремими геосинтетичними полотнами  $S_{\text{зони}}$  та їх міцності. Для цього, задаючись міцністю армуючого геосинтетика  $T_{\text{дон}}$ , розраховують необхідну кількість полотен геосинтетика за формулою (7.7):

$$N_{\text{зони}} = \frac{T_{\text{зони}}}{T_d}, \quad (7.7)$$

де  $N_{\text{зони}}$  – необхідна кількість армуючих полотен геосинтетика у зоні, що розглядається;

$T_{\text{зони}}$  – загальна необхідна міцність полотен для зони, що розглядають;

$T_d$  – розрахункова міцність геосинтетика з урахуванням коефіцієнтів

запасу на повзучість, хімічну стійкість та пошкодження при укладанні згідно з формулою (5.5).

**7.3.2.9** Відстань між полотнами з міцністю  $T_{дон}$  визначають за формулою (7.8):

$$S_{зони} = \frac{H_{зони}}{N_{зони}}, \quad (7.8)$$

де  $S_{зони}$  – вертикальна відстань між армуючими полотнами у вибраній зоні, м;

$H_{зони}$  – висота зони, м.

**7.3.2.10** Короткі полотна вторинного армування, довжиною від 1 м до 2 м, укладають між полотнами первинного армування, якщо відстань між останніми більше ніж 0,6 м згідно з рисунком 7.4.



**Рисунок 7.4** – Схема закладення полотен вторинного армування між полотнами первинного армування

**7.3.2.11** Перевірку правильності розташування армуючих полотен (див. рис. 7.5) виконують окремо для кожного  $i$ -го полотна геосинтетика за формулою (7.9):

$$K_{Ri} = K_{Ui} + \frac{T_{Si} \times R_i}{M_{Di}} \geq [K_R], \quad (7.9)$$

де  $K_{Ri}$  – фактичний коефіцієнт стійкості армованого укосу над  $i$ -тим полотном;

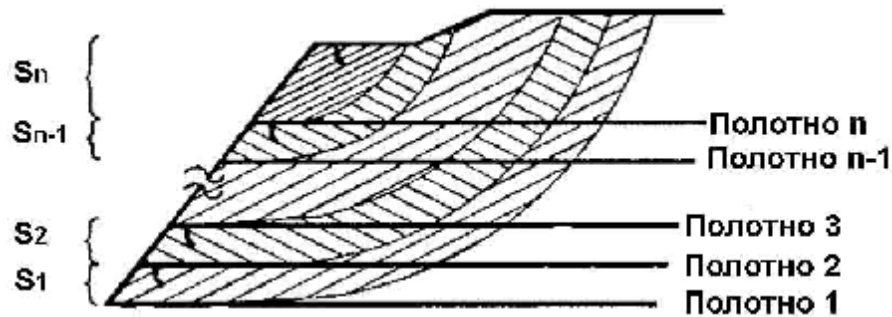
$K_{Ui}$  – фактичний коефіцієнт стійкості неармованого укосу, розраховують згідно з формулою (7.2);

$T_{Si}$  – сумарна розрахункова міцність на розтяг полотен, що розташовані вище  $i$  – того полотна, кН/м;

$R_i$  – радіус потенційної кривої обрушення, яка проходить над  $i$ -тим полотном, м;

$M_{Di}$  – обертаючий момент від масиву ґрунту й зовнішнього навантаження над  $i$ -тим полотном, кН/м.

**7.3.2.12** При невиконанні умови (7.9) потрібно вибрати більш міцний геосинтетик або зменшити відстань між армуючими полотнами по вертикалі (вертикальний інтервал армування  $S_j$  на  $j$ -тому рівні встановлюється за рис. 7.5).



**Рисунок 7.5** – Схема до послідовності розрахунку запасу стійкості окремих полотен первинного армування

**7.3.2.13** Необхідну величину анкерування армуючих полотен геосинтетиків з умови їх витягування з тіла укосу визначають за формулою (7.10):

$$L_{ei} \geq \frac{T_{Di} \times [K_R]}{2 \times (c_a + s_{vi} \times \text{tg} \delta)} = \frac{T_{Di} \times [K_R]}{2 \times a \times (c + s_{vi} \times \text{tg} j_1)}, \quad (7.10)$$

де  $L_{ei}$  – необхідна довжина анкерування  $i$ -того полотна згідно з рисунком 7.5, м (мінімальна величина  $L_{ei}$  повинна бути 1 м);

$T_{Di}$  – розрахункова міцність на розтяг  $i$ -того полотна, кН/м;

$c_a$  і  $c$  – адгезія ґрунту до геосинтетика і зчеплення ґрунту, відповідно (при розрахунку на довготривалу стійкість армованого укосу значення  $c_a$  і  $c$  прирівнюються нулю);

$\delta$  – кут тертя між ґрунтом та геосинтетиком, град.;

$\varphi_1$  – кут внутрішнього тертя ґрунту, град.;

$a$  – коефіцієнт взаємодії ґрунту з геосинтетиком відповідно до таблиці 5.10;

$s_{vi}$  – ефективний вертикальний тиск на рівні  $i$ -того полотна згідно з рисунком 7.6 визначають за формулою (7.11):

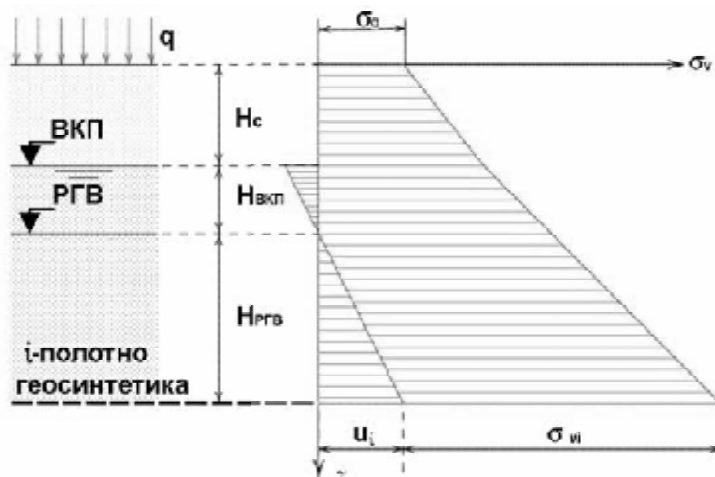
$$s_{vi} = s_q + g_{ci} \times H_{ci} + g_{ei} \times H_{ВКПi} - g_w \times H_{ПГВi}, \quad (7.11)$$

де  $s_q$  – тиск від зовнішнього навантаження, кН/м<sup>2</sup>;

$g_{ci}$ ,  $g_{ei}$  і  $g_w$  – питома вага ґрунту над зоною капілярного підняття та в межах висоти капілярного підняття (ВКП) та питома вага води, кН/м<sup>3</sup>,

відповідно;

$H_{ci}$ ,  $H_{ВКПi}$  і  $H_{РГВi}$  – потужність шару ґрунту над ВКП, в межах ВКП і в межах рівня ґрунтових вод (РГВ), м, відповідно.



ВКП – висота капілярного підняття; РГВ – рівень ґрунтових вод

**Рисунок 7.6** – Схема для визначення ефективного вертикального тиску на рівні  $i$  – того шару полотна геосинтетика

**7.3.2.14** Для збільшення зусилля зчеплення між геосинтетиками та ґрунтом насипу слід обсіпати полотна геосинтетичних матеріалів крупнозернистим матеріалом та кріпити за допомогою нагелів.

**7.3.2.15** Нижні армуючі полотна геосинтетичних матеріалів потрібно укладати за лінію потенційного обриву. Додаткове збільшення довжини нижніх шарів армуючих полотен геосинтетичних матеріалів сприяє підвищенню стійкості проти обриву по шарах підстиляючої укис основи.

**7.3.2.16** Верхні армуючі полотна геосинтетичних матеріалів можуть не доводитись до критичної лінії обриву, оскільки стійкість верхньої частини укосу забезпечує присутність армування в нижній частині укосу.

**7.3.2.17** Загальну величину армування для кожного шару полотна геосинтетичних матеріалів розраховують за формулою (7.12):

$$L_{r1} = L_{ei} + L_{di} + L_{Sv} + L_{oi}, \quad (7.12)$$

де  $L_{r1}$  – загальна довжина полотна геосинтетика первинного армування, м;

$L_{ei}$  – довжина анкерування  $i$  – того полотна, м;

$L_{di}$  – ширина зони обриву на рівні закладання  $i$  – того полотна, м;

$L_{Sv}$  – товщина шару ґрунту, на який передбачається загорання полотна, м;

$L_{oi}$  – довжина загорання полотна, м.

**7.3.2.18** Якщо загорання полотен не передбачається, то величини  $L_{Sv}$  і  $L_{oi}$  приймають рівними нулю.



**7.3.2.19** Для спрощення процесу вкладання армуючих полотен геосинтетиків в конструкцію отримані величини армування  $L_r$  приводять до двох або трьох секцій однакової довжини.

**7.3.3** Розрахунок зовнішньої стійкості армованого укосу

**7.3.3.1** Для забезпечення стійкості армованого укосу проти проковзування по основі повинна виконуватись умова (7.13):

$$(W + P_a \times \sin j_b) \times \operatorname{tg} j_{\min} \geq [K_R] \times P_a \times \cos j_b, \quad (7.13)$$

де

$$W = 0,5 \times L^2 g_r \times \operatorname{tg} b \quad \text{при } L \leq H, \quad (7.14)$$

$$W = \left( L \times H - \frac{H^2}{2 \cdot \operatorname{tg} b} \right) \times g_r \quad \text{при } L > H, \quad (7.15)$$

$$P_a = 0,5 \times g_b \times H^2 \times K_a, \quad (7.16)$$

де  $P_a$  – активний тиск ґрунту, кН/м;

$j_b$  – кут внутрішнього тертя ґрунту поза армованою частиною, град.;

$j_{\min}$  – мінімальний кут внутрішнього тертя (між ґрунтом і геосинтетиком чи в ґрунті основи), град.;

$L$  – довжина полотна геосинтетика первинного армування в основі укосу і на всіх рівнях, де змінюється довжина армування, м;

$H$  і  $b$  – висота, м і кут закладання укосу, град, відповідно;

$g_r$  і  $g_b$  – питома вага ґрунту в частині армування і утримування, кН/м<sup>3</sup>, відповідно;

$K_a$  – коефіцієнт активного бічного тиску згідно з формулою (7.3).

**Примітка.** Якщо геотекстильний фільтр чи геокомпозитну дренажну вкладають поза армуючою частиною для створення внутрішнього дренажу, то  $j_b$  приймають рівним куту тертя між вибраним геосинтетиком і ґрунтом засипки.

Якщо умова за формулою (7.13) не виконується, то потрібно збільшити довжину армуючих полотен  $L$ .

**7.3.3.2** Загальну стійкість укосу проти обрушення визначають за методом круглоциліндричної поверхні ковзання згідно з 6.3.5 - розрахунок стійкості насипу проти зсуву з обертанням, а оцінку несучої здатності основи згідно з 6.3.4 - розрахунок стійкості основи проти витискання.

**7.3.4** Розрахунок комбінованої втрати стійкості виконують згідно з 7.3.3 - розрахунок зовнішньої стійкості армованого укосу, перевіряючи виконання умови за формулою (7.13) для різних рівнів закладання армуючих полотен геосинтетиків.

**7.3.5** Відповідність експлуатаційним граничним станам оцінюють за величиною вертикальної осадки основи під армованим укосом, яку розраховують за традиційною методикою без урахування наявності армуючого матеріалу. Горизонтальне зміщення армованої частини укосу не

повинно виходити за межі від 0,1 % до 0,3 % висоти укусу. Повзучість армуючого геосинтетика в укосі за період експлуатації не повинна перевищувати максимально допустиму відносну деформацію геосинтетика згідно з 6.3.7.

### **7.3.6** Номінальна міцність армуючого геосинтетика

**7.3.6.1** Величину розрахункового зусилля первинного армування укусу,  $T_r$ , приймають як найбільше значення з розрахунків на внутрішню, зовнішню і комбіновану стійкість. Необхідна розрахункова міцність геосинтетика для армування укусу повинна задовольняти умові (7.17):

$$T_d = T_r, \quad (7.17)$$

де  $T_d$  – розрахункова міцність геосинтетика для первинного армування, кН/м;

$T_r$  – розрахункове зусилля, яке повинно передаватись геосинтетичному армуючому полотну, кН/м.

**7.3.6.2** Необхідна номінальна довготривала міцність геосинтетика,  $T_{ном}$ , повинна задовольняти умові (7.18):

$$T_{ном} \geq T_d \times g_m \times g_n. \quad (7.18)$$

**7.3.6.3** Розрахункову довжину анкерування полотен в укосній частині насипу приймають як більшу з довжин, отриманих при розрахунках на внутрішню, зовнішню і комбіновану стійкість укусу.

**7.3.7** Вимоги до системи водовідведення встановлюють згідно з розділами 9 і 11. Наявність ґрунтової води в тілі укусу може знижувати здатність геосинтетика опиратись зусиллям витягування і призводити до ерозії поверхні укусу. Внутрішній дренаж, як правило, влаштовують за армованою частиною укусу. Відстань між водовипусками залежить від геометрії об'єкта та інтенсивності підтікання води. При просторовій орієнтації дренажу слід приймати до уваги, що потенційна площа обрушення укусу може проходити по контакту "ґрунт-геосинтетик дренажу", в якому величина зчеплення і кут внутрішнього тертя можуть бути зниженими. Геотекстилі первинного і вторинного армування повинні мати водопроникність більшу, ніж ґрунт, яким засипають армовану частину для запобігання накопиченню води над геотекстилем внаслідок інфільтрації атмосферних опадів.

**7.3.8** При порівнянні проектних варіантів армованого і неармованого укусів на основі критерію "ефективність-вартість" приймають до розрахунку: об'єм земляних робіт, площу поверхні укусу, середню висоту укусу і кут його закладання, вартість місцевого ґрунту для неармованого укусу і підібраного ґрунту для армованого, вимоги до протиерозійного захисту укусу, можливість і вартість землевідведення, вартість конструкцій безпеки (огорожі тощо), необхідність застосування тимчасової опалубки, необхідність перенаправлення руху транспорту під час будівництва і естетичність конструкції в цілому, експлуатаційні витрати.

## 7.4 Обмеження при армуванні та стабілізації укосів

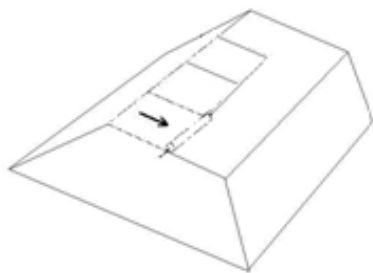
Потрібно приймати до уваги стійкість та довговічність геосинтетиків у ґрунтових умовах (рівень рН і окислювання). Використання геосинтетиків на основі поліетилентетрафталату слід обмежувати в ґрунтах з  $3 < \text{pH} < 9$ ; а на основі поліолефінів (поліпропілен і поліетилен) обмежувати в ґрунтах з рН більше 3. Якщо місце вкладання геосинтетика знаходиться на рівні ґрунтових вод або нижче, слід враховувати питому вагу геосинтетичного матеріалу, щоб уникати його плавучості під час вкладання, питома вага повинна бути більше ніж 1,0 за рахунок привантаження. Розмір і маса рулону геосинтетика повинні відповідати умовам розрахунків (мінімальна ширина) та способу вкладання (механізований чи немеханізований).

## 7.5 Виконання армування і стабілізація укосів

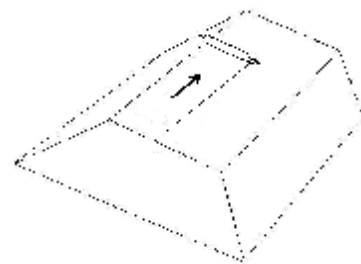
**7.5.1** До початку робіт розробляють детальний план укладання полотен геосинтетиків, який повинен регламентувати напрямок вкладання полотен: при поперечному вкладанні (рисунок 7.7 а) розрахункова міцність геополотна залежить від МН - напрямку; при поздовжньому (рисунок 7.7 б) – ПМН - напрямку.

**7.5.2** З'єднання окремих полотен в напрямку передачі основних зусиль (від осі насипу в бік укосу) при поперечному вкладанні полотен не допускається, тобто довжина полотна для первинного армування повинна бути відміряна з цільного рулону. В перпендикулярному напрямку полотна з'єднують способами згідно з рисунком 6.6.

Схеми укладання полотен геосинтетиків для армування укосів наведені на рисунку 7.7.



а) вкладання полотен впоперек укосу

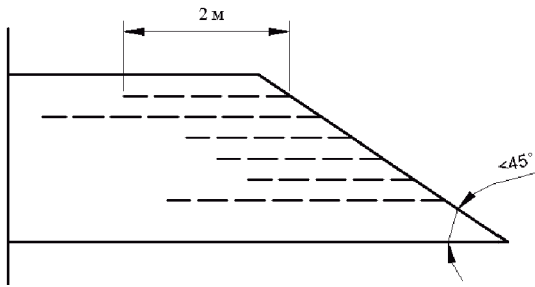


б) вкладання полотен вздовж укосу

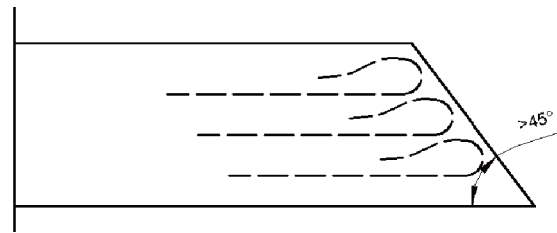
**Рисунок 7.7** – Схеми вкладання полотен при армуванні укосів

**7.5.3** Основу під укладання полотен геосинтетиків звільняють від предметів, які можуть пошкодити полотна (гостре каміння, корені та гілля дерев, будівельне сміття тощо). Необхідна рівність основи повинна бути  $\pm 30$  мм.

**7.5.4** При вкладанні армуючих полотен геосинтетиків в укосах із крутизною менше  $45^\circ$  загортання полотен дозволяється не виконувати. Способи закладання геосинтетичних полотен наведено на рисунку 7.8.



а) кут закладання менше за  $45^\circ$  – первинне і вторинне армування без загортання полотен

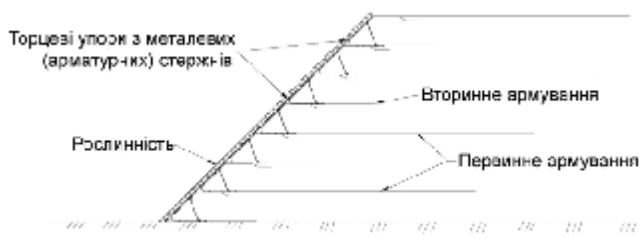


б) кут закладання більше ніж  $45^\circ$  – загортання полотен первинного армування для додаткової стабілізації бічної частини укосу (вторинне армування відсутнє)

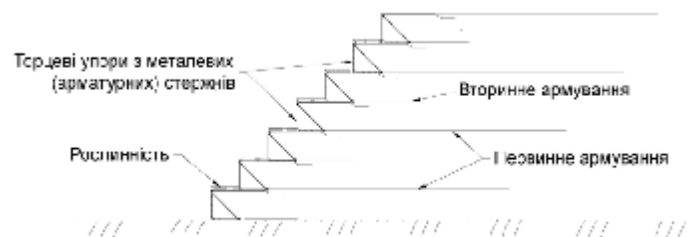
**Рисунок 7.8** – Способи закладання геосинтетичних полотен при армуванні укосу залежно від його крутизни  $\alpha$

**7.5.5** При більш крутих укосах необхідне загортання полотен в торцевій частині. Для формування торцевої частини використовують тимчасову або постійну опалубку, згідно зі схемами наведеними на рисунках 7.9 і 7.10. Товщина шару засипання ґрунтом полотна геосинтетиків не повинна перевищувати 0,6 м.

**7.5.6** Засипання армуючих полотен зернистим матеріалом виконують екскаватором з фронтальним ковшем (рисунок 7.11 д). Заїзд будівельної техніки безпосередньо на полотно геосинтетичних матеріалів заборонено. Мінімальна товщина зернистого матеріалу над полотном геосинтетиків повинна бути не менше 0,2 м. Ущільнення незв'язного ґрунту засипки виконують віброкотком чи віброплитою, а зв'язного – котком на пневмоходу. Для ущільнення бічної частини укосу застосовують легкі ущільнюючі засоби (рисунок 7.11 е). Коефіцієнт ущільнення ґрунту в укисній частині повинен становити не менше ніж 0,95 від стандартного значення при варіації вологості ґрунту в межах 2 %.



а) нахилена опалубка



б) вертикальна опалубка

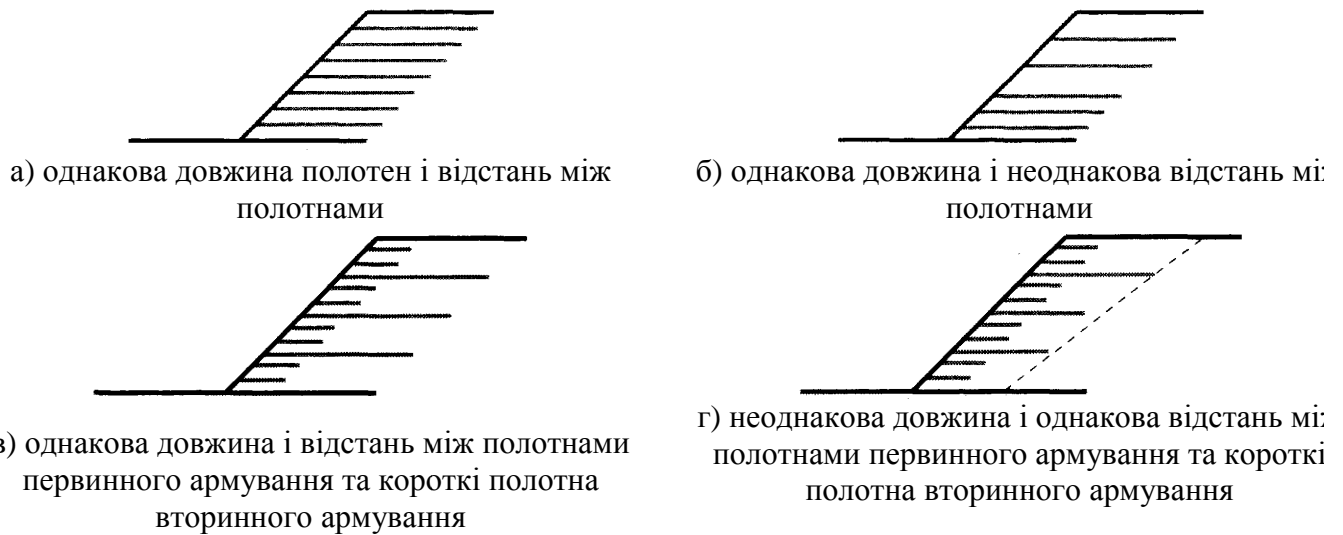


в) деталі нахиленої опалубки



г) деталі вертикальної опалубки

**Рисунок 7.9** – Схеми закладання і деталі постійної металевої опалубки



**Рисунок 7.10** – Схеми армування укосів з різною довжиною армування



а) металевий упор опалубки



б) встановлення тимчасової опалубки



в) укладання первинного армування



г) укладання торцевої геотекстильної прокладки



д) засипання армуючого полотна ґрунтом



е) ущільнення торцевої частини ручною віброплитою

**Рисунок 7.11** – Послідовність операцій з улаштування армованого геогратами укосу з застосуванням тимчасової опалубки



є) укладання нового шару

Рисунок 7.11, аркуш 2

7.5.7 Влаштування внутрішнього дренажу армованого укосу виконують відповідно до розділів 8, 9, а протиерозійного захисту укосу - згідно з розділом 11.

## 8 ФІЛЬТРУЮЧІ ПРОШАРКИ

### 8.1 Загальні положення

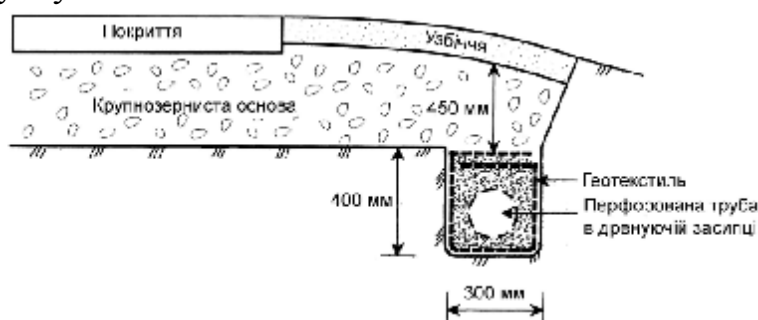
8.1.1 Геосинтетичні фільтруючі прошарки використовують для запобігання попаданню дрібних ґрунтових частинок, захоплених водою, в зернисті дренаючі шари чи перфоровані труби або для запобігання суфозії в конструкціях протиерозійного захисту.

Застосування геотекстильних фільтрів є ефективним в дренажах (див. розділ 9), між крупно- і дрібнозернистими шарами дорожнього одягу, між ґрунтом зворотної засипки і габіонами, в системах контролю ерозії ґрунтів (див. розділ 11).

8.1.2 Найбільш ефективними геосинтетиками для фільтрації є нетканинні термічно скріплені та виготовлені за механічною (голкопробивні) та комбінованою технологіями. Вибір геосинтетика залежить від умов застосування та обумовлюється: їх товщиною, орієнтуванням волокон, поверхневою щільністю та відносною густиною матеріалу.

### 8.2 Конструювання фільтруючих прошарків у дорожній конструкції

Схеми закладання геотекстильних фільтрів у дорожню конструкцію наведено на рисунку 8.1.



а) фільтр в дренажі під узбіччям

Рисунок 8.1 – Схеми закладання геотекстильних фільтрів

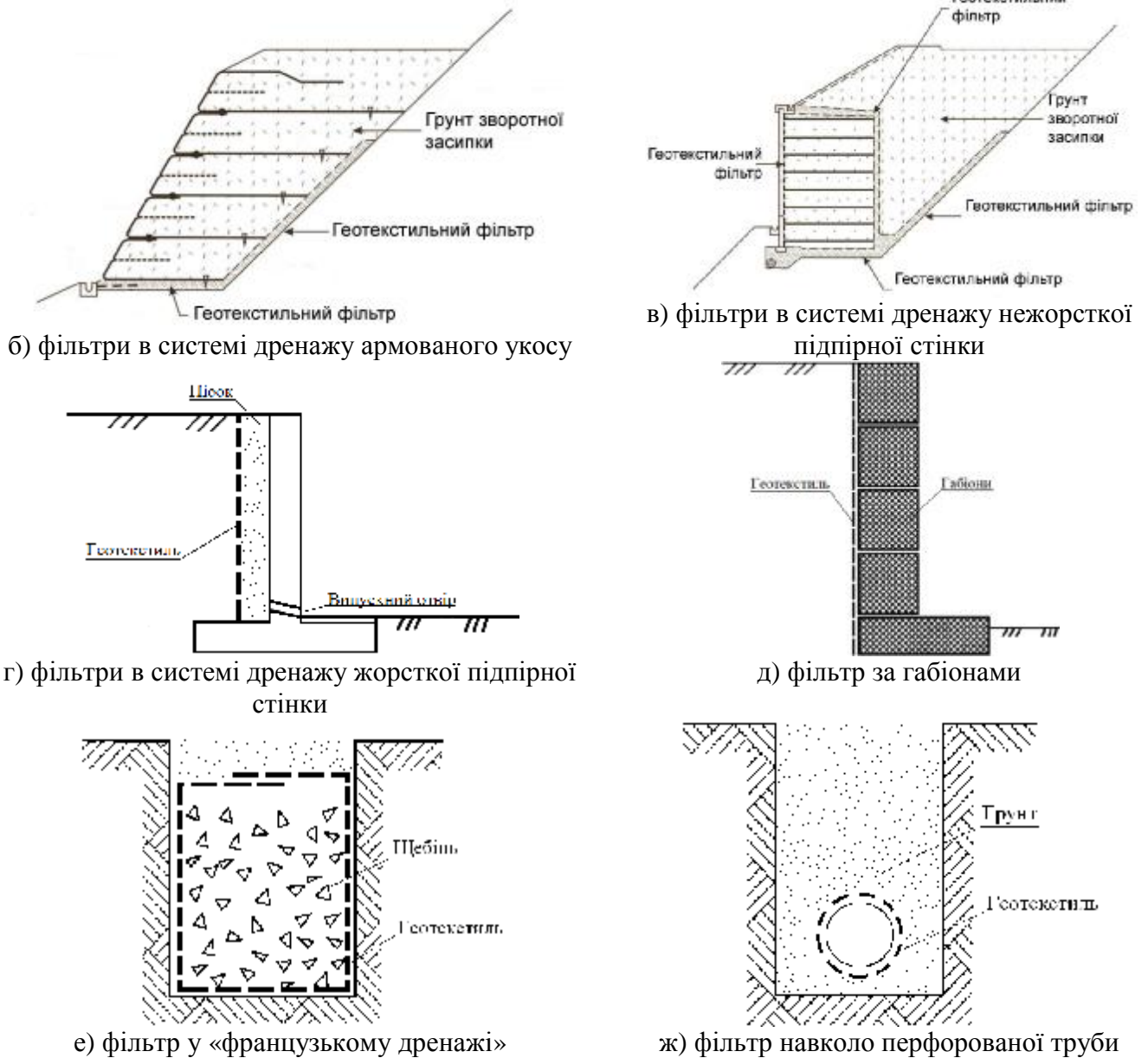


Рисунок 8.1, аркуш 2

### 8.3 Розрахунок фільтруючих прошарків у дорожній конструкції

**8.3.1** При розрахунку геотекстильного фільтра застосовують п'ять критеріїв:

1) критерій утримання ґрунту – пористість фільтра повинна бути достатньо малою, щоб затримувати ґрунтові частинки згідно з 8.3.2;

2) критерій водопроникності фільтра – геотекстиль повинен бути достатньо водопроникним, щоб забезпечити максимально вільне протікання води згідно з 8.3.3;

3) критерій незабивання фільтра – геотекстиль повинен залишатись високо пористим впродовж строку служби з низькою ймовірністю забивання згідно з 8.3.4;

4) критерій міцності – геотекстиль повинен бути достатньо міцним щоб протистояти пошкодженням під час укладання в конструкцію, будівельним та експлуатаційним навантаженням згідно з 8.3.5;

5) критерій стійкості – геотекстиль повинен бути стійким до хімічного, біологічного і ультрафіолетового впливу впродовж запроєктованого терміну служби згідно з 8.3.6.

### 8.3.2 Розрахунок за критерієм утримання ґрунту

**8.3.2.1** Для некритичних умов (спокійний потік з невисоким гідравлічним градієнтом), розмір отворів геотекстильного фільтра визначають з умови (8.1):

$$O_{90} < 2 \times d_{85}, \quad (8.1)$$

де  $O_{90}$  – необхідний розмір отворів геотекстильного фільтра, мм, згідно з 7.4.1 СОУ 45.2-00018112-025;

$d_{85}$  – розмір фракції, мм, дрібніше якої в ґрунті міститься 85 % частинок за масою сухого ґрунту (якщо гранулометричний склад ґрунту перервний, то параметр  $d_{85}$  визначають за дрібнозернистою частиною гранулометричної кривої).

**8.3.2.2** Для критичних умов (суфозія, напірний режим) необхідно застосовувати умови відповідно до таблиці 8.1.

**Таблиця 8.1** – Критерії вибору параметра  $O_{90}$  для різних ґрунтів і умов потоку

Тип потоку	Глинисті ґрунти $d_{85} < 0,06$ і $d_{10} < 0,002$ , мм	Піски $d_{40} < 0,06$ , мм	Крупнозернисті ґрунти $d_{40} > 0,06$ , мм
Стационарний потік <sup>1)</sup>	$O_{90} < 0,200$	$O_{90} < 6 \cdot d_{60}$	$O_{90} < 5 \cdot d_{10} \cdot \sqrt{\frac{d_{60}}{d_{10}}}$
Динамічний потік <sup>2)</sup>	$O_{90}$ <sup>3)</sup>		$O_{90} < 1,5 \cdot d_{10} \sqrt{\frac{d_{60}}{d_{10}}}$ $O_{90} < d_{60}$

<sup>1)</sup> Стационарний потік має місце в звичайних осушувальних, перехоплюючих і стічних дренах.

<sup>2)</sup> Динамічний потік виникає в дорожній конструкції при динамічному чи циклічному навантаженні внаслідок чого створюється високий локальний гідравлічний градієнт.

<sup>3)</sup> Необхідні лабораторні випробування згідно з [1].

### 8.3.3 Розрахунок водопроникності геотекстилю

**8.3.3.1** Мінімально допустиму водопроникність геотекстилю встановлюють з умови (8.2):

$$k_{ГТ} \geq 10 \times k_{\phi}, \quad (8.2)$$

де  $k_{ГТ}$  – водопроникність геотекстилю, м/добу, згідно з 7.4.2 СОУ 45.2-00018112-025;

$k_{\phi}$  – коефіцієнт фільтрації ґрунту, який захищають геотекстильним фільтром.



**8.3.3.2** Номінальну водопроникність геотекстилю визначають з умови (8.3):

$$k_{ГТ.ном} \geq k_{ГТ} \times K_3 \times K_{П} \times K_{Пр} \times K_X \times K_B, \quad (8.3)$$

де  $k_{ГТ.ном}$  – номінальна водопроникність геотекстилю, м/добу;

$K_3$  – коефіцієнт зменшення водопроникності внаслідок забруднення і забивання фільтра частинками ґрунту;

$K_{П}$  – коефіцієнт зменшення пористості геотекстилю внаслідок повзучості;

$K_{Пр}$  – коефіцієнт впливу оточуючих зернистих матеріалів внаслідок їх проникнення в структуру геотекстилю;

$K_X$  – коефіцієнт впливу хімічного забивання фільтра;

$K_B$  – коефіцієнт впливу біологічного забивання фільтра.

**8.3.3.3** Для ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації менше ніж  $10^{-7}$  м/с вибір геотекстильного фільтра виконують за результатами лабораторних випробувань на довготривалу фільтруючу здатність згідно з [1].

**8.3.3.4** Значення коефіцієнтів впливу наведено в таблиці 8.2.

**Таблиця 8.2** – Коефіцієнти зниження водопроникності геотекстилю

Область застосування	Коефіцієнти зниження водопроникності				
	$K_3^{1)}$	$K_{П}$	$K_{Пр}$	$K_X^{2)}$	$K_B^{3)}$
Фільтри для підпірних стінок	2,0–4,0	1,5–2,0	1,0–1,2	1,0–1,2	1,0–1,3
Фільтри для дренажів	2,0–10	1,0–1,5	1,0–1,2	1,2–1,5	2,0–4,0
Фільтри для протиерозійного захисту	2,0–10	1,0–1,5	1,0–1,2	1,0–1,2	2,0–4,0
Гравітаційний дренаж <sup>4)</sup>	2,0–4,0	2,0–3,0	1,0–1,2	1,2–1,5	1,2–1,5
Напірний дренаж <sup>4)</sup>	2,0–3,0	2,0–3,0	1,0–1,2	1,1–1,3	1,1–1,3

<sup>1)</sup> Якщо брили чи бетонні блоки вкладають безпосередньо на полотно геотекстилю, то в розрахунок приймають більше значення запропонованого діапазону.  
<sup>2)</sup> Для високолужних ґрунтових вод приймають більше значення запропонованого діапазону.  
<sup>3)</sup> Для замуленості та/або при вмісті мікроорганізмів понад 5000 мг/л приймають більше значення запропонованого діапазону.  
<sup>4)</sup> Необхідні лабораторні випробування згідно з [1].

**8.3.4** Для мінімізації ризику забивання фільтра перевагу віддають геотекстилю з максимальним значенням параметра  $O_{90}$ , який задовольняє критерій утримання.

**8.3.5** Якщо під час укладання в конструкцію можливе тривале (понад одного дня) ультрафіолетове опромінення геотекстильного полотна, то перевагу віддають УФ-стабілізованим геотекстилям. Якщо є ймовірність шкідливого хімічного чи біологічного впливу на геотекстиль (наприклад, при близькому розміщенні автомобільної дороги до полігонів поховання відходів тощо), то потрібно проводити лабораторні випробування стійкості вибраного геотекстилю до фактичних умов оточуючого середовища конструкції.

## **8.4 Обмеження при улаштуванні фільтруючих прошарків у дорожній конструкції**

Складності при застосуванні фільтруючих геотекстильних прошарків можуть виникати у разі використання:

- одномірних дрібнозернистих незв'язних ґрунтів, наприклад, лес, кам'яна мука та дрібнозернистий відсів;
- незв'язних ґрунтів переривчастого гранулометричного складу в умовах високого гідравлічного градієнта;
- дисперсійних (незв'язних) глин, які з часом перетворюються в агрегати;
- високолуужних ґрунтових вод, які можуть призводити до відкладання і накопичення кальцієвих, натрієвих чи магнієвих осадів на геотекстилі;
- твердих суспензійних частинок в мутних річкових водах чи в результаті землечерпання, які можуть накопичуватись на поверхні чи в середині фільтруючого прошарку;
- твердих суспензійних частинок разом з високим вмістом мікроорганізмів (стічних вод в місцях поховання побутових та сільськогосподарських відходів), які можуть об'єднуватись і накопичуватись на поверхні чи в середині фільтруючого прошарку.

## **8.5 Влаштування фільтруючих прошарків**

### **8.5.1 Підготовка основи під геосинтетичні полотна:**

- основу потрібно очищати від предметів, які можуть пошкодити полотна (гостре каміння, корені та гілля дерев, будівельне сміття тощо);
- ступінь ущільнення ґрунту основи повинен відповідати проектним вимогам.

**8.5.2** До початку робіт розробляють детальний план укладання геотекстильного фільтра, який регламентує спосіб і напрямок укладання. Вимоги до вкладання такі:

- послідовність укладання полотен відповідає напрямку проведення будівельних робіт: кожне наступне полотно в місці перекриття повинно бути заведене під вже вкладене полотно для того, щоб запобігти зминанню і зміщенню полотен при розподілі зернистих матеріалів поверху способом "від себе";
- розгорнуті полотна, готові до засипання зернистим матеріалом, не повинні мати складок і зморщок;
- за необхідності полотна пришпилюють до основи, щоб запобігти їх зриванню вітром.

**8.5.3** Геотекстильні фільтруючі полотна з'єднують між собою вільним напуском на величину не менше ніж 0,3 м або зшивають згідно з 6.4.4.

**8.5.4** Вимоги до засипання геотекстильних фільтруючих полотен зернистим матеріалом аналогічні 6.4.6.

## 9 ДРЕНАЖІ

### 9.1 Загальні положення

**9.1.1** Дренажі з застосуванням геосинтетиків влаштовують для відведення води від дорожньої конструкції в дренажну систему. Дренуючі геосинтетики застосовують в конструктивних шарах дорожнього одягу, в земляному полотні та в підстиляючій основі та використовують для влаштування траншейного і площинного понижуючого дренажу, горизонтального дренажу в основі земляного полотна чи під тимчасовим навантаженням, для вертикального та горизонтального дренажу основи з метою прискорення консолідації, для капілярпереривання, для горизонтального і прикрайкового дренажу конструкції дорожнього одягу, для перехоплюючого дренажу при захисті укосів виїмок, для дренажу армованого укосу та підпірних стінок, при захисті бетонного фундаменту від агресивної дії засолених ґрунтових вод.

**9.1.2** Ефективними геосинтетиками для дренажу є: *геотекстилі нетканинні* скріплені механічним (голкопробивним), термічним та комбінованим способом; *дренуючі геокомпозити*. Найбільш ефективними для дренажу є геокомпозити, які складаються з дренуючого ядра та геотекстильних фільтрів, які можуть виконувати дренажування з однієї чи обох сторін від геокомпозитного полотна.

### 9.2 Конструювання дренажів із застосуванням геосинтетичних матеріалів

**9.2.1** Системи дренажу дорожньої конструкції поділяють на дві функціональні категорії: для дренажу вод поверхневої та бокової інфільтрації та для контролю рівня ґрунтової води. Всі дренажі за способом приймання води поділяють на гравітаційні (під впливом власної ваги), під дією зовнішнього тиску та капілярперериваючі.

**9.2.2** Гравітаційний дренаж передбачає вільний потік води (під власною вагою); витрата потоку залежить від кута, під яким дренуюче геополотно закладене в конструкцію. До гравітаційного відносяться застінний дренаж підпірних стінок та дренаж конструкції дорожнього одягу (включає осушення основи дорожнього одягу і активної зони земляного полотна та перехоплюючий дренаж).

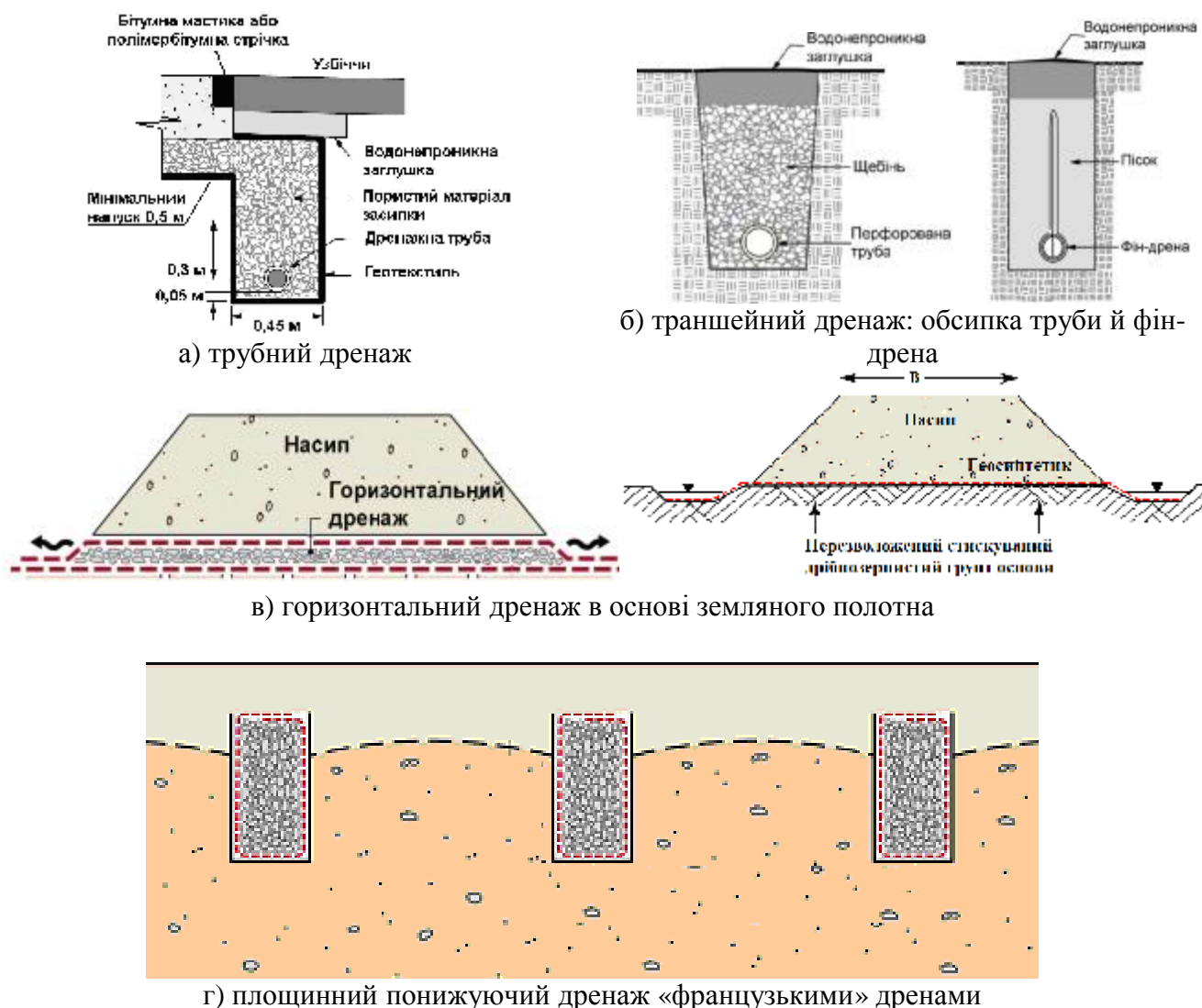
**9.2.3** Дренаж шару основи дорожнього одягу складається з (1) розділяючого зернистого шару чи геосинтетичного прошарку для запобігання змішуванню матеріалів і перешкоджання інфільтрації води в ґрунт земляного полотна, (2) колекторних дрен уздовж кромки дорожнього одягу, (3) фільтруючого геотекстильного прошарку для запобігання виносу дрібних фракцій в дренажну систему, (4) крупнозернистої дренуючої засипки, (5) водонепроникної заглушки для запобігання попаданню в дренажну систему поверхневої води та (6) водовипусків.

**9.2.4** Дренування ґрунту активної зони земляного полотна здійснюють шляхом влаштування кювету чи підповерхневих колекторних дрен подібно до дренажу шару основи. Ефективним є проектування підповерхневого дренажу, який одночасно відводить воду з шару основи дорожнього одягу та активної зони земляного полотна.

**9.2.5** В дренажах під дією зовнішнього тиску (горизонтального, вертикального) вода перетікає з області більш високого тиску в область меншого тиску, незважаючи на орієнтацію дренаючого геосинтетичного полотна. До тискового відносяться вертикальні дрени для швидкої консолідації ґрунту, дрени в межах зворотної ґрунтової засипки армованих ґрунтових стінок, дрени в насипах і дамбах та під тимчасовим навантаженням.

**9.2.6** Дренаж капілярпереривання влаштовують в місцях морозного здимання, набухання й засолення ґрунтів.

**9.2.7** Конструкція дренажу основи дорожнього одягу наведена на рисунку 9.1.



**Рисунок 9.1** – Схеми закладання геосинтетиків для влаштування дренажу

### 9.3 Розрахунок дренажів із застосуванням геосинтетичних матеріалів

#### 9.3.1 Розрахунок дренажів із застосуванням геосинтетиків

**9.3.1.1** Розрахунок дренажів із застосуванням геосинтетиків полягає у встановленні вимог до геотекстильних фільтрів, які оточують дренуюче ядро, та пропускної здатності дренуючого ядра.

**9.3.1.2** Розрахунок дренажів залежить від способу приймання води і поділяється на:

- 1) гравітаційний дренаж згідно з 9.3.2;
- 2) дренаж під тиском горизонтальний згідно з 9.3.3;
- 3) дренаж під тиском вертикальний згідно з 9.3.4;

#### 9.3.2 Гравітаційний дренаж

**9.3.2.1** Необхідну водопроникність  $\Theta_{необх}$  дренуючого геосинтетика визначають за формулою (9.1):

$$\Theta_{необх} = \frac{q}{i \times w}, \quad (9.1)$$

де  $q$  – інтенсивність притоку води до дренуючого геополотна, м<sup>2</sup>/добу;

$w$  – ширина дренуючого геосинтетика, м;

$i$  – градієнт потоку в геосинтетичному полотні, який визначають за формулою (9.2):

$$i = \sin a^0, \quad (9.2)$$

де  $a^0$  – кут нахилу геосинтетичного полотна до горизонту, град.

**9.3.2.2** Величину притоку  $q$  ґрунтових (інфільтраційних) вод до дренуючого геосинтетичного полотна встановлюють виходячи з дренуючих конструктивних елементів. Інтенсивність водопритоку визначають за формулами (9.3; 9.4; 9.5):

– при інфільтрації через дефекти в покритті:

$$q_b = W \times C_i \times R_{доц}, \quad (9.3)$$

– при дренаванні ґрунту активної зони земляного полотна:

$$q_s = k_\phi \times H_o \times k_{cf}, \quad (9.4)$$

– при перехоплюючому дренаванні:

$$q_i = k_\phi \times S \times H \times k_{cp}, \quad (9.5)$$

де  $q_b$  – витрата води при дренаванні водопроникної основи конструкції дорожнього одягу, л/м<sup>2</sup>;

$W$  – ширина покриття, м;

$C_i$  – показник інфільтрації, який вказує на частку опадів, що інфільтрувались в покриття через тріщини та шви: для асфальтобетонного покриття, в межах від 0,33 до 0,50, для цементобетонного – від 0,50 до 0,67;

$R_{дощ}$  – інтенсивність дощу, м/добу;

$q_s$  – витрата води при дренаванні ґрунту активної зони земляного полотна, м<sup>2</sup>/добу;

$k_{\phi}$  – коефіцієнт фільтрації ґрунту, через який вода притікає до дренаючого геосинтетичного полотна, м/добу;

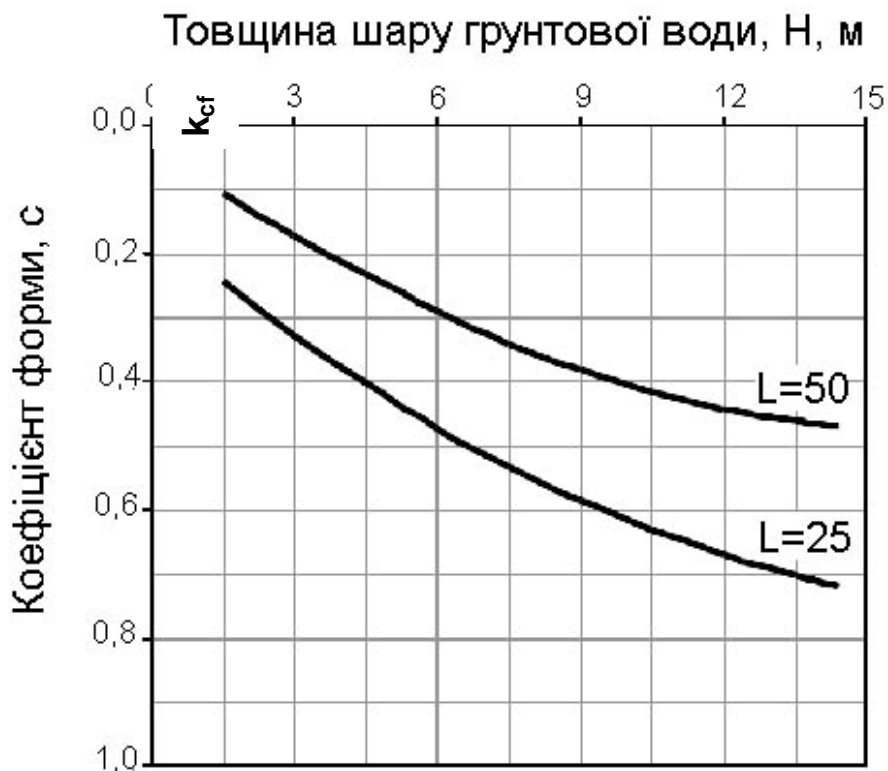
$H_0$  – різниця висоти між центром дренажної труби і рівнем ґрунтових вод на відстані  $L$  від дрени (тут  $L$  – радіус дії дренажу, м), м;

$k_{cf}$  – коефіцієнт форми для дренажу в ґрунті земляного полотна згідно з рисунком 9.2;

$q_i$  – витрата води при перехоплюючому дренаванні, м<sup>2</sup>/добу;

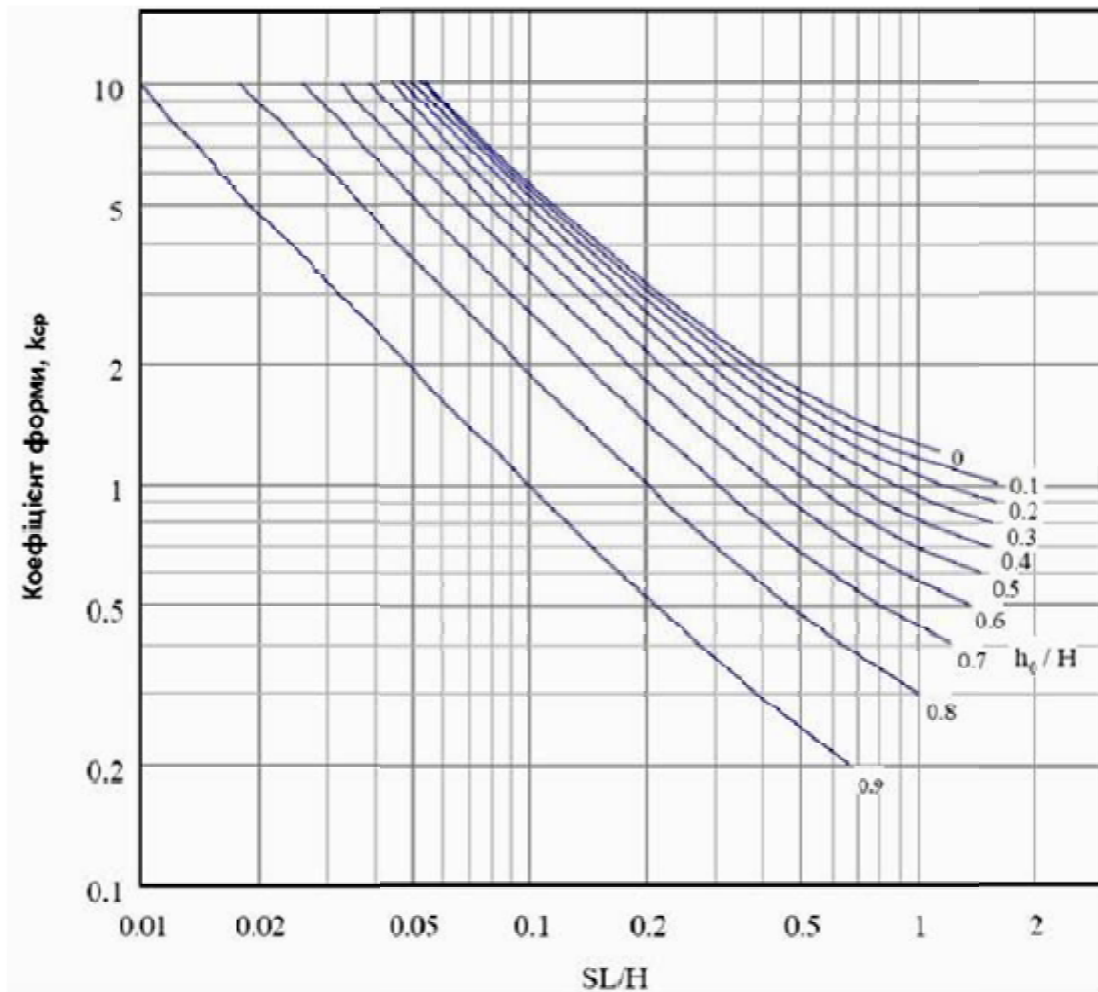
$S$  і  $H$  – нахил водотривкого шару та потужність водоносного шару, м;

$k_{cp}$  – коефіцієнт форми для перехоплюючої дрени згідно з рисунком 9.3.



приймати  $L=50$ , якщо  $k_{cf} > 0,43$  м/добу або  $L = 25$  якщо  $k_{cf} \leq 0,43$  м/добу

**Рисунок 9.2** – Коефіцієнт форми  $k_{cf}$  для дренажу в ґрунті земляного полотна



$h_o$  – відстань по вертикальній від дна перехоплюючого дренажу до водотривкого шару ґрунту;  
 $H$  – потужність водоносного шару

**Рисунок 9.3** – Коефіцієнт форми  $k_{cp}$  для перехоплюючого дренажу

**9.3.2.3** Загальну максимальну витрату води  $q$ , яка надходить в дренаж, визначають за формулою (9.6):

$$q = q_b + q_s + q_i \quad (9.6)$$

**9.3.2.4** Розрахункову водопроникність геосинтетика  $\Theta_p$ , який оцінюють за якістю дрени, визначають за формулою (9.7):

$$\Theta_p = \Theta_{ном} \times \left( \frac{1}{K_3 \times K_{II} \times K_{IIp} \times K_X \times K_B} \right) \quad (9.7)$$

де  $\Theta_{ном}$  – номінальна водопроникність геосинтетика визначена згідно з [1] при нормальному тиску, який відповідає умовам роботи геосинтетика в конструкції;

$K_3, K_{II}, K_{IIp}, K_X$  і  $K_B$  – коефіцієнти впливу відповідно до таблиці 8.2.

**9.3.2.5** Вибраний для дренажу геосинтетик з номінальною водопроникністю  $\Theta_{ном}$  вважають задовільним, якщо виконується умова (9.8):

$$\frac{\Theta_p}{\Theta_{необх}} \geq [K], \quad (9.8)$$

де  $[K]$  – нормативний коефіцієнт запасу, приймають рівним 5.

**9.3.2.6** Якщо умова (9.8) не виконується, то можливе одночасне вкладання двох і більше полотен геосинтетичного матеріалу заданої водопроникності або вибирають геотекстиль більшої товщини і водопроникності.

**9.3.2.7** Відстань між водовипусками визначають з умови (9.9):

$$L \leq \frac{Q}{q}, \quad (9.9)$$

де  $L$  – відстань між водовипусками, м;

$Q$  – пропускна здатність дрени, м<sup>3</sup>/добу;

$q$  – максимальна витрата води, яка надходить в дренаж, м<sup>2</sup>/добу.

**9.3.2.8** Максимально допустимі відстані між водовипусками становлять: для гладких труб – 150 м; для гофрованих труб – 75 м. Чим менший нахил поверхні, тим менші відстані рекомендується застосовувати.

**9.3.3** При горизонтальному дренажі основи насипу необхідну водопроникність геосинтетика  $\Theta_{необх}$  розраховують за формулою (9.10):

$$\Theta_{необх} = \frac{B^2 \times k_\phi}{\sqrt{C_v \times T}}, \quad (9.10)$$

де  $B$  – ширина насипу в основі, м;

$k_\phi$  – коефіцієнт фільтрації ґрунту, який підстеляє дренажне геотекстильне полотно;

$C_v$  – коефіцієнт вертикальної консолідації ґрунту основи;

$T$  – час, необхідний для консолідації, або час тимчасового додаткового навантаження для прискорення консолідації, доба.

**9.3.4** При вертикальному дренажі слабкої перезволоженої основи за допомогою геокомпозитних вертикальних дренажів визначальним є час, необхідний для консолідації основи, який залежить від відстані між дренажами. Час консолідації визначають за формулою (9.11):

$$t = \frac{D^2}{8 \times C_h} \times \left[ \ln\left(\frac{D}{d}\right) - \frac{3}{4} \right] \times \ln\left(\frac{1}{1 - U_h}\right) \quad (9.11)$$



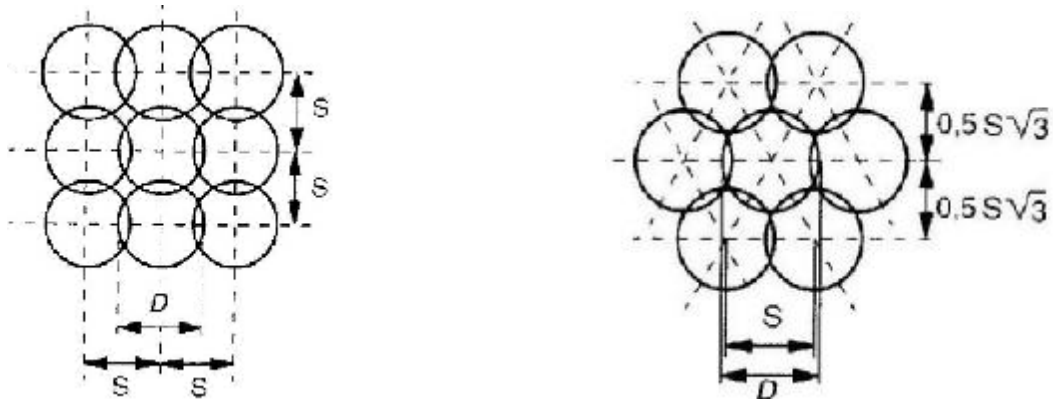
де  $t$  – період консолідації, роки;

$D$  – діаметр дренажного ґрунтового циліндра; згідно з рисунком 9.4, який залежить від схеми закладання дрен: по вершинах трикутників  $D = 1,05 \times S$ , по вершинах квадратів  $D = 1,13 \times S$ . Тут величина  $S$  – це відстань між дренами, м, згідно з рисунком 9.4;

$C_h$  – коефіцієнт горизонтальної консолідації;

$d$  – еквівалентний діаметр дрени, м; залежить від величини контакту «дрена-ґрунт»:  $d = b/2$ , де  $b$  – ширина дрени, м;

$U_h$  – середній ступінь горизонтальної консолідації, частки одиниці.



а) по вершинах квадрата

б) по вершинах трикутника

**Рисунок 9.4** – Схеми закладання вертикальних геокомпозитних дрен (план)

## 9.4 Обмеження при улаштуванні дренажів із застосуванням геосинтетичних матеріалів

Обмеження стосуються фільтрів у геокомпозитних дренах та аналогічні обмеження для фільтруючих геотекстилів згідно з 8.4. Стійкість дренаючого ядра до повзучості при стиску та ефективності пропускання води при довготривалому навантаженні, що відповідає обтисненню дрени в ґрунтовому масиві, повинні моделюватись в лабораторних умовах.

## 9.5 Влаштування дренажів

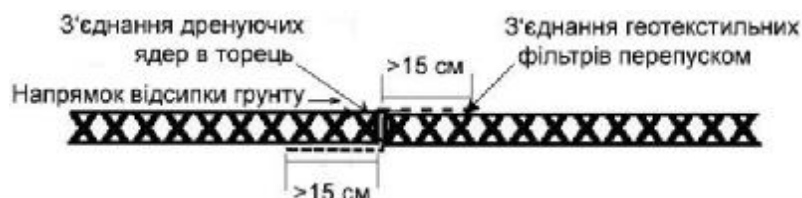
### 9.5.1 Загальні вимоги до вкладання геосинтетиків у дренажах

**9.5.1.1** До початку робіт розробляють детальний план укладання дренаючих геосинтетиків.

**9.5.1.2** Поверхню, на яку вкладають дренаючі геокомпозити, слід звільнити від предметів, які можуть пошкодити геосинтетик (гостре каміння, корені та гілля дерев, будівельне сміття тощо) та потрібно достатньо вирівняти, щоб не перешкоджати вільному протіканню води всередині дренаючого геокомпозиту.

**9.5.1.3** З'єднання полотен виконують в торець «ядро-ядро», а зовнішні геотекстильні фільтри вкладають з перепуском не менше ніж на 0,15 м з

кожного боку полотна (рисунок 9.5). Напрямок перекриття фільтруючих полотен повинен співпадати з напрямком засипання зернистого матеріалу. Ядра з'єднують затискачами чи зв'язують полімерним шнуром через 1,0 м. Колір затискачів чи шнура повинен бути контрастним до кольору ядра для кращого контролю з'єднань, наприклад, чорне ядро – білий чи жовтий затискач.



**Рисунок 9.5** – Спосіб з'єднання геокомпозитних дренажних полотен

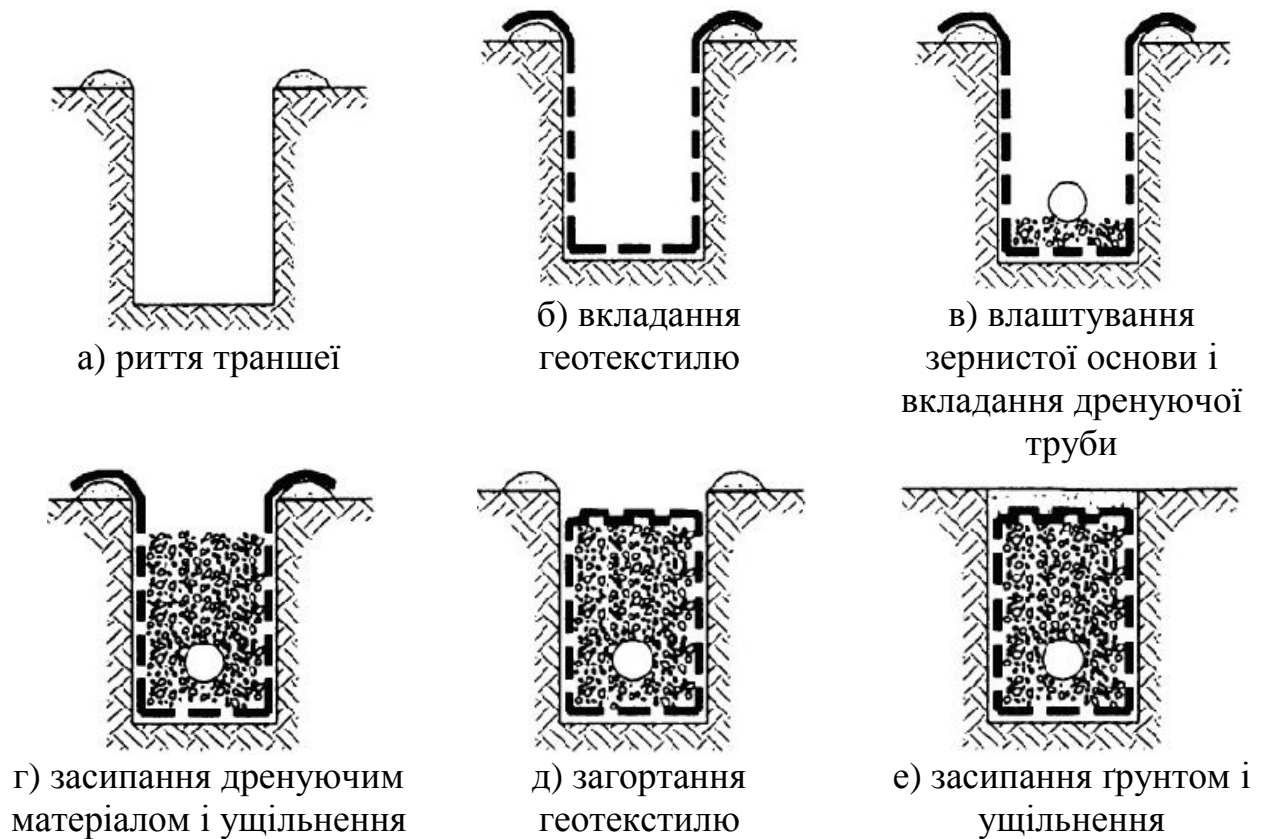
**9.5.1.4** Всі вкладені полотна перевіряють на відсутність пошкоджень до початку їх засипання зернистим матеріалом. Будь-які розриви, прориви, задирання тощо повинні бути ліквідовані й замінені латками, які в межах від 0,6 до 0,7 м перекривають розмір пошкодженої частини матеріалу. Латки повинні бути з такого ж геокомпозитного матеріалу та з'єднані з основним полотном через кожні 15 см. Якщо пошкоджена площа перевищує 50 % ширини полотна, то видаляють ділянку на всю ширину рулону.

**9.5.1.5** Якщо використовують крупнозернистий матеріал засипки, то його розвантажують на піщаний захисний та вирівнюючий шар товщиною від 6 см до 12 см, з послідовним розподіленням матеріалу засипки на геосинтетичне полотно. Для розподілення зернистого матеріалу на геосинтетичному полотні вибирають транспортні засоби з малим тиском на основу. Заїзд будівельної техніки на неприкрите геосинтетичне полотно заборонено. Мінімально допустима товщина шару перекриття становить 0,2 м.

**9.5.1.6** Ущільнення матеріалу перекриття виконують легким гладковальцевим котком. Якщо геосинтетичне полотно вкладають на основу малої несучої здатності (з модулем пружності на поверхні менше ніж 30 МПа), то нижній зернистий шар перекриття ущільнюють розподіляючим бульдозером чи автогрейдером і після цього гладковальцевим котком без вібрації. Наступні вищі шари перекриття ущільнюють гладковальцевим віброкотком. Не слід застосовувати розподіляючі й ущільнюючі машини, які залишають колію в зернистому шарі перекриття. Для уникнення колієутворення слід використовувати легку техніку.

**9.5.2** Вимоги до влаштування траншейного дренажу:

- геокомпозит потрібно вклати із забезпеченням максимальної дренажної здатності;
- при загортанні геотекстилю над дренажним зернистим матеріалом величина перекриття полотен повинна становити не менше ніж 0,3 м. Після загортання полотен вкладають ґрунт зворотної засипки і ущільнюють до необхідного стану (рисунок 9.6).



**Рисунок 9.6** – Послідовність будівництва траншейної дрени із застосуванням геотекстилю

### 9.5.3 Влаштування дренажу в основі конструкції дорожнього одягу

**9.5.3.1** Система включає в себе влаштування горизонтального площинного дренажу, прикромкових поздовжніх дрен (трубчастих, геокомпозитних чи фін-дрен) і бокових водовипусків. Встановлення прикрайкових дрен можливе до чи після влаштування шарів покриття дорожнього одягу.

#### 9.5.3.2 Вимоги до влаштування дренажних труб:

- глибина траншеї повинна бути такою, щоб верх труби був не менше ніж на 50 мм нижче основи дренажного зернистого шару дорожнього одягу;
- основу дорожнього одягу і дно траншеї вистеляють геосинтетичним полотном. Полотна вкладають таким чином, щоб їх перекриття співпадало з напрямком руху води;
- дренажні труби вкладають на зернисту основу, з'єднують з водовипусками і засипають зернистим матеріалом. Дренуюча здатність матеріалу засипки повинна бути не меншою ніж дренуюча здатність матеріалу основи дорожнього одягу. Ущільнення матеріалу засипки, яке виконують за допомогою ручного ущільнюючого обладнання (віброплити, ручні трамбовки), розпочинають коли товщина шару над трубою становить більше ніж 0,15 м.

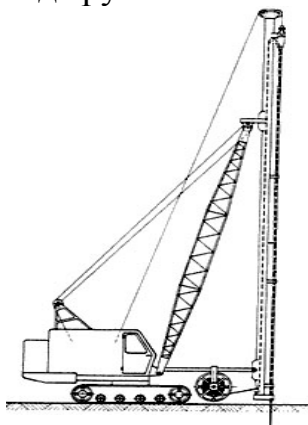
**9.5.3.3** Вимоги до вкладання прикрайкових попередньо виготовлених дрен та фін-дрен:

- ширина траншеї під геокомпозитну дрена становить від 100 мм до 150 мм, глибина має бути достатньою для того, щоб верхній край дрена знаходився не менше ніж на 50 мм нижче нижньої грані шарів покриття;
- дрена встановлюють вертикально при зовнішній стороні траншеї та приєднують до водовипусків до початку зворотного засипання;
- для зворотного засипання траншеї використовують крупнозернистий пісок для забезпечення щільного контакту між дренаючим шаром основи і геокомпозитною дренаю;
- ущільнення матеріалу засипки виконують в помірному режимі зі зволоженням для уникнення пошкодження дрена.

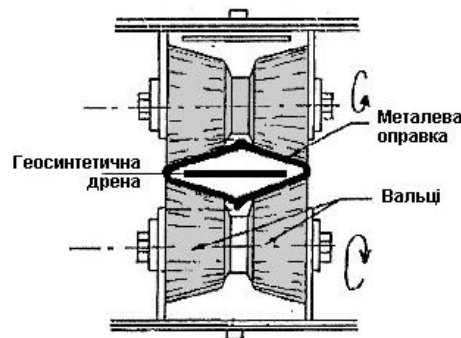
#### 9.5.4 Влаштування вертикальних дрена

**9.5.4.1** Вертикальні дрена влаштовують за допомогою спеціального навісного обладнання, яке монтується на крані, що складається з оболонки (металевої труби ромбовидного перерізу), яка переміщується по направляючій стрілі та втискується в ґрунтову товщу (рисунок 9.7). Через оболонку зверху вниз проходить вертикальна дрена і кріпиться до наконечника за допомогою спеціального затвору, який дозволяє заанкерувати кінець дрена в ґрунтовому масиві при вийманні оболонки. Глибина укладання дрена може сягати 40 м і більше. Схеми закладання вертикальних дрена наведено на рисунку 9.4.

**9.5.4.2** Існує декілька способів занурення оболонки в ґрунтову товщу, які застосовують для встановлення вертикальних дрена: (1) вібрація, (2) статичне навантаження, (3) забивання і (4) віброструменева перфорація. Вибір способу залежить від ґрунтово - геологічних умов і умов об'єкта будівництва.



а) загальний вигляд машини



б) поперечний переріз оправки з дренаю

**Рисунок 9.7** – Обладнання для встановлення вертикальних дрена

**9.5.4.3** *Вібрацію* застосовують в умовах слабкої основи. Роботи виконують легкими машинами. При необхідності підвищення несучої здатності основи, до початку встановлення вертикальних дрена влаштовують робочу платформу. Для цього на слабку основу вкладають розділюючий і фільтруючий геосинтетик, який перекривають шаром піску товщиною 0,5 м. Швидкість встановлення вертикальних дрена за допомогою вібрації становить близько 1 м/с.

**9.5.4.4** Якщо ґрунтова товща неоднорідна за геологічним складом і м'які

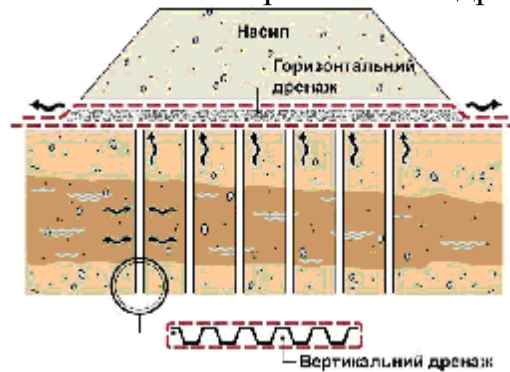
пласти перемежуються порівняно твердими відкладеннями, то таку товщу більш ефективно проходити струменевою перфорацією разом з вібрацією. Витрата води становить в середньому 2500 л/год при тиску 100 атм.

**9.5.4.5** Занурення *статичним навантаженням* вимагає прикладання навантаження близько 50 т на оболонку з дреною.

**9.5.4.6** *Забивання* застосовують у випадках проходження ґрунтових товщ, перемежованих твердими відкладеннями. Використовують швидкобійні пневмо- чи гідромолоти з частотою від 300 до 600 ударів/хв. Такий метод, порівняно з вібрацією, є більш ефективним у складних ґрунтово-геологічних умовах.

**9.5.4.7** Вертикальні дрени поставляють в бобінах. Ширина дрени переважно становить 10 см.

**9.5.4.8** Після встановлення вертикальних дрен влаштовують горизонтальний дренаж в основі конструкції для відведення води за межі споруди (рисунок 9.8). Якщо несуча здатність слабкої перезволоженої основи недостатня для заїзду будівельної техніки, то горизонтальний дренаж відсипають до початку встановлення вертикальних дрен.



**Рисунок 9.8** – Схема поєднання вертикальних дрен з горизонтальним дренажним шаром

## 10 РОЗДІЛЕННЯ ЗЕРНИСТИХ ШАРІВ ГЕОСИНТЕТИЧНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

### 10.1 Загальні положення

**10.1.1** Розділяючі геосинтетичні полотна запобігають змішуванню різних фракцій між собою зернистих матеріалів, суміжних із конструктивними шарами або з ґрунтом земляного полотна у дорожній конструкції. Залежно від жорсткості (загального модуля пружності) основи, на яку вкладають геосинтетик, крім розділення, можна додатково стабілізувати і підсилювати (армувати) конструкцію (див. табл.10.1). За наявності слабких ґрунтів (з модулем пружності менше 5 МПа) раціональним є використання термоскріпленого геотекстилю максимальної міцності для розділення та армуючого геосинтетичного матеріалу (геогратки чи геокомпозиту).

**Таблиця 10.1** – Функції геосинтетичного матеріалу в конструкції залежно від жорсткості основи

Функція геосинтетика	Модуль пружності основи, МПа	
	в стані природної вологості	у водонасиченому стані
Розділення	не менше 80	не менше 30
Розділення зі стабілізацією	30–80	10–30
Розділення з підсиленням (армуванням)	не більше 30	не більше 10

**10.1.2** Застосування розділяючих (підсилюючих і стабілізуючих) геосинтетиків є ефективним між крупно - і дрібнозернистими шарами конструкції дорожнього одягу, між конструкцією дорожнього одягу і ґрунтом земляного полотна, в основах тимчасових доріг, в основі насипу (особливо при високому рівні ґрунтових вод), між основою і ґрунтом тимчасового привантаження, при розширенні проїзної частини і під бермами навантаження, між ґрунтом основи і підпірною стінкою (жорсткою і нежорсткою), над основами, складеними лесовими, здимальними, набухаючими ґрунтами, які можуть перезволожуватися в окремі сезони року, під тротуарними плитами, фігурними елементами мощення (ФЕМами) чи бруківкою (рисунок 10.1).



а) між крупно - і дрібнозернистими шарами дорожнього одягу



б) в основах тимчасових доріг



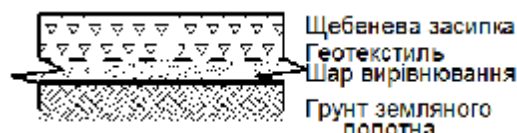
в) чи стабілізація в основі насипу при високому рівні ґрунтових вод (РГВ)



г) між основою і ґрунтом тимчасового привантаження



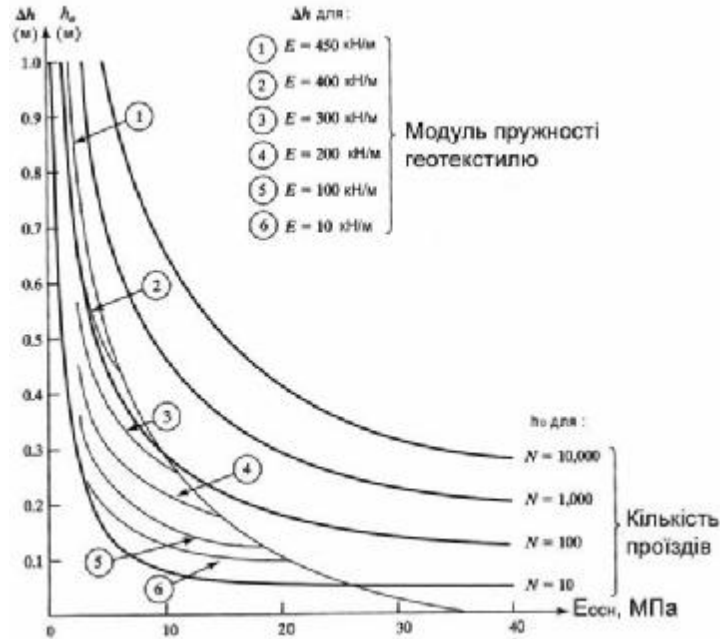
е) під тротуарними плитами



д) площадка тимчасових стоянок транспортних засобів

**Рисунок 10.1** – Области застосування розділяючих та частково армуючих геосинтетичних матеріалів

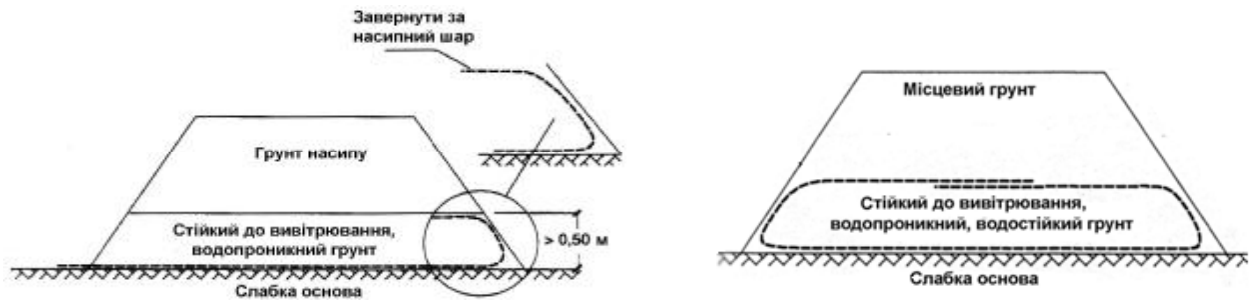
**10.1.3** Для розділення та розділення зі стабілізацією раціональним є використання геосинтетиків нетканинних термічно скріплених геотекстилів, які додатково задовольняють вимогам фільтрації. Для розділення з підсиленням доцільне застосування тканинних геотекстилів та геокомпозитів, що мають при деформації від 2 % до 5 % (див. 8.3.8) модуль пружності більше ніж 100 кН/м (див. рисунок 10.2).



**Рисунок 10.2** – Номограма для визначення необхідної товщини щебеневого шару основи дорожнього одягу перехідного типу при застосуванні розділяючого геотекстилю

## 10.2 Конструювання розділяючого прошарку з застосуванням геосинтетичних матеріалів

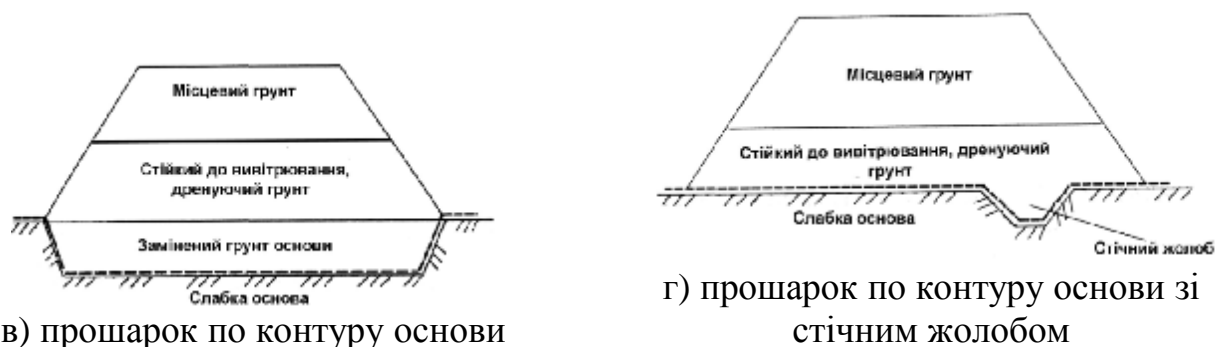
**10.2.1** Геосинтетики для розділення вкладають в конструкцію полотнами. За необхідності забезпечити додатково стабілізацію чи підсилення, геосинтетики закладають у вигляді напівзамкнених та замкнених обойм (див. рисунок 10.3).



а) прошарок чи напівобойма

б) закрыта обойма

**Рисунок 10.3** – Приклади закладання полотен геосинтетика в основу земляного полотна



в) прошарок по контуру основи

г) прошарок по контуру основи зі стічним жолобом

**Рисунок 10.3, аркуш 2**

**10.2.2** При влаштуванні насипів на слабких основах геосинтетики для розділення вкладають в комбінації з ґратками, розташовуючи їх під армуючими матеріалами.

**10.2.3** Жорсткі ґратки не повинні додатково розділяти окремі шари конструкції. Для отримання ефекту армування розмір вічок жорстких ґраток повинен забезпечувати заклинювання максимальної фракції ( $D_{\max}$ ) кам'яного матеріалу. Розмір отворів геогратки повинен бути в 1,5 - 2,0 рази меншим від  $D_{\max}$  кам'яного матеріалу. Тривісноорієнтовані ґратки з перемінним розміром отворів слід використовувати для армування піщаних шарів.

### 10.3 Розрахунок розділяючого прошарку з застосуванням геосинтетичних матеріалів

**10.3.1** При встановленні допустимих параметрів геосинтетиків для розділення, розділення зі стабілізацією й розділення з підсиленням оцінюють такі характеристики (див. таблицю 5.2):

- рейферна міцність і деформативність згідно з 10.3.2;
- співрозмірність розміру отворів геосинтетика і гранулометрії оточуючого зернистого матеріалу (гідралічні характеристики) згідно з 10.3.3;
- міцність на пробивання згідно з 10.3.4;
- стійкість при вкладанні згідно з 10.3.5;
- необхідну величину перекриття полотен згідно з 10.3.6.

**10.3.2** Встановлення необхідної рейферної міцності й деформативності

**10.3.2.1** Необхідну рейферну міцність геосинтетика визначають за формулою (10.1):

$$T_{\text{необх}} = 0,11 \times p \times d_a^2 \times \text{tg}^2 \times \left( 45^\circ - \frac{j}{2} \right) \quad (10.1)$$

де  $T_{\text{необх}}$  – необхідна рейферна міцність розділяючого геосинтетичного матеріалу;

$p$  – прикладений тиск (приблизно рівний тиску повітря в шинах транспортних засобів, з урахуванням затухання напружень за глибиною);



$d_a$  – середній діаметр крупнозернистого матеріалу, який насипають над геополотном;

$j$  – кут внутрішнього тертя матеріалу засипки.

**10.3.2.2** Номінальна грейферна міцність геосинтетика,  $T_{ном}$ , яку визначають згідно з 6.3.2 [1], повинна задовольняти умові (10.2):

$$T_{ном} \geq T_{необх} \times g_t \times g_n. \quad (10.2)$$

**10.3.2.3** Необхідна деформативність  $\varepsilon_{необх}$  геосинтетика повинна задовольняти умові (10.3):

$$e_{необх} \geq 33\% \quad (10.3)$$

**10.3.3** Розрахунок необхідних параметрів гідравлічних характеристик розділяючого геосинтетика виконують згідно з розділом 8.

**10.3.4** Розрахунок необхідного опору пробиванню

**10.3.4.1** Геосинтетичний матеріал повинен витримувати навантаження в процесі будівництва без накопичення надмірних пошкоджень. Необхідну величину опору вертикальному пробиванню матеріалу визначають  $F_{необх}$  за формулою (10.4):

$$F_{необх} = p \times d_a^2 \times S_1 \times S_2 \times S_3, \quad (10.4)$$

де  $F_{необх}$  – необхідна величина опору пробиванню, Н;

$S_1, S_2$  і  $S_3$  – коефіцієнти фактичної форми і розмірів зернистих матеріалів засипки відповідно до таблиці 10.2.

**Таблиця 10.2** – Коефіцієнти форми і розмірів зернистих матеріалів засипки

Матеріал засипки	Коефіцієнт виступання, $S_1$	Коефіцієнт діаметра, $S_2$	Коефіцієнт форми, $S_3$
Кутоватий і відносно великий (40 – 70 мм)	0,9	0,8	0,9
Кутоватий і відносно малий (5 – 40 мм)	0,6	0,6	0,7
Напівкутоватий і відносно великий (40 – 70 мм)	0,7	0,6	0,6
Напівкутоватий і відносно малий (5 – 40 мм)	0,4	0,4	0,5
Округлий і відносно великий (40 – 70 мм)	0,5	0,4	0,4
Округлий і відносно малий (5 – 40 мм)	0,2	0,2	0,3

**10.3.4.2** Стійкість геосинтетика до продавлювання,  $F_{ном}$ , згідно з 6.3.8 [1], повинна задовольняти умові (10.5):

$$F_{ном} \geq F_{необх} \times g_t \times g_n. \quad (10.5)$$

**10.3.5** Оцінку стійкості геосинтетика до пошкодження при вкладанні

виконують за результатами натурних чи лабораторних випробувань матеріалу згідно з 6.5.1 [1]. Випробування потрібно проводити в режимі навантажень, які передаватимуться полотну геосинтетика в результаті проїздів будівельної техніки.

### 10.3.6 Величина перекриття полотен і шви

**10.3.6.1** Величина перекриття полотен залежить від жорсткості основи, на яку вкладають геосинтетичне полотно, і параметрів маси будівельної техніки, що визначають згідно з рисунком 10.4.

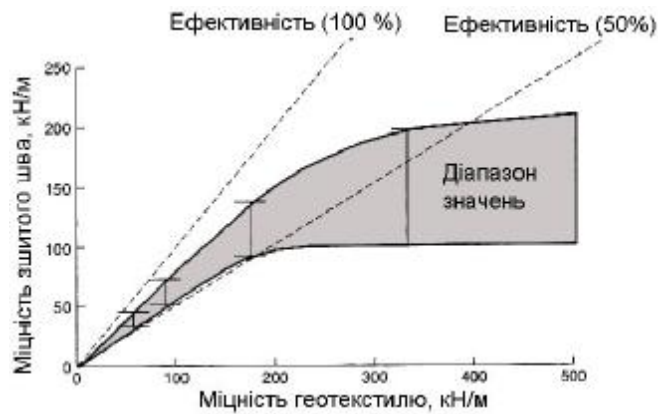


- 1 – легкий режим - транспортні засоби масою до 5 т;
- 2 – нормальний режим – транспортні засоби масою від 5 до 10 т;
- 3 – важкий режим – важкі транспортні засоби масою більше 10 т

**Рисунок 10.4** – Необхідна величина перекриття полотен розділяючого геотекстилю

**10.3.6.2** Для покращення умов передачі зусиль між геотекстильними полотнами в місцях їх перекриття, полотна з'єднують зшиванням чи металевими нагелями безпосередньо на будівельному майданчику з кроком (2 – 2,5) м (рисунок 6.6).

**10.3.6.3** При зшиванні полотен необхідно враховувати, що ефективність шва зменшується зі збільшенням міцності геотекстилю (рисунок 10.5). Максимальна досягнута міцність, виконаного належним чином шва, не перевищує 200 кН/м. Якщо якість шва не забезпечена, то його максимальна міцність не перевищує 100 кН/м, навіть для достатньо міцних геотекстилів. Для досягнення більшої ефективності з'єднання, полотна склеюють епоксидними або іншими спеціальними клеями.



**Рисунок 10.5** – Оцінка міцності зшитого з'єднання в геотекстилях

**10.3.6.4** Для раціонального розміщення перекриття по площі проїзної частини ширину геосинтетичного матеріалу вибирають такою, щоб поздовжні шви розміщувались між смугами руху або на узбіччі й не співпадали зі смугою накату.

**10.3.7** Доцільність закладання розділяючого геосинтетика в конструкцію дорожнього одягу перехідного типу чи в тимчасові дороги

**10.3.7.1** Для оцінювання доцільності закладання розділяючого геосинтетика в конструкцію дорожнього одягу перехідного типу чи в тимчасові дороги в розрахунок приймають стабілізуючу дію геосинтетичного прошарку, який вкладають між дрібнозернистим шаром (грунт, пісок) і шаром щелевеної основи. Для цього розраховують загальну кількість проїздів  $N$  транспортних засобів, приведену до навантаження  $P = 80$  кН/вісь з тиском  $p_c = 0,48$  МПа (за методикою додаток Ж, формула Ж.2 [5]) і встановлюють модуль пружності основи  $E_{осн}$ . З номограми (рисунок 10.1) для параметрів  $E_{осн}$  і  $N$  визначають необхідну товщину шару щелевню  $h_o$  без застосування геотекстильного матеріалу в основі. Аналогічно для модуля пружності вибраного геотекстильного матеріалу  $E$  і модуля пружності основи  $E_{осн}$  знаходять допустиму величину зменшення товщини щелевеного шару  $\Delta h$ , еквівалентну підсилюючому ефекту від розділяючого геотекстилю.

**10.3.7.2** Товщину шару щелевню, над розділяючим геотекстильним полотном, визначають за формулою (10.6):

$$h = h_o' - \Delta h, \quad (10.6)$$

де  $h$  – зменшена товщина щелевеного шару основи, над розділяючим геотекстилем, м;

$h_o'$  – початкова товщина щелевеного шару основи без застосування геотекстилю, м;

$\Delta h$  – товщина еквівалентного зменшення шару щелевню, м.

**10.3.7.3** Модуль пружності геотекстилю  $E$  визначають при деформації 2% для покриттів та основ постійних доріг і 5% для тимчасових доріг за формулою 10.7:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \quad (10.7)$$

$$E_{2\%} = \frac{R_{2\%}}{0,02}, \quad (10.8)$$

$$E_{5\%} = \frac{R_{5\%}}{0,05}, \quad (10.9)$$

де  $R_{2\%}$  – напруження в геосинтетичному матеріалі при деформації 2%;  
 $R_{5\%}$  – напруження в геосинтетичному матеріалі при деформації 5%.

**10.3.8** Обмеження, до застосування розділяючих геосинтетиків, визначають згідно з 7.4 і 8.4.

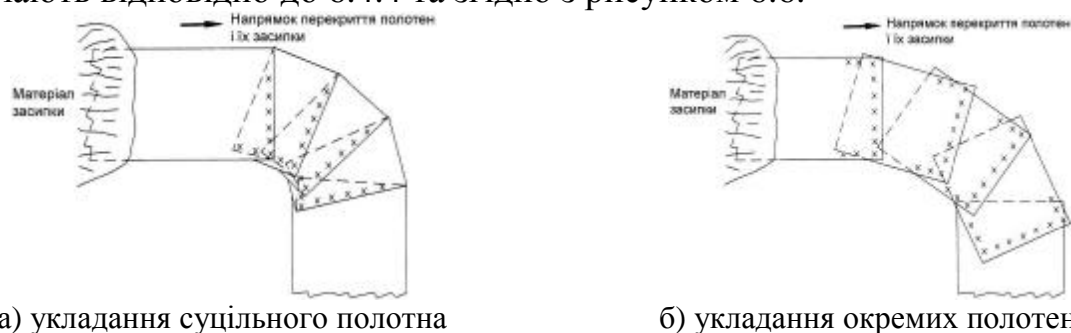
#### 10.4 Влаштування зернистих шарів з геосинтетичними прошарками

**10.4.1** Основа повинна бути підготовлена до початку вкладання геосинтетичних полотен: не містити брил, коріння дерев, будівельного сміття тощо. Нерівності поверхні повинні бути виправлені: перевищення - зрізані, пониження - засипані. Доцільною є пробна розкатка геосинтетика для виявлення дефектів основи.

**10.4.2** Для основ особливо малої несучої здатності, таких, як торф'яні болота, слід уникати зняття верхнього шару, використовуючи міцність його корневих переплетень.

**10.4.3** Геосинтетичні полотна вкладають відповідно напрямку відсипання зернистого шару перекриття. Заборонено тягнути полотно по основі до місця вкладання. Полотно повинно бути розстелено рівно без складок.

**10.4.4** На горизонтальних кривих чи в місцях поворотів траси геосинтетик вкладають *суцільним полотном* з формуванням складок згідно з рисунком 10.6 а), чи *окремими полотнами* згідно з рисунком 10.6 б). Напрямок складок і напусків повинен узгоджуватись з напрямком засипання геосинтетичних полотен. Місця напусків полотен скріплюють скобами чи фіксують нагелями з кроком від 2 м до 2,5 м. Способи зшивання геотекстилів визначають відповідно до 6.4.4 та згідно з рисунком 6.6.



**Рисунок 10.6** – Схема вкладання розділяючого геосинтетика в місцях поворотів траси

**10.4.5** На примиканні до існуючих об'єктів (конструкцій) чи їх перетині, геосинтетичне полотно розстеляють до краю існуючої конструкції. При поширенні чи перетині існуючих доріг, в яких використовують геосинтетичні полотна, виконують спряження конструкцій на ділянці 15 – 50 м. З цією метою розбирають існуючу конструкцію до рівня геополотна та з'єднують існуюче і нове полотна.

**10.4.6** Колії, які утворюються в зернистому шарі перекриття полотен під час будівництва, повинні бути заповнені тим же зернистим матеріалом, що і засипка полотен. Не дозволяється вирівнювати колійність зрізкою нерівностей, оскільки це може зменшити товщину шару перекриття. Усунення колійності виконують згідно з рисунком 10.7.



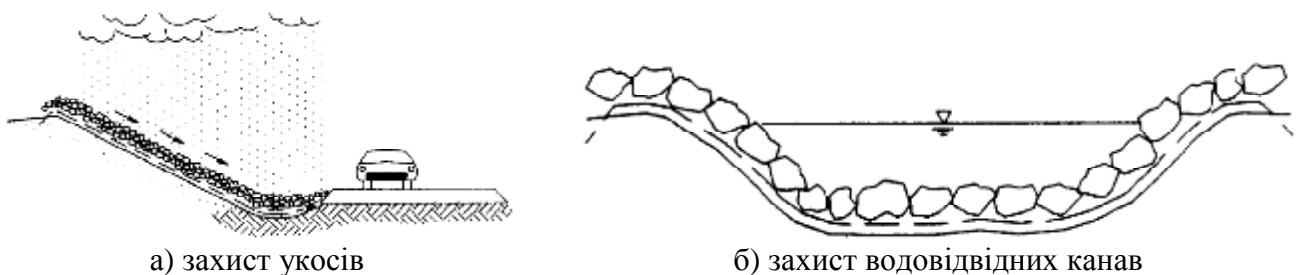
**Рисунок 10.7** – Усунення колійності в шарі основи

## 11 ПРОТИЕРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ УКОСІВ

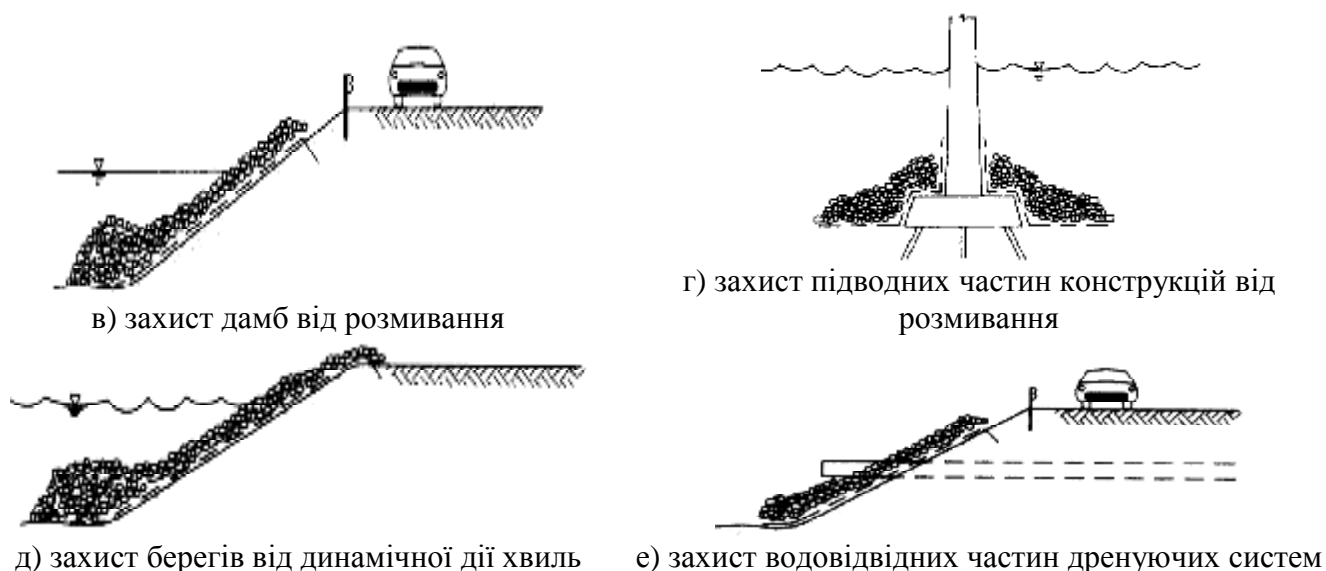
### 11.1 Загальні положення

**11.1.1** Метою протиерозійного захисту укосів є захист ґрунту від розмивання атмосферними опадами, водами поверхневого стоку і внутрішньої (підповерхневої) фільтрації та видування вітром впродовж заданого періоду часу чи доки на поверхні не з'явиться рослинність.

**11.1.2** Застосування протиерозійного захисту (див. рис. 11.1) є ефективним на укосах ґрунтових виїмок і насипів, підходах до мостів і укосах транспортних розв'язок, у водовідвідних канавах, у водовідвідних частинах дренажних систем (водовипускні труби, шахтні водоскиди, струмененапрямні лотки), при захисті берегів від динамічної дії хвиль тощо.



**Рисунок 11.1** – Облaсті застосування протиерозійних геосинтетичних матеріалів



**Рисунок 11.1, аркуш 2**

### 11.1.3 Вибір геосинтетиків для протиерозійного захисту

**11.1.3.1** Для непідтоплених укосів, які повинні задовольняти естетичним вимогам, ефективним є їх захист за допомогою протиерозійних геоматів, які сприяють розвитку рослинності на укосі.

**11.1.3.2** Для крутих укосів ефективним є застосування протиерозійних геоматів, підсилених георгратами, геотекстилем чи армуючими волокнами, які інтегровані в геомат в поздовжньому напрямку.

**11.1.3.3** Для підтоплених укосів, які піддаються динамічній дії хвиль, ефективними є протиерозійні матраци, заповнені цементнопіщаною сумішшю, протиерозійні геомати, заповнені кам'яним фракційним матеріалом, та нетканинні термічноскріплені або голкопробивні з термічним скріпленням геотекстилі, в якості прошарку між тілом укосу та крупноуламковою накидкою чи бетонними блоками.

**11.1.3.4** Геосинтетики для захисту від ерозії за терміном служби в конструкції поділяють на тимчасової і постійної дії. До геосинтетиків тимчасової дії відносять джутові системи, протиерозійні сітки, протиерозійні полотна, протиерозійні геомати, геосоти заповнені ґрунтом тощо.

До геосинтетиків постійної дії відносять протиерозійні матраци, геосоти, об'ємні решітки тощо.

## 11.2 Конструювання протиерозійного захисту укосів із застосуванням геосинтетичних матеріалів

**11.2.1** Схеми закладання геосинтетичних матеріалів для протиерозійного захисту розрізняють для систем постійної дії з жорстким кріпленням згідно з 11.2.2 і з використанням об'ємних геоматів, геосот тощо згідно з 11.2.3.

**11.2.2** Конструктивні рішення, які застосовують для протиерозійного захисту постійної дії з жорстким укріпленням, поділяють на :

- захист укосів потоконаправляючих дамб згідно з 11.2.2.1;
- захист укосів від дії набігаючих хвиль згідно з 11.2.2.2;
- захист канав поверхневого водовідводу згідно з 11.2.2.3;
- захист основ фундаментів від розмивання згідно з 11.2.2.4.

### 11.2.2.1 Захист укосів потоконаправляючих дамб

При вкладанні полотен напрямком полотна повинен співпадати з напрямком течії води згідно з рисунком 11.2 (а). В нижній частині укосу мінімальна глибина укладання геосинтетичних полотен повинна бути на 1 м нижче середнього мінімального рівня води; у разі мілкої води (глибиною менше ніж 1 м) геотекстильний матеріал укладають на дно потоку. У верхній частині підняття полотен повинне бути не менше ніж 0,5 м вищим за максимальний рівень води згідно з рисунком 11.2 (б). При інтенсивній течії води, полотна геосинтетика закріплюють в підніжжі й на брівці укосу за допомогою засипки крупноуламковим матеріалом згідно з рисунком 11.2 (в) та улаштування укріпленої смуги згідно з рисунком 11.2 (а).

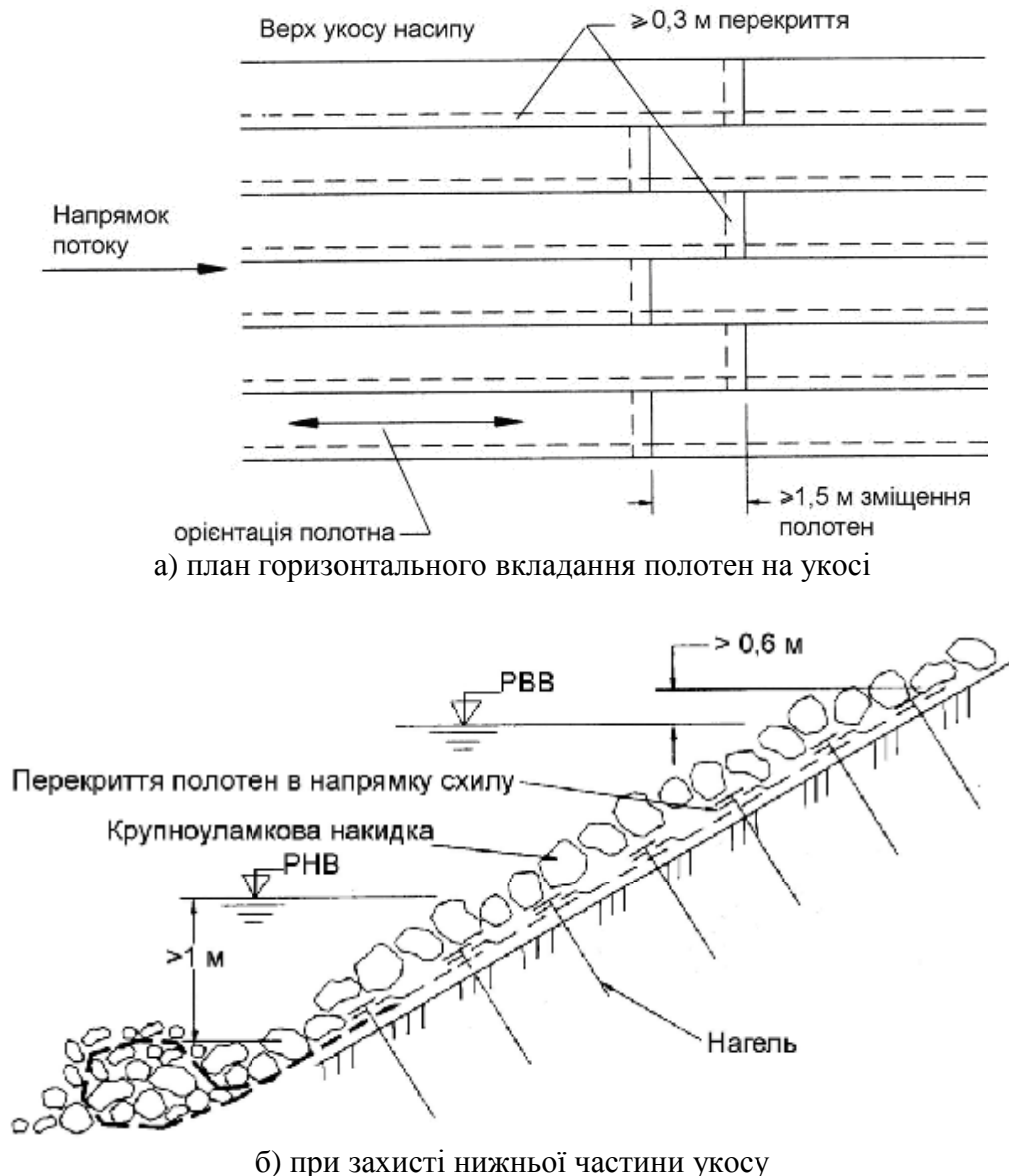
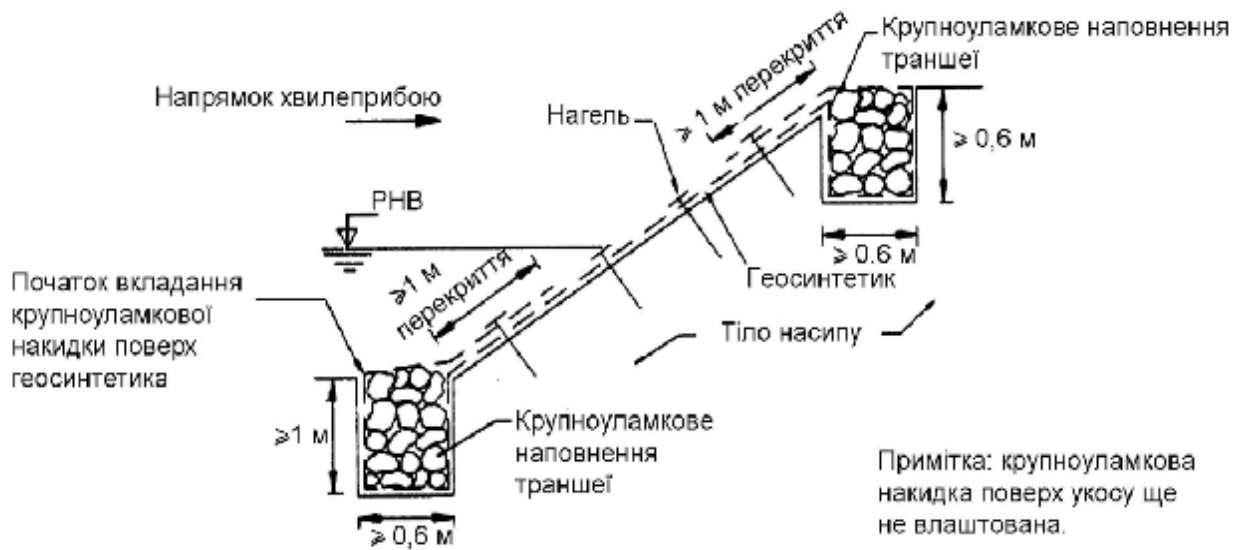


Рисунок 11.2 – Схема захисту підтоплюваних укосів від ерозії

(способи вкладання і кріплення)



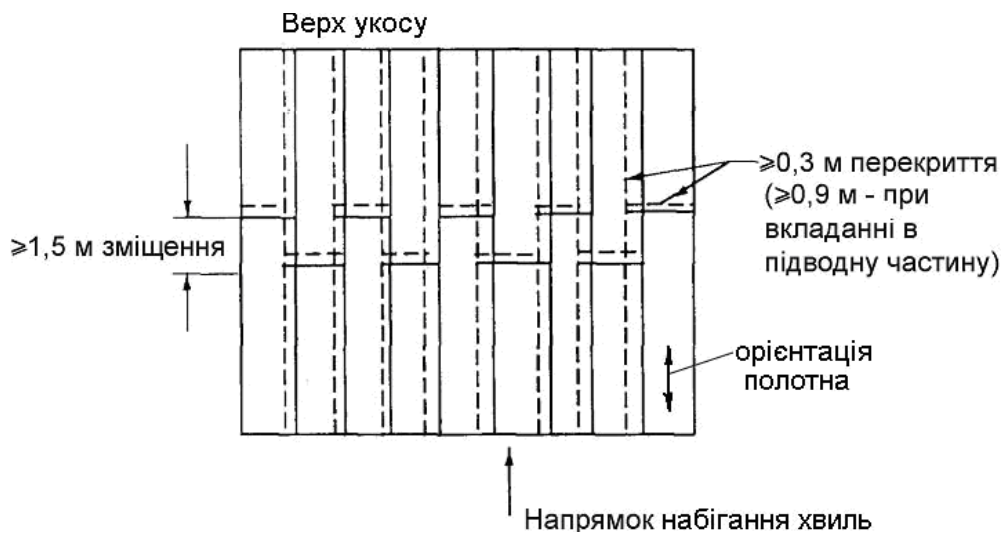
в) при захисті всієї поверхні укосу

Примітка. РВВ – рівень високої води; РНВ – рівень низької води.

Рисунок 11.2, аркуш 2

11.2.2.2 Захист укосів від дії набігаючих хвиль

При циклічній дії набігаючих хвиль геотекстиль вибирають як для критичних умов роботи в конструкції. При вкладанні полотен орієнтація полотна повинна співпадати з напрямком набігання хвиль згідно з рисунком 11.3 (а). Полотна закріплюють в траншеях у нижній частині конструкції згідно з рисунком 11.3 (б, в) і за необхідності – у верхній частині згідно з рисунком 11.3 (в). При виборі геотекстилю приймають до уваги питому вагу геосинтетичного матеріалу для оцінки можливості спливання полотен при вкладанні в підводних частинах конструкції.



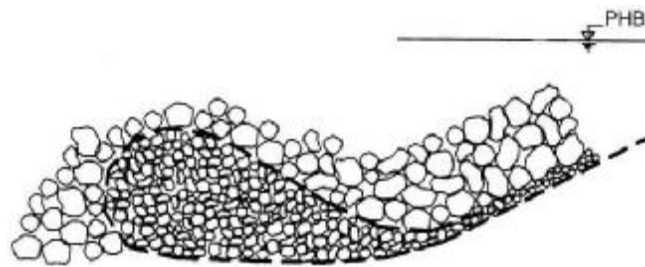
а) план вертикального вкладання полотен на укосі



**Рисунок 11.3** – Схеми укладання і кріплення при захисті укосів від розмивання водами площинного поверхневого стоку і набігаючими хвилями



б) поперечний переріз замка в ґрунтових умовах, які не дозволяють влаштування траншеї з вертикальними стінками



в) «голандський» замок в основі укосу

**Рисунок 11.3, аркуш 2**

### 11.2.2.3 Збирання та відведення вод поверхневого стоку

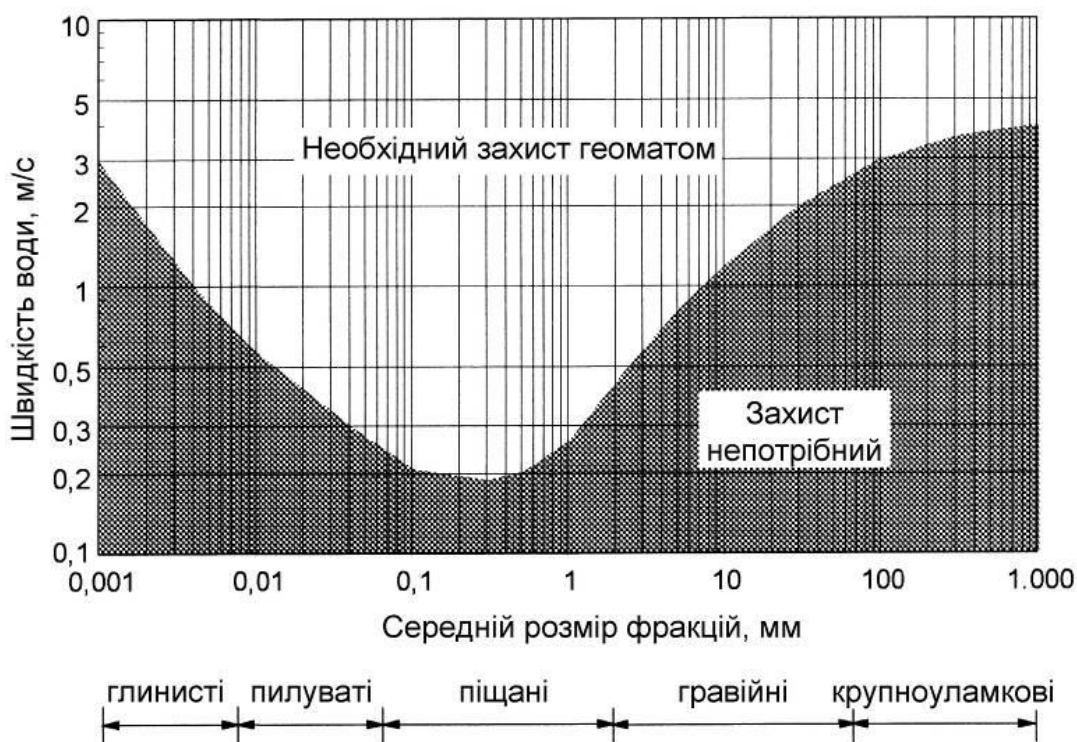
Поверхневий стік з укосів виїмок чи насипів контролюють бічними і нагірними канавами. Над геосинтетиками вкладають шар (и) матеріалів, які гасять енергію потоку: зернисті й крупноуламкові матеріали, мішки з піском тощо (рисунок 11.4). Зерновий склад матеріалів для засипки повинен бути підібраний так, щоб захистити геотекстиль від ультрафіолетового опромінення. При вкладанні полотен їх напрямком укладки повинен співпадати з напрямком канави.



**Рисунок 11.4** – Поперечний профіль з захистом від ерозії водовідвідної канави

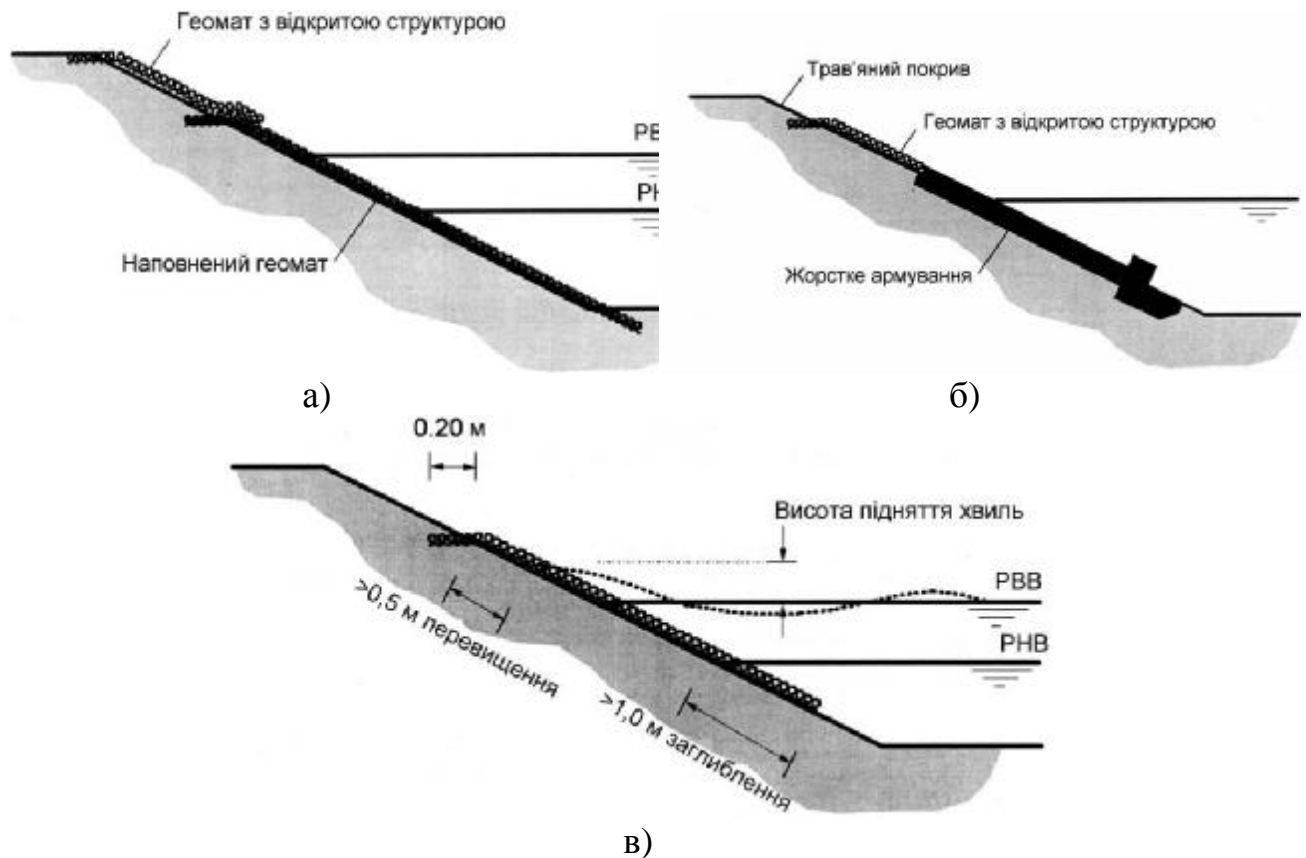
**11.2.2.4** При захисті основ фундаментів від розмивання при швидкості течії більше критичної, геосинтетик вибирають для критичних умов роботи в конструкції. При вкладанні полотен, напрямок укладки полотна повинен вибиратися у відповідності із напрямком потоку. При виборі геосинтетику приймають до уваги густину полімеру, з якого виготовлено геотекстиль, для оцінки можливості його спливання при вкладанні під водою.

**11.2.3** Протиерозійний захист постійної дії з використанням об'ємних геоматів, геосот застосовують у водовідвідних канавах, на крутонахилених водовипусках і при захисті укосів насипів (виїмок) від ерозії інтенсивними атмосферними опадами. Тримірні протиерозійні геомати є ефективними для захисту в умовах нетривалих до 2 годин злив, і швидкості потоку води до (5 – 6) м/с. В умовах довготривалого потоку більш ефективними є жорстко армуючі протиерозійні системи. При перевищенні крутизни укосів насипів або виїмок більше за нормативну, необхідно передбачати заходи укріплення укосів з використанням протиерозійних геоматів або сіток. Необхідність застосування протиерозійного захисту оцінюють по швидкості потоку і гранулометричному складу ґрунту основи згідно з рисунком 11.5.



**Рисунок 11.5** – Схема оцінки необхідності застосування протиерозійного захисту за допомогою геоматів

**11.2.4** Конструктивні рішення з вкладання полотен геомата на укосі приймають згідно з рисунком 11.6. Використання геоматів можливе в сухих і обводнених умовах. В останньому випадку велике значення має динамічна дія течії чи набігаючих хвиль. При вкладанні полотен перевагу віддають їх вертикальній орієнтації згідно з рисунком 11.3 (а).



**Рисунок 11.6** – Схеми укладання полотен геомата на підтоплюваному укосі

### 11.3 Розрахунок конструкцій протиерозійного захисту з застосуванням геосинтетичних матеріалів

**11.3.1** Проектування протиерозійних систем захисту укосів включає в себе такі розрахунки:

- протиерозійний захист укосу кам'яною накидкою згідно з 11.3.2;
- протиерозійний захист постійної дії з біологічним укріпленням згідно з 11.3.3.

**11.3.2** Протиерозійний захист укосу кам'яною накидкою.

**11.3.2.1** Вимоги до геотекстилю встановлюють за чотирма критеріями: утримання, проникності, забивання і довговічності відповідно до таблиці 11.1. Для цього, за результатами гранулометричного аналізу ґрунту, встановлюють: відсоток фракцій, менших ніж 0,071 мм; число пластичності ( $I_p$ ); показник однорідності складу  $C_u = D_{60}/D_{10}$  (якщо ґрунти, що підлягають захисту, містять фракції менші ніж 0,071 мм, то при виборі геотекстильного матеріалу в розрахунок приймають лише частину гранулометричної кривої з розміром фракцій до 5 мм). Для кожного з ґрунтів визначають діаметр  $D_{85}$  і для розрахунку за критерієм утримання приймають його найбільш несприятливе значення (тобто, ґрунт з найменшим добутком коефіцієнта  $B$  на  $D_{85}$  ( $B \times D_{85}$ )) відповідно до таблиці 11.1. За результатами лабораторних чи польових випробувань визначають найменший з коефіцієнтів фільтрації ґрунтів  $k_f$ .

**Таблиця 11.1** – Граничні значення параметрів геосинтетиків для протиерозійного захисту постійної дії

<b>I Критерій утримання ґрунту</b>			
Властивості ґрунту	Стационарний потік		Динамічний потік
Вміст частинок ґрунту розміром менше за 0,071 мм складає менше ніж 50 % за масою	$O_{95} < B \times D_{85}$ при $C_u \leq 2$ чи $C_u \geq 8$ : $B = 1$ ; при $2 \leq C_u \leq 4$ : $B = 0,5 \times C_u$ ; при $4 < C_u < 8$ : $B = 8/C_u$ .		$O_{95} \leq 0,5 \times D_{85}$
Вміст частинок ґрунту розміром менше ніж 0,071 мм складає більше за 50 % за масою	тканинні: $O_{95} \leq D_{85}$ нетканинні: $O_{95} \leq 1,8 \times D_{85}$		$O_{95} \leq 0,5 \times D_{85}$
Для зв'язних ґрунтів ( $I_p > 7$ )	$O_{95} \leq 0,3$ мм		
<b>II Вимоги до геосинтетиків під кам'яний накид</b>			
Характеристика	Одиниця вимірювання	При видовженні геотекстилю	
		< 50 %	≥ 50 %
Грейферна міцність	Н	1400	900
Міцність на пробивання	Н	500	350
УФ-стабільність	%	50 % міцності залишається після 500 годин опромінення	
<p><b>Примітка 1.</b> При виборі геотекстилю для не критичних умов роботи:</p> <p>а) захисний зернистий шар між геотекстилем і валунами (блоками) <i>не потрібний</i>, якщо вага валунів, які вкладають на геотекстиль, не більше 100 кг, і висота їх розвантаження не перевищує 1 м;</p> <p>б) захисний зернистий шар між геотекстилем і валунами (блоками) <i>потрібний</i>, якщо вага валунів більша 100 кг при висоті розвантаження не більше ніж 1 м.</p>			

**11.3.2.2** Якщо мінімальний розмір крупноуламкової засипки перевищує 100 мм або зазор між бетонними блоками перевищує 100 мм, то потрібно вкладати проміжний шар гравію чи щебеню товщиною 150 мм між геотекстильним полотном і матеріалом засипки (бетонними блоками).

**11.3.3** При розрахунку протиерозійного захисту постійної дії з біологічним укріпленням використовують чотири критерії:

- критичної швидкості потоку згідно з 11.3.3.1;
- критичних напружень зсуву згідно з 11.3.3.2;
- геотехнічний згідно з 11.3.3.3;
- біологічний згідно з 11.3.3.4.

**11.3.3.1** Критерій критичної швидкості потоку (перший гідравлічний критерій)

**11.3.3.1.1** Методом ітерацій (метод послідовних наближень) визначають розміри поперечного перерізу потоку (глибину і ширину) згідно з рисунком 11.7, щоб необхідна  $V_{необх}$  і проектна  $V_{пр}$  швидкості потоку були приблизно рівними (при ітераціях варіюють параметрами  $R$  і  $d$ ):

$$V_{необх} \leq V_{пр}, \tag{11.1}$$

– де

$$V_{необх} = \frac{R^{2/3} \times i^{1/2}}{n}, \tag{11.2}$$

$$V_{np} = \frac{q \times R^{2/3}}{d^{5/3}}, \quad (11.3)$$

$$q = \frac{d^{5/3} \times i^{1/2}}{n}, \quad (11.4)$$

$$R = \frac{A}{W_p}, \quad (11.5)$$

де  $R$  – гідравлічний радіус потоку, м;  
 $n$  та  $i$  – коефіцієнт гідравлічної шорсткості Маннінга і уклон лінії енергії водотоку згідно з рисунком 11.8;

$q$  і  $d$  – інтенсивність витрати потоку, м<sup>3</sup>/с/м і глибина потоку, м, відповідно;

$A$  – площа поперечного перерізу потоку, м<sup>2</sup>;

$W_p$  – довжина змоченого периметра потоку, м.

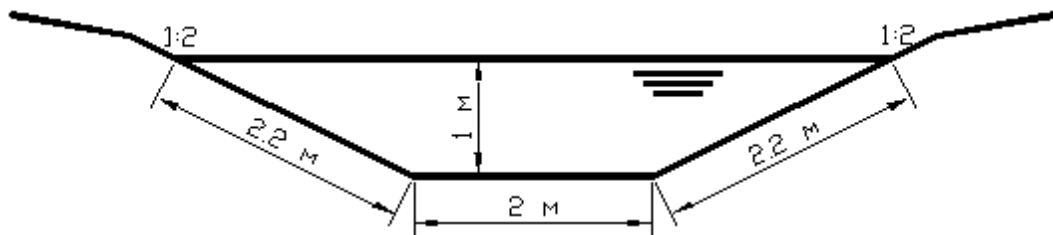


Рисунок 11.7 – Схема до визначення гідравлічного радіусу потоку

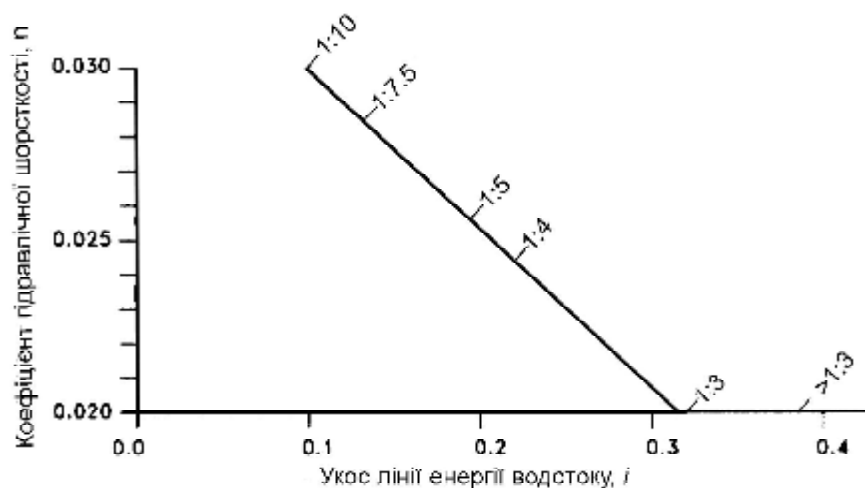


Рисунок 11.8 – Схема визначення параметрів  $n$  та  $i$  для укосу з крутизною більше ніж 1:10, вкритого травою

11.3.3.1.2 Розрахункову швидкість визначають згідно з формулою (11.6):

$$V_{необх}^* = V_{необх} \times K, \quad (11.6)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу, рівний:

1,5 – з недостатньою рослинністю;

1,2 – з добре розвинутою рослинністю.

**11.3.3.1.3** Допустиму швидкість потоку  $V_{ном}$  для вибраного виду протиерозійного матеріалу визначають згідно з формулою (11.7):

$$V_{ном} = t \times V_{гор}, \quad (11.7)$$

де  $V_{ном}$  – допустима швидкість потоку на укосі з умови стійкості матеріалу до ерозії, м/с;

$V_{гор}$  – гранична швидкість горизонтального потоку, м/с, згідно з рисунком 11.8;

$t$  – параметр укосу, який визначають згідно з формулою (11.8):

$$t = \left( 1 - \frac{\sin^2 \beta}{\sin^2 j} \right), \quad (11.8)$$

де  $\beta$  – кут закладання укосу;

$j$  – кут внутрішнього тертя ґрунту.

**11.3.3.1.4** Якщо розрахункова швидкість перевищує допустиму,  $V_{необх}^* > V_{ном}$ , то слід розглядати можливість зменшення інтенсивності витрати потоку  $q$  чи вибрати більш стійкий протиерозійний матеріал. Якщо навпаки,  $V_{необх}^* < V_{ном}$ , то зменшують ширину дна водовідвідної канави, чи вибирають менш стійкий протиерозійний матеріал відповідно до таблиці 11.2.

**Таблиця 11.2** – Коефіцієнти гідравлічної шорсткості Маннінга,  $n$

Тип покриття	Матеріал покриття (основи)	Глибина потоку, м		
		0–0,15	0,15–0,60	> 0,60
Жорстке	Бетон	0,015	0,013	0,013
	Бетон пісний, щебінь укріплений цементопіщаною сумішшю	0,040	0,030	0,028
	Кладка кам'яна	0,042	0,032	0,030
	Ґрунтоцемент	0,025	0,022	0,020
	Асфальтобетон	0,018	0,016	0,016
Без покриття	Основа ґрунтова	0,023	0,020	0,020
	Основа зі скельного ґрунту	0,045	0,035	0,025
Тимчасове	Матеріал рулонний зі скловолонна	0,028	0,021	0,010
	Геомат	0,036	0,025	0,021
Щебенево-гравійний накид	Фракція від 20 мм до 40 мм	0,044	0,033	0,030
	Фракція від 40 мм до 70 мм	0,066	0,041	0,034
Крупноуламковий накид	Фракція від 70 мм до 120 мм	0,104	0,069	0,035
	Розмір більше 120 мм	–	0,078	0,040

**11.3.3.2** Критерій критичних напружень зсуву (другий гідравлічний критерій)

**11.3.3.2.1** Розрахункові напруження зсуву визначають за формулою (11.9):

$$t_p = g_w \times d \times i_f, \quad (11.9)$$

де  $t_p$  – розрахункові напруження зсуву, Па;

$g_w$  – густина воли, кг/м<sup>3</sup>;

$d$  – глибина потоку, м;

$i_f$  – уклон поверхні стоку (уклон укосу).

**11.3.3.2.2** Допустимі напруження зсуву  $t_{don}$  при застосуванні вибраного геосинтетика визначають відповідно до таблиці 11.3.

**Таблиця 11.3** – Допустимі напруження зсуву,  $t_{don}$

Необхідна тривалість протиерозійного захисту	Геосинтетичний матеріал для протиерозійного захисту	Максимальний укіс	$t_{don}$ , Па	Необхідна міцність матеріалу на розтяг, кН/м
Тимчасова дія (до 3 місяців)	Фотодеградуючі сітки із синтетичних чи природних волокон	5:1	10	0,073
	Природні та (або) полімерні волокна, з'єднані механічним та (або) хімічним способом	4:1	20	0,073
	Деградуючі одиночні полотна	3:1	65	0,073
	Деградуючі подвійні полотна	2:1	72	1,09
Тимчасова дія (до 12 місяців)	Фотодеградуючі сітки з синтетичних чи природних волокон	5:1	12	0,073
	Природні та (або) полімерні волокна, з'єднані механічним та (або) хімічним способом	4:1	24	0,073
	Деградуючі одиночні полотна	3:1	72	0,073
	Деградуючі подвійні полотна	2:1	84	1,09
Тимчасова дія (до 24 місяців)	Повільнодеградуючі сітки синтетичних чи природних волокон <sup>3</sup>	5:1	12	0,36
	Повільнодеградуючі протиерозійні полотна	1,5:1	96	1,45
Тимчасова дія (до 36 місяців)	Повільнодеградуючі протиерозійні полотна	1:1	108	1,82
Постійна дія	Підповерхневі вегетативні геомати	0,5:1	288	1,82
			384	2,19
			480	2,55

**11.3.3.2.3** Вибраний геосинтетик для протиерозійного захисту задовольняє критерію критичних напружень зсуву, якщо виконується умова (11.10):

$$t_{don} \geq t_p \times g_m \times g_n. \quad (11.10)$$

**11.3.3.3** Геотехнічний критерій розрахунку геоматів застосовують лише у випадках вкладання геосинтетичних матеріалів на укоси.

**11.3.3.3.1** При застосуванні для протиерозійного захисту поверхневих геоматів постійної дії укоси поділяють на відносно похилі (з закладанням укосу більше ніж 1:1 – для сухих умов, та з закладанням укосу більше ніж 1:1,5 – для обводнених укосів) і відносно круті. На відносно похилих укосах геомат вкладають без небезпеки його розриву при сповзанні вниз. На відносно крутих укосах потрібно застосовувати армовані геомати.

**11.3.3.3.2** Якщо при стабілізації укосу геомат вкладають на гладку поверхню, наприклад, геомембрану, з послідовним перекриттям рослинним ґрунтом, то розглядають такі граничні умови:

- сповзання покриваючого ґрунту по геомату;
- сповзання ґрунту разом з геоматом по гладкій підстиляючій поверхні (геомембрані): розраховуються напруги розтягу в геоматі;
- загальна стійкість протиерозійного захисту при однорідній товщині засипки.

**11.3.3.3.3** Сповзання ґрунту по геомату не виникатиме, якщо виконується умова (11.11):

$$tg\beta < f, \quad (11.11)$$

де  $\beta$  – кут закладання укосу згідно з рисунком 11.9 (а);

$f$  – коефіцієнт тертя між ґрунтом і геоматом:

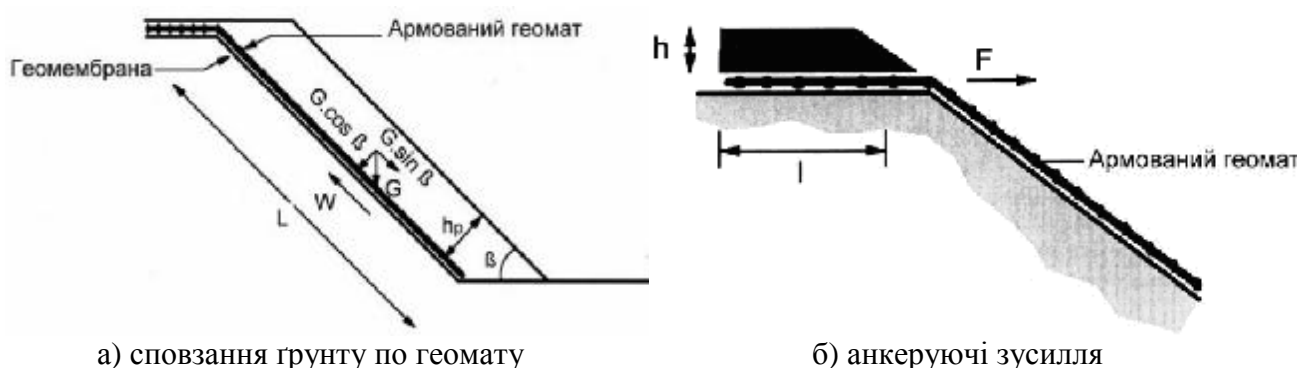
$$\text{при } j < \Theta \quad f = tg\varphi;$$

$$\text{при } j \geq \Theta \quad f = tg\Theta;$$

де  $j$  – кут внутрішнього тертя ґрунту, град;

$\Theta$  – коефіцієнт тертя між ґрунтом і геоматом.

**Примітка.** Зволоження ґрунту може суттєво впливати на величину коефіцієнта внутрішнього тертя ґрунту.



**Рисунок 11.9** – Схеми до розрахунку стійкості протиерозійного геомата на укосі

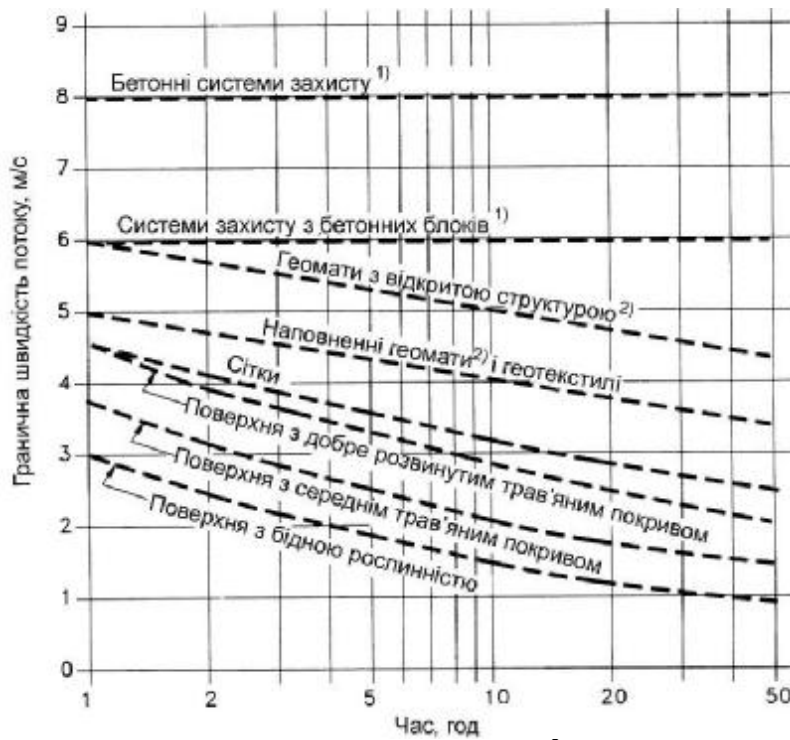
**11.3.3.3.4** Напруження розтягу в геоматі розраховують за формулою (11.12):



$$F_p = G \times \sin b - f_g \times G \cdot \cos b, \quad (11.12)$$

$$G = r \times g \times h_p \times L, \quad (11.13)$$

де  $F_p$  – напруження розтягу в геоматі, кН/м;  
 $G$  – маса покриваючої товщі ґрунту, кг;  
 $b$  – кут нахилу укосу згідно з рисунком 11.10;  
 $f_g$  – коефіцієнт внутрішнього тертя між геоматом і геомембраною відповідно до таблиці 11.4;  
 $r$  – густина ґрунту, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  – прискорення земного тяжіння, м/с<sup>2</sup>;  
 $h_p$  – товщина шару покриття, м;  
 $L$  – довжина укосу, м.



<sup>1)</sup> мінімальне навантаження на поверхню 135 кгс/м<sup>2</sup>;  
<sup>2)</sup> мінімальна товщина 18 мм.

**Рисунок 11.10** – Граничні швидкості горизонтального потоку  $V_{гор}$  залежно від виду протиерозійного захисту:

**Таблиця 11.4** – Коефіцієнти тертя між геоматом і геомембраною

Матеріал та поверхня геомембрани	Коефіцієнт тертя $f_g$
ПВХ гладка	0,5
ПЕВТ гладка	0,26
ПЕВТ текстурована	0,49
ПЕВТ рельєфна	0,60
Інші підстиляючі геосинтетичні матеріали	0,3

**11.3.3.3.5** Анкеруючі зусилля в укріпленому геоматі розраховують за формулою (11.14):

$$F_a = (r \times g \times h \times tgj + C) \times l, \quad (11.14)$$

де  $F_a$  – анкеруюче зусилля, кН/м;

$C$  – зчеплення ґрунту, кН/м<sup>2</sup>;

$l$  – довжина анкерування, м.

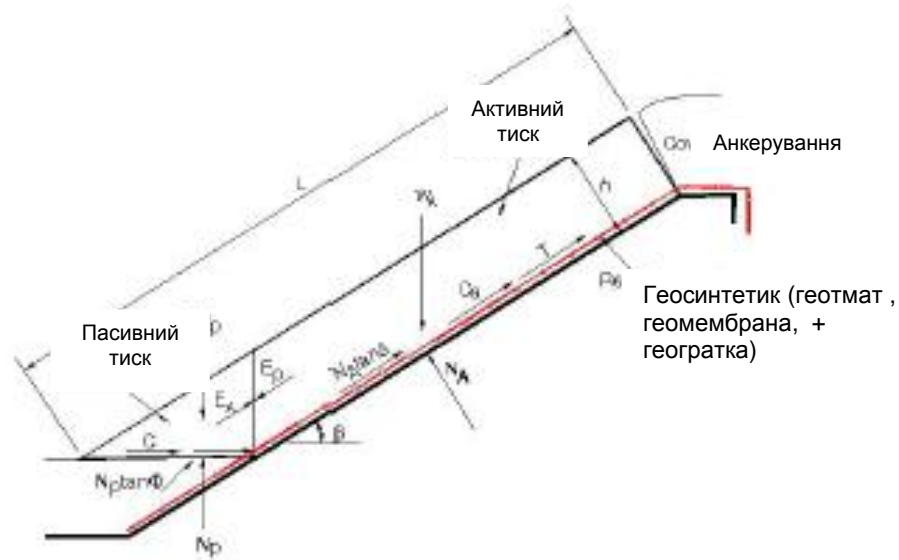
**11.3.3.3.6** Вибраний геомат має достатню міцність на розтяг, якщо виконуються умови (11.15):

$$F_{дон} \geq F_p \times g_m \times g_n, \quad (11.15 \text{ а})$$

$$F_a \geq F_{дон}, \quad (11.15 \text{ б})$$

де  $F_{дон}$  – допустимі напруження розтягу в геоматі, кН/м, відповідно до таблиці 11.3.

**11.3.3.3.7** Розрахунок стійкості протиерозійного захисту з використанням геосинтетички виконується для однорідного масиву з однаковою товщиною ґрунтової засипки згідно з розрахунковою схемою, представленою на рисунку 11.11. Товщина засипки має складати від 7 до 15 см.



**Рисунок 11.11** – Розрахункова схема для оцінки загальної стійкості протиерозійного захисту

**11.3.3.3.8** Активний тиск ґрунту  $W_a$  визначається за формулою (11.16):

$$W_a = g_s \times h^2 \left( \frac{L}{h} - \frac{1}{\sin b} - \frac{tg b}{2} \right), \quad (11.16)$$

$$N_a = W_a \times \cos b, \quad (11.17)$$

$$C_a = c_a \times \left( L - \frac{h}{\sin b} \right), \quad (11.18)$$

де  $W_a$  – загальний активний тиск ґрунту засипки;  
 $\gamma_g$  – густина ґрунту привантаження;  
 $h$  – товщина ґрунтової засипки поверх геомембрани;  
 $L$  – довжина схилу, яка вимірюється вздовж геомембрани;  
 $\beta$  – кут закладання ґрунту схилу під геомембраною;  
 $N_a$  – ефективна сила, нормальна до площини зсуву від активного тиску;

$C_a$  – сила зчеплення між геомембраною та ґрунтом засипки в зоні активного тиску;

$c_a$  – питоме зчеплення між геомембраною та ґрунтом засипки в зоні активного тиску.

**11.3.3.3.9** Для встановлення пасивного тиску ґрунту  $W_p$  використовують формули (11.19):

$$W_p = \frac{g_g \times h^2}{\sin 2b}, \quad (11.19)$$

$$C_p = \frac{c_g \times h}{\sin b}, \quad (11.20)$$

де  $W_p$  – загальний пасивний тиск ґрунту засипки;

$C_p$  – сила зчеплення вздовж ліній зсуву в зоні пасивного тиску;

$c_g$  – питоме зчеплення ґрунту засипки.

**11.3.3.3.10** Коефіцієнт запасу стійкості  $FS$  протиерозійного захисту визначається за формулою (11.21):

$$FS = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \times a \times c}}{2 \times a}, \quad (11.21)$$

де  $a, b, c$  – коефіцієнти у квадратному рівнянні :

$$a = (W_a - N_a \cos b) \times \cos b, \quad (11.22)$$

$$b = -[(W_a - N_a \cdot \cos b) \times \sin b \times tgj + (N_a \times tgd + C_a) \times \sin b \times \cos b + (W_p \times tgj + C) \times \sin b], \quad (11.23)$$

$$c = (C_a + N_a \times tgd) \times \sin^2 b \times tgj, \quad (11.24)$$

де  $\varphi$  - кут тертя ґрунту засипки;

$\delta$  - внутрішній кут тертя між ґрунтом засипки і геомембраною.

**11.3.3.3.11** Отриманий коефіцієнт запасу має бути більшим від нормативного коефіцієнту запасу протиерозійного захисту визначається за формулою (11.25):

$$FS \geq [K_H] \quad (11.25)$$

де  $K_H$  приймається рівним 1,5 для схилів та укосів на дорогах I-II категорії, та 1,3 для схилів та укосів доріг III – V категорії.

**11.3.3.3.12** У випадку використання геогратки над геомембраною потрібно врахувати стримуючу силу при армуванні схилу:

$$a = (W_a - N_a \times \cos b - T_d \times \sin(b)) \times \cos b, \quad (11.26)$$

$$b = -[(W_a - N_a \times \cos b - T_d \times \sin(b)) \times \sin b \times \operatorname{tg} j + (N_a \times \operatorname{tg} d + C_a) \times \sin b \times \cos b + (W_p \times \operatorname{tg} j + C) \times \sin b], \quad (11.27)$$

$$c = (C_a + N_a \times \operatorname{tg} d) \times \sin^2 b \times \operatorname{tg} j, \quad (11.28)$$

де  $T_d$  – розрахункове значення міцності геогратки на розтяг з врахуванням коефіцієнтів зниження згідно з 5.17.

#### **11.3.3.4** Біологічний критерій оцінки

При проектуванні комбінованої системи контролю ерозії «геомати-рослинність» до рослинності висувають такі вимоги: розвинення глибокої кореневої системи; стійкість до засушливих сезонів; збереження своїх якостей незалежно від умов догляду.

### **11.4** Обмеження при використанні геосинтетиків для протиерозійного захисту укосів та схилів

**11.4.1** Для протиерозійного захисту укосів та схилів не використовують геосинтетики, які виготовлені зі смужок, бо відбувається вимивання дрібнозернистих часток під окремими смужками матеріалу та вони не забезпечують арочного ефекту.

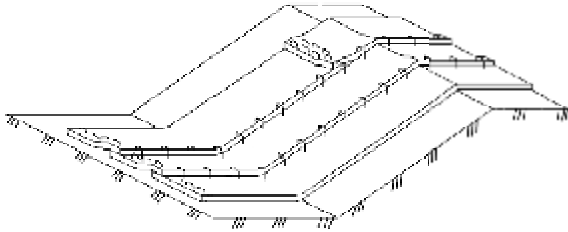
**11.4.2** Якщо на будівельному об'єкті наявні ґрунти пилюваті, ґрунти з переривчастим гранулометричним складом, шаруваті піщано-пилюваті товщі, дисперсні глини, кам'яна мука тощо, то необхідно виконувати випробування протиерозійних матеріалів в умовах будівництва.

**11.4.3** Інші обмеження визначають згідно з 8.4.

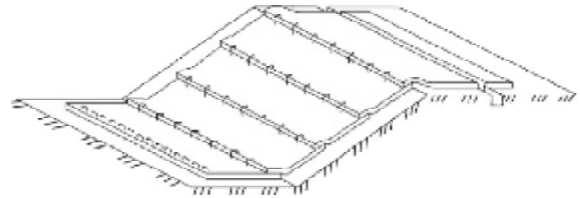
## 11.5 Влаштування протиерозійного захисту укосів

### 11.5.1 Протиерозійний захист укосів постійної дії з кам'яною накидкою:

1) полотна вкладають без натягу; напуски полотен повинні бути перпендикулярними до напрямку руху води і мати перекриття згідно з рисунками 11.12 і 11.13;

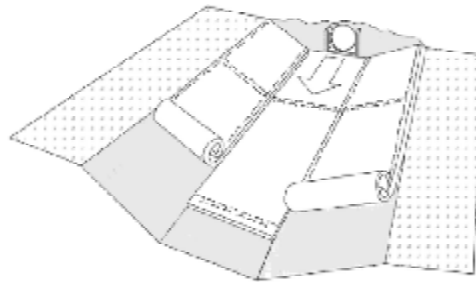


а) вертикальна МН-орієнтація (в напрямку спадання укосу)



б) горизонтальна МН-орієнтація (в напрямку розташування споруди)

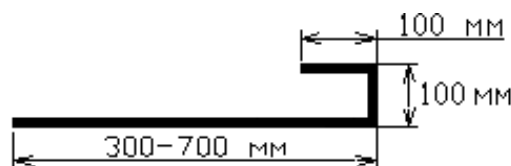
**Рисунок 11.12** – Схеми вкладання протиерозійних геосинтетиків на укосах



**Рисунок 11.13** – Схема вкладання протиерозійних полотен в канаві

2) вимоги до швів і перекривання полотен:

– полотна суміжних рулонів повинні бути скріплені, зшиті чи перекриті з напуском. Розмір перекриття для протиерозійних геотекстилів під кам'яний накид тощо повинен бути не менше ніж 0,3 м. Розмір перекриття для протиерозійних геоматів має бути не менше ніж 0,7 м. Полотна фіксують нагелями чи скобами згідно з рисунком 11.14 для забезпечення їх утримання під час засипання кам'яною накидкою. Нагелі забивають по всій довжині перекриття з кроком близько 1 м. Для полотен, які вкладають в підводній частині укосу, розмір перекриття має бути не менше ніж 1 м; ефективним є попереднє зшивання окремих полотен в одне велике полотно з наступним його укладанням на укосі й анкеруванням;

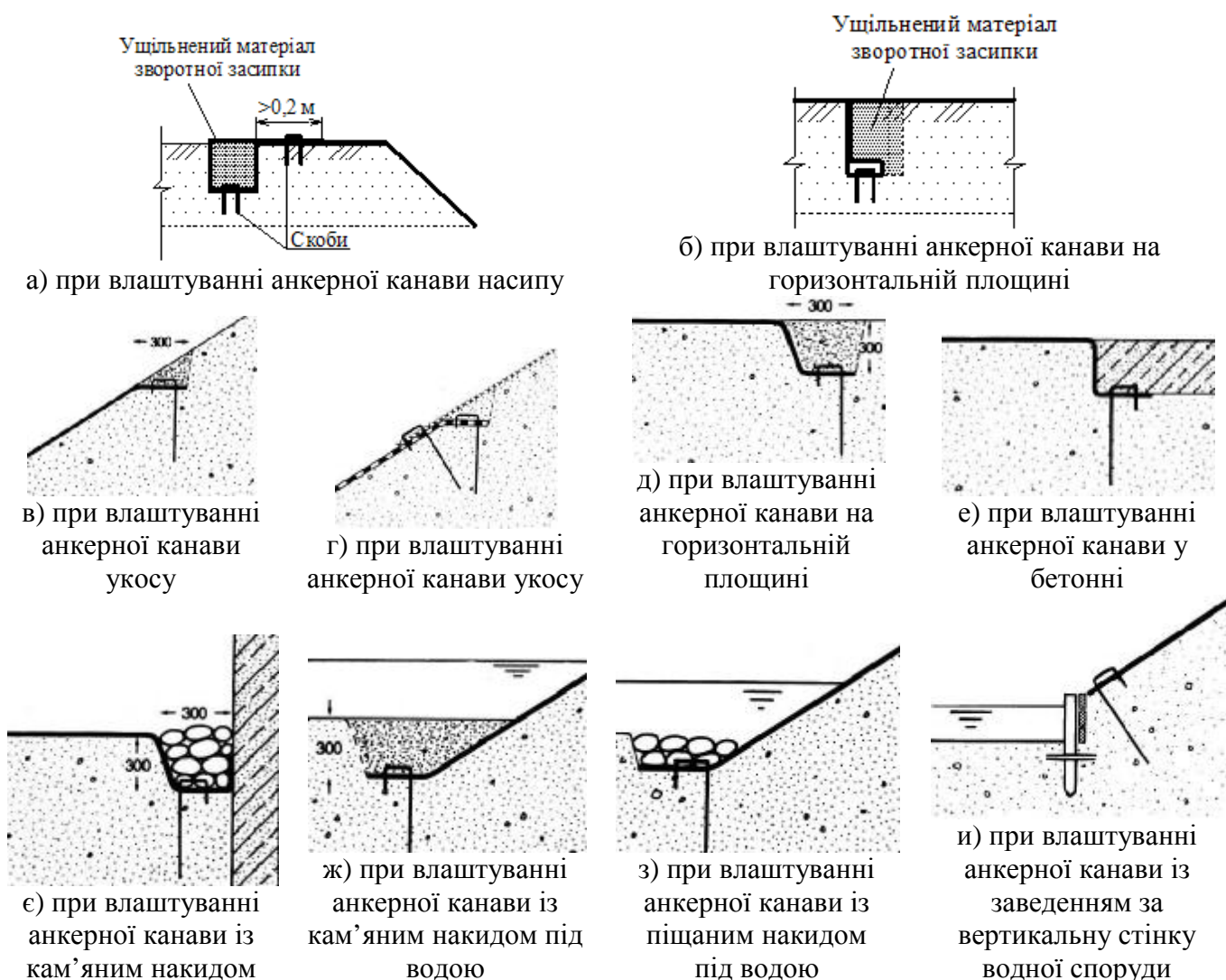


**Рисунок 11.14** – Форма та розміри металевого нагеля для фіксації полотен геосинтетичних матеріалів

– фіксувати полотна нагелями необхідно без натягу, щоб полотна не пошкоджувались після їх засипання кам'яним матеріалом;

3) максимальна величина укосу, на який допускається вкладання геосинтетичного протиерозійного матеріалу, не повинна перевищувати мінімального значення кута внутрішнього тертя між ґрунтом і геосинтетиком чи між крупнозернистим матеріалом і геосинтетиком. Для укосів з крутизною менше ніж 1:1 застосовують спеціальну технологію вкладання, яка включає берми для стримування проковзування, вільне вкладання полотен для можливості подвижок полотен вниз по укосу, без використання нагелів, збільшення розміру перекриття полотен та можливе терасування укосу;

4) для струмененаправляючих конструкцій, в місцях дії хвиль та на підходах до штучних споруд з насипом вище ніж 6 м, геосинтетик повинен бути закріплений в основі й на брівці укосу згідно з рисунками 11.2 (в) і 11.15;



**Рисунок 11.15** – Схеми кріплень нагелями протиерозійних полотен

5) вкладають шари матеріалу засипки (проміжний дрібнозернистий чи зовнішній крупноуламковий) на геосинтетик для запобігання пробиванню чи пошкодженню полотен. Засипку починають від підніжжя укосу вгору та від

центру в сторони. Заборонено вільне перекочування брил масою понад 40 кг вниз по укосу з геосинтетиком.

**11.5.2** Потрібно виконати пробні вкладання геосинтетика і його перекидання кам'яним матеріалом для оцінювання ступеня пошкодження геосинтетика і способу розвантаження кам'яного матеріалу на геосинтетичне полотно. Укладання захисних шарів повинно забезпечувати цілісність протиерозійного геосинтетика. Профілюють укоси в процесі укладання крупноуламкового матеріалу. Профілювання заборонено виконувати після вкладання матеріалів, якщо існує небезпека зсування брил безпосередньо по геосинтетику. Схеми конструктивних рішень стосовно вкладання і кріплення геотекстильних полотен наведені на рисунках 11.2 – 11.4.

### **11.5.3** Захист від ерозії водовідвідних каналів

Дно каналу повинно бути достатньо рівним. Геотекстиль вкладають згідно з рисунком 11.13. Полотна з'єднують зшиванням і фіксують нагелями. Вимоги до міцності шва наведено на рис. 10.4 – 10.5. Необхідно уникати поздовжнього з'єднання полотен на дні каналу, оскільки тут очікується максимальна швидкість потоку. Кінці полотен також зшивають чи перекидають і закріплюють нагелями чи скобами. Розмір перекриття за довжиною полотна повинен бути не менше 1 м. Напрямок перекидання полотен повинен співпадати з напрямком потоку. Полотна геосинтетика додатково кріплять нагелями по всій площі для того, щоб уникнути зміщення полотен як під час влаштування шарів зернистих чи крупноуламкових матеріалів, так і в процесі експлуатації. Вкладання шарів зернистих матеріалів виконують безпосередньо на геосинтетик в напрямку зворотньому течії потоку.

**11.5.4** Захист укосів протиерозійною системою постійної дії з засіванням травою.

**11.5.4.1** Рівність поверхні укосу і ступінь ущільнення повинні відповідати вимогам [4] при новому будівництві та [10] при ремонті автомобільних доріг. Якщо ґрунт укосу недостатньо якісний, необхідно передбачити покращення приповерхневого шару укосу добре ущільненим ґрунтом.

### **11.5.4.2** Послідовність робіт:

1) влаштування анкерних траншей в основі і на вершині укосу глибиною не менше ніж 0,3 м;

2) вкладання полотен за схемою згідно з рисунком 11.12 (а). Край геосинтетика вкладають у верхню анкерну траншею, рулон розгортають вниз по укосу, полотно прирізають за довжиною та фіксують нагелями з кроком приблизно 1 м;

3) засипання траншеї ґрунтом і ущільнення ґрунту. Поряд з верхньою траншеєю доцільно влаштувати невеликий кавальєр для захисту укосу від вод поверхневого стоку;

4) розмір напусків повинен бути не менше ніж від 0,05 м до 0,07 м в сухих умовах і не менше ніж 0,15 м в обводнених умовах. Фіксацію напусків полотен виконують з кроком приблизно 1 м, в складних рельєфних умовах

крок може бути зменшений до 0,5 м. Напуски полотен влаштовують таким чином, щоб повністю, яке знаходиться вище по схилу, перекривало повністю, яке знаходиться нижче по схилу (рисунок 11.12 (а, б));

5) проміжну фіксацію полотен виконують для надійного контакту геосинтетика з поверхнею укосу. Забивання нагелів виконують за сітковою схемою (у вузлах уявної сітки) з частотою 1 нагель на кожні (2–3) м<sup>2</sup> поверхні укосу; на увігнутому укосі крок між нагелями повинен бути не менше 1 м;

б) над геосинтетиком висівають 2/3 нормативної кількості насіння. Геосинтетик засипають рослинним ґрунтом і поверх закінченого профілю укосу висівають залишок насіння. У разі захисту підводної частини укосу висаджують водолюбиві рослини з попередньо розвинутою (пророслою) кореневою системою. Такі рослини висаджують на укіс до вкладання геосинтетика. На укосах, які піддаються дії швидкої течії, пустоти геосинтетика засипають кам'яним відсівом з розміром зерен від 2 мм до 6 мм з розрахунку 15 кг/м<sup>2</sup> після чого зверху насипають родючий ґрунт.

**11.5.4.3** Насіння висівають в період вегетації для можливості укорінення до настання низьких температур повітря.

## **12 АРМУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ НЕЖОРСТКОГО ТИПУ ГЕОСИНТЕТИЧНИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

### **12.1 Загальні положення**

**12.1.1** Вимоги цього розділу поширюються на проектування та виконання робіт із армування асфальтобетонних покриттів ґратками, геокомпозитами або іншими армуючими синтетичними матеріалами (АСМ), які використовують для влаштування дорожнього одягу нежорсткого типу та з жорсткими прошарками при їх будівництві, ремонті та реконструкції на автомобільних дорогах.

АСМ застосовують:

- для перерозподілу зусиль в конструкції дорожнього одягу;
- для підвищення довговічності та запобігання тріщиноутворенню в асфальтобетонних шарах;
- для підвищення несучої здатності та збільшення терміну служби конструкції в цілому;
- для запобігання утворенню відображених тріщин в покритті на тріщинувато-блочній основі.

Завдяки застосуванню АСМ в пакеті асфальтобетонних шарів досягають:

- зменшення колійності;
- зменшення тріщиноутворення від втоми;
- зменшення товщини шарів підсилення;
- зменшення кількості відображених тріщин.

**12.1.2** Перед влаштуванням покриття необхідно повністю закінчити спорудження основи дорожнього одягу, яка повинна відповідати вимогам



21.1 – 21.4 ДБН В.2.3-4. Розрахунок конструкції дорожнього одягу з АСМ в новому будівництві виконують з урахуванням вимог [5]. Для посилення та реконструкції автомобільних доріг конструювання і розрахунок виконують за методикою згідно з 12.2 і 12.3 цих будівельних норм.

**12.1.3** Для проектування підсилення дорожньої конструкції за допомогою АСМ враховують такі вихідні дані: аналіз типів дефектів існуючого покриття, їх кількість і значимість; фактичну і перспективну інтенсивність руху та склад транспортного потоку для встановлення сумарної приведеної до розрахункової осі інтенсивності руху; міцність, жорсткість (деформативність), товщину і неоднорідність існуючого та нових шарів конструкції; спосіб укладання АСМ; тип в'язучого і зчеплення АСМ із асфальтобетонними шарами. Розташування в конструкціях матеріалів, кількість необхідних шарів встановлюють згідно з вимогами до несучої здатності запроєктованої конструкції та міцності АСМ згідно з вимогами [4] та 12.2 цих будівельних норм.

**12.1.4** Функції АСМ при ремонтах дорожньої конструкції і методи їх з'єднання з конструктивними шарами визначають відповідно до таблиць 12.1 і 12.2.

**Таблиця 12.1** – Функції АСМ, призначених для ремонтів асфальтобетонних покриттів

Вид АСМ	Функція		
	армування	поглинання напруження (при значному видовженні та контрольованому зменшенні зчеплення)	ізоляція від вологи та опадів
Геотекстиль оброблений бітумом	-	XX	XX
Ґратки	X, XX <sup>1)</sup>	-	X <sup>2)</sup>
Ґеокомпозит (підложка+ґратка)	X, XX <sup>1)</sup>	XX	XX

<sup>1)</sup> ефективність армування залежить від виду матеріалу та температури шарів на контакті з АСМ.  
<sup>2)</sup> використовують тільки для полімерних ґраток або ґраток із скловолокна, оброблених органічним в'язучим із закріпленням дюбелями на поверхні.  
**Примітка.** X – матеріал ефективний; XX – матеріал дуже ефективний.

**Таблиця 12.2** – Способи з'єднання АСМ з конструктивними шарами

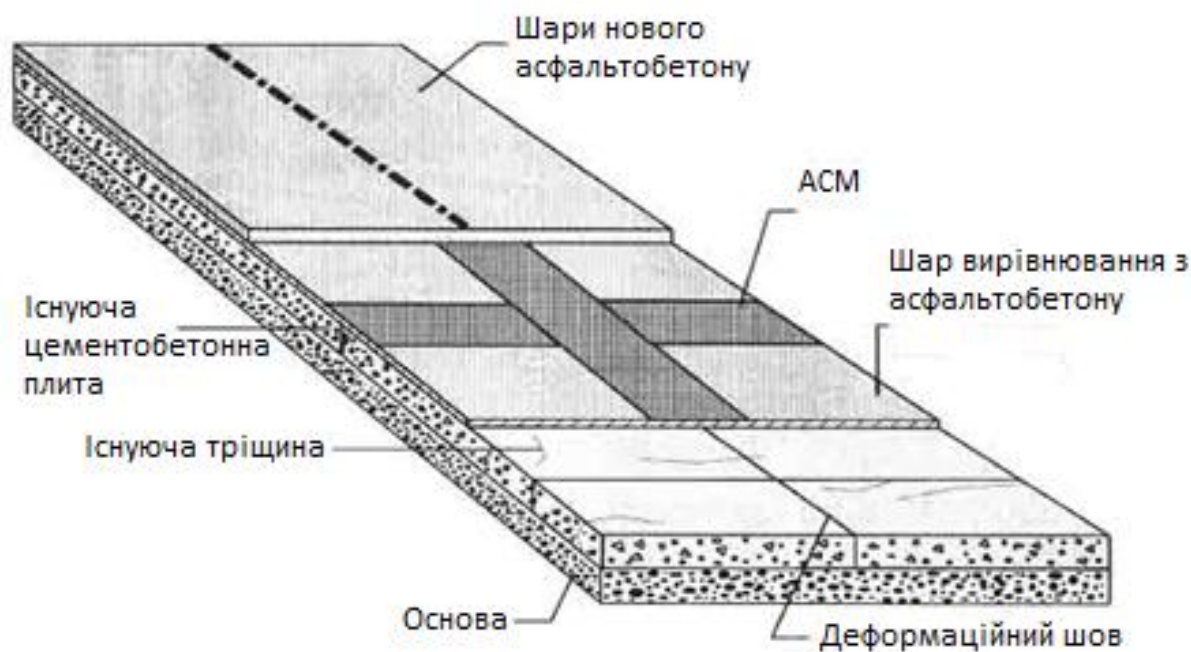
Вид АСМ	Спосіб з'єднання				
	розлив бітуму в кількості 0,65–0,85 кг/м <sup>2</sup>	розлив бітуму в кількості 0,85–1,2 кг/м <sup>2</sup>	розлив бітумної емульсії в кількості 0,9–1,6 кг/м <sup>2</sup>	прибивання цвяхами або дюбелями	самоприлипання
Геотекстиль		+			
Ґрати	+		+	+	+
Ґеокомпозит (підложка+ґратка)	+	+	+		

## 12.2 Конструювання покриття дорожнього одягу з застосуванням геосинтетичних матеріалів

**12.2.1** Конструювання дорожнього одягу з застосуванням геосинтетичних матеріалів

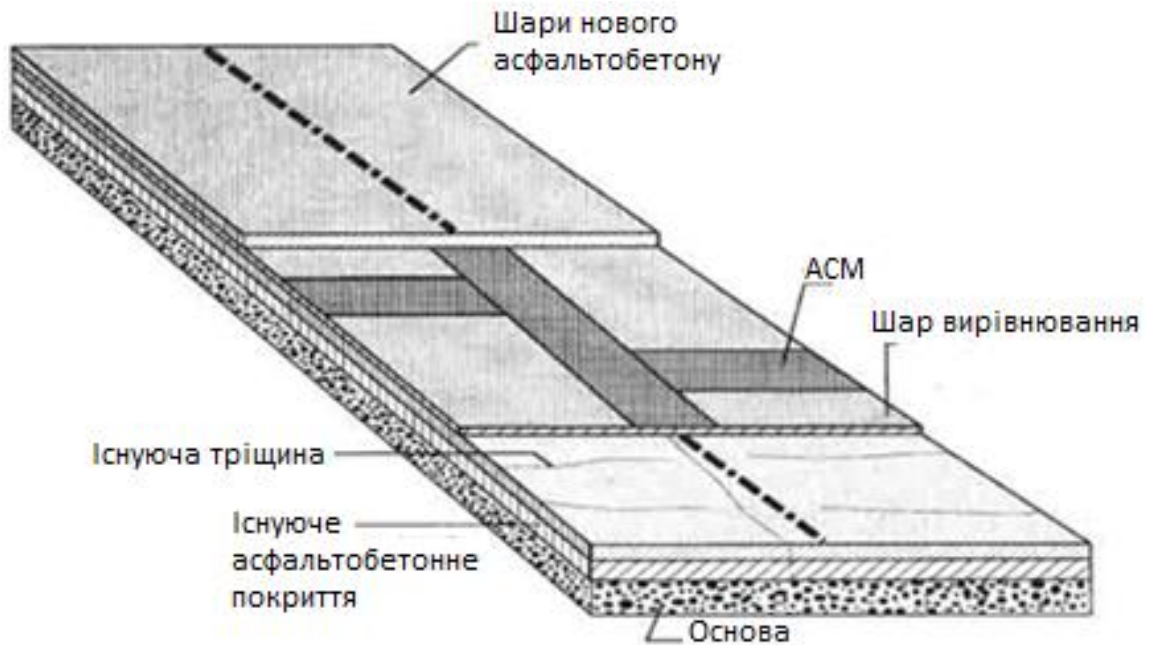
**12.2.1.1** Конструювання виконують відповідно до типових схем згідно з рисунками 12.1 – 12.4.

**12.2.1.2** Армування напівжорсткого дорожнього одягу з жорсткими прошарками (рисунок 12.1) виконують при ремонті існуючих основ із тріщинами для зменшення ймовірності проявлення відображених тріщин в шарах асфальтобетонного покриття. При цьому смуги армуючих ґраток вкладають на шар вирівнювання після розливу органічного в'язучого згідно з таблицею 12.3 та 12.5.3.2, на ширину, що на 25 см більша від діаметра чаші прогину поверхні від рухомого навантаження (чашу прогину визначають розрахунком згідно з рішенням теорії пружності або експериментально за результатами штампових випробувань) (рисунок 12.1).



**Рисунок 12.1** – Схема армування при ремонті дорожнього одягу напівжорсткого типу

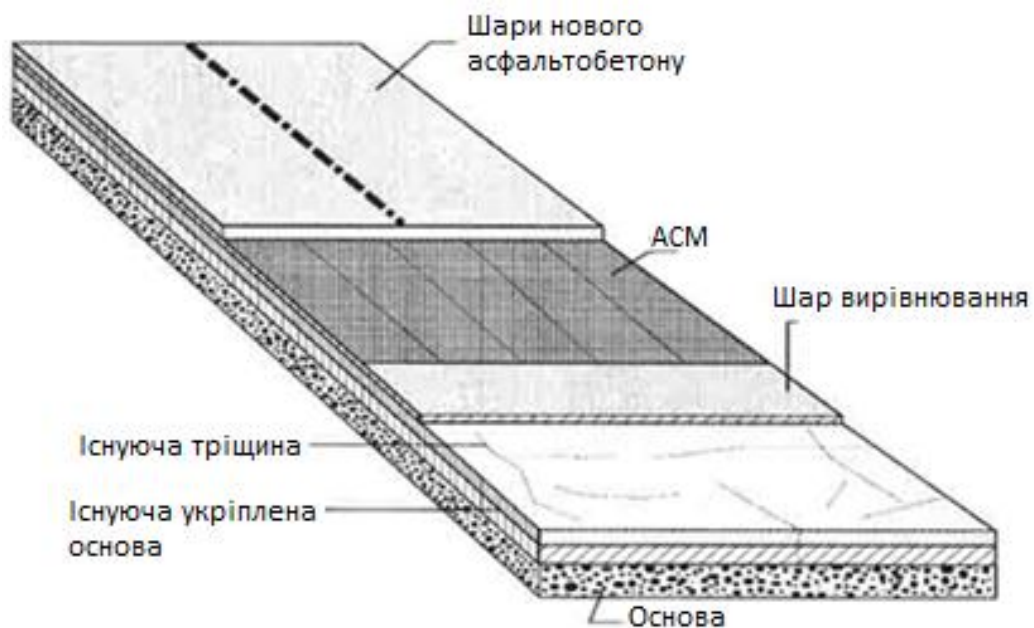
**12.2.1.3** Армування нежорсткого дорожнього одягу (рисунок 12.2) виконують на відремонтованих ділянках (де була ямковість, просадки, блокові тріщини тощо) для зменшення ймовірності проявлення відображених тріщин та підвищення довговічності асфальтобетонного покриття з локальним ремонтом окремих дефектів та руйнувань за технологією відповідно до 12.5.4.



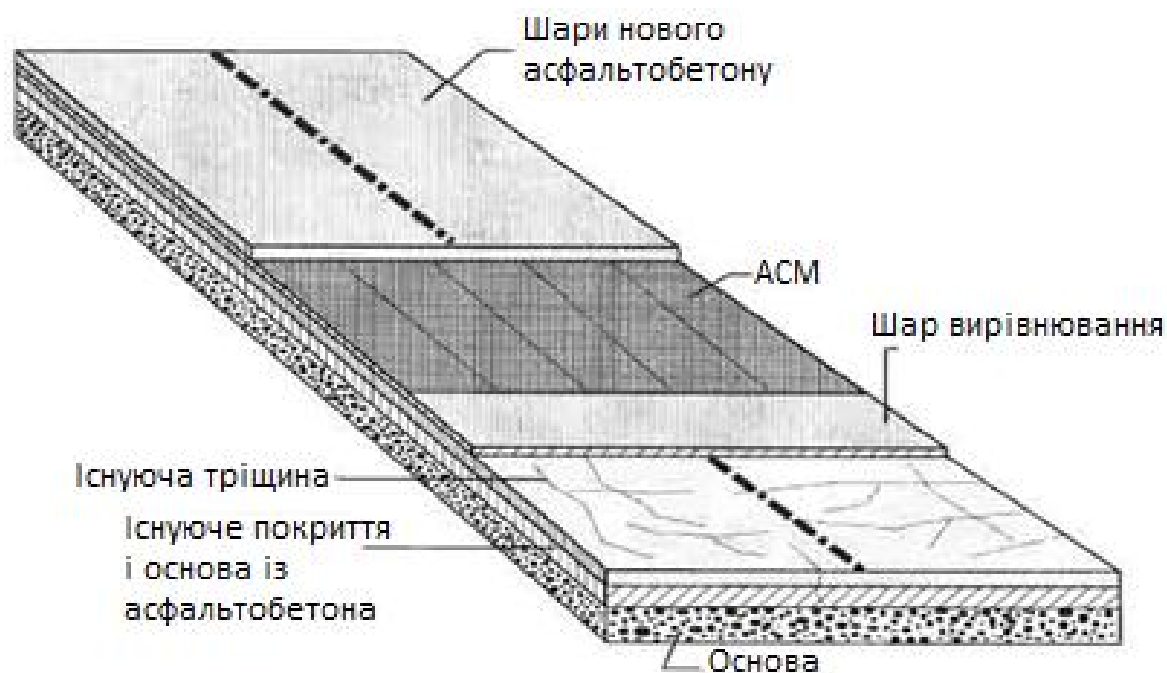
**Рисунок 12.2** – Схема армування при ремонті дорожнього одягу напівжорсткого типу

**12.2.1.4** Армування шарів напівжорсткого та нежорсткого дорожнього одягу (рисунок 12.3 – 12.4) при реконструкції виконують на всю ширину покриття за технологічною схемою згідно з 12.5.3, для зменшення ймовірності проявлення відображених тріщин та збільшення довговічності покриття.

**12.2.1.5** Вирівнювання шаром дрібнозернистого асфальтобетону під АСМ виконують завжди при фрезеруванні існуючої поверхні та незабезпеченій рівності поверхні існуючої основи (рисунок 12.1 – 12.4).



**Рисунок 12.3** – Схема армування при реконструкції шарів дорожнього одягу напівжорсткого типу



**Рисунок 12.4** – Схема армування при реконструкції шарів дорожнього одягу напівжорсткого типу

### 12.2.2 Вимоги до сумісної роботи АСМ та асфальтобетонних шарів

**12.2.2.1** АСМ повинен бути з'єднаний з асфальтобетонними шарами. Ефективне використання АСМ можливе тільки при умові високої якості з'єднання шарів підсилення.

**12.2.2.2** За необхідності вирівнювання поверхні, особливо після фрезерування, вкладають шар асфальтобетону мінімальної товщини. Для підgruntовки і приклеювання АСМ використовують бітуми БНД 60/90 або БНД 90/130 згідно з ДСТУ 4044, бітум модифікований полімером згідно ДСТУ Б В.2.7-135 або швидкокорозпадно катіонну емульсію ЕК-Ш концентрацією від 60% до 65% згідно ДСТУ Б В.2.7-129 або емульсію модифіковану полімерами ЕКМ – Ш.

**12.2.2.3** Витрата в'язучого повинна повністю забезпечувати просочування АСМ та якісне їх приклеювання до нижніх та верхніх шарів. В таблиці 12.3 приведено орієнтовні норми витрат бітуму при влаштуванні армуючих прошарків.

**12.2.2.4** Орієнтовна витрата матеріалів для приклеювання АСМ становить: бітуму – від  $0,65 \text{ кг/м}^2$  до  $1,20 \text{ кг/м}^2$ , бітумної емульсії – від  $0,9 \text{ кг/м}^2$  до  $1,60 \text{ кг/м}^2$ . Витрата залежить від стану основи, типу армуючого матеріалу, виду в'язучого, способу розподілу підgruntовки, температурного режиму влаштування покриття тощо.

**12.2.2.5** В'язучі потрібно нагрівати до робочої температури розливу згідно з ДНБ В 2.3–4. Підgruntовку наносять так, щоб забезпечити рівномірне розподілення в'язучого. Емульсію розподілюють тонким суцільним шаром.

**Таблиця 12.3** – Норми витрат бітуму для підгрунтовки

Клас шорсткості	Шорсткість покриття за методом піщаної плями, мм	Текстура покриття основи	Орієнтовна норма витрат бітуму для підгрунтовки АСМ, кг/м <sup>2</sup>	
			граток	геокомпозитів
4	0,8–1,2	Крупнозерниста	0,90–1,15	0,95–1,20
3	0,4–0,8	Середньозерниста	0,85–1,10	0,90–1,15
2	0,2–0,4	Дрібнозерниста	0,75–1,05	0,80–1,10
1	< 0,2	Піщана	0,65–1,00	0,70–1,05

**Примітка 1.** Норми витрат бітуму уточнюють на місці виконання робіт за результатами пробної приклейки АСМ. Методика оцінки сили зчеплення АСМ з основою наведена в додатку В.  
**Примітка 2.** При розподілі бітуму розбризкуванням форсунками норма витрат може бути зменшена.  
**Примітка 3.** Для якісного розподілення в'язучого необхідно розділити його на дві частини: 2/3 від загальної витрати – під АСМ, а решту розподілити поверх укладеного АСМ.

### 12.2.3 Вимоги до укладки асфальтобетонних шарів

**12.2.3.1** На укладений АСМ вкладають асфальтобетонний шар, згідно з розрахунком, товщиною, в залежності від дорожньо-кліматичної зони України, але:

- не менше ніж 12 см для зони У-I;
- не менше ніж 10 см для зон У- II – У-III;
- не менше ніж 8 см для зон У-IV.

**12.2.3.2** Для будівництва магістральних вулиць та доріг високої якості і доріг з рухом великовантажних транспортних засобів, які є причиною утворення колій і відображених тріщин, слід використовувати щебеневомасиковий асфальтобетон (ЩМА) згідно з ДСТУ Б В.2.7-127 та традиційні склади згідно з ДСТУ Б В.2.7-119, приготовлені з використанням або з добавкою природного асфальту, або з бітуму, модифікованого полімерами згідно з ДСТУ Б В.2.7-135.

## 12.3 Розрахунок покриття дорожнього одягу з застосуванням геосинтетичних матеріалів

### 12.3.1 Розповсюдження тріщини в конструкції

**12.3.1.1** Швидкість розповсюдження тріщини в конструкції з армованого і неармованого асфальтобетонного покриття визначають за формулою (12.1):

$$\frac{dc}{dN} = A \times \Delta K^n, \quad (12.1)$$

де  $dc/dN$  – швидкість зростання тріщини довжиною  $c$  за один цикл навантаження  $N$  (див табл. 12.4);

$\Delta K$  – значення коефіцієнта інтенсивності напруження (визначають згідно з формулами 12.10, 12.11);

$A, n$  – константи асфальтобетону (для неармованої конструкції  $A_{неарм.}, n_{неарм.}$ ; для армованої –  $A_{арм.}, n_{арм.}$ ).

**12.3.1.2** Кількість циклів навантажень до руйнування  $h$  для заданої

товщини шару підсилення розраховують за формулою (12.2):

$$N = \frac{h}{\frac{dc}{dN}} \quad (12.2)$$

**12.3.1.3** Константу  $A_{\text{неарм.}}$  для неармованої конструкції розраховують за формулою (12.3):

$$A_{\text{неарм.}} = 10^{a_0 + a_1 \times n}, \quad (12.3)$$

де  $a_0 = -2,36$ ;  $a_1 = -1,14$ .

**12.3.1.4** Константу  $A_{\text{арм.}}$  для асфальтобетонних шарів підсилення армованих ґратками, розраховують за формулою (12.4):

$$A_{\text{арм.}} = k_{\text{арм.}} \times A_{\text{неармов.}} \quad (12.4)$$

**12.3.1.5** Значення коефіцієнта  $k_{\text{арм.}}$  для різних типів АСМ наведено в таблиці 12.4.

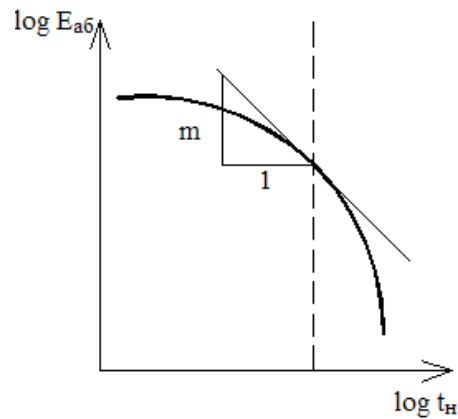
**Таблиця 12.4** – Значення коефіцієнта  $k_{\text{арм.}}$

Матеріал для армування	$k_{\text{арм.}}$	Швидкість зростання тріщини, $dN/dc$ , міліметрів за цикл
Без армування	1,00	$2,0 \times 10^{-4}$
Нетканий геотекстиль	0,75	$1,5 \times 10^{-4}$
ґратки:		
– поліпропіленові	0,40	$0,8 \times 10^{-4}$
– поліетилентетрафталатові (поліефірні)	0,33	$6,6 \times 10^{-5}$
– скляні	0,50	$1,0 \times 10^{-5}$
– полівінілспиртові	0,35	$7,0 \times 10^{-5}$

**12.3.1.6** При індивідуальному проектуванні відповідальних конструкцій дорожнього одягу константу матеріалу  $n$ , що характеризує розповсюдження тріщини в асфальтобетоні, визначають експериментально або розраховують за формулою (12.5):

$$n = \frac{2}{m \times g}, \quad (12.5)$$

де  $m$  – коефіцієнт приведення, визначають як кут нахилу  $m$  кривої, за відношенням логарифму часу навантаження  $\log t_n$  до логарифму модуля пружності асфальтобетону  $\log E_{\text{аб}}$  згідно з рисунком 12.5.



**Рисунок 12.5** – Схема для визначення коефіцієнта приведення  $m$  за залежністю між логарифмом  $\log E_{aб}$  модуля пружності асфальтобетону і логарифмом часу навантаження  $\log t_H$  ( $t_H$  – тривалість одного циклу навантаження)

$\gamma$  – коефіцієнт, що розраховується за формулою 12.6:

$$g = \exp\left[0,34 - 3,58 \times 10^{-4} \times E_{aб} - 6,67 \times 10^{-3} \times E_{бim.} + 1,01 \times 10^{-4} \cdot E_{aб} \times \ln(E_{бim.})\right] \quad (12.6)$$

де  $E_{бim.}$  – модуль пружності бітуму, МПа;

$E_{aб}$  – модуль пружності асфальтобетону, МПа;

**Примітка.**  $\exp(x) = e^x$ , де  $e = 2,71828$  (основа натурального логарифму).

**12.3.1.7** Модуль пружності бітуму розраховують за формулою (12.7):

$$E_{бim.} = 1,157 \times 10^{-7} \times \tau^{-0,368} \times \exp(-III) \times (T_{КiK} - T)^5, \quad (12.7)$$

де  $\tau$  – тривалість навантаження, с (формула дійсна в межах від 0,01 с до 1,00 с; для швидкості руху транспортних засобів 60 км/год  $\tau = 0,1$  с);

$III$  – індекс пенетрації бітуму, визначений згідно з ДСТУ 4044;

$T_{КiK}$  – температура розм'якшення бітуму, °С;

$T$  – температура випробування, °С.

**12.3.1.8** Модуль пружності асфальтобетону  $E$  залежить від об'ємної частки (концентрації) мінеральних складових  $V_{мс}$ , та бітуму  $V_{бim.}$ , залишкової пористості асфальтобетону, типу суміші та інших чинників, які визначають за даними лабораторних випробувань згідно з [5]. Можливе використання аналітичних залежностей для розрахунку модуля пружності асфальтобетону  $E$  в залежності від в'язкості бітуму, його технології отримання (окислений чи дистильований) і складу асфальтобетонної суміші.

**12.3.1.9** В розрахунках значення показника степені  $n = n_{акм.} = n_{неакм.}$  та константи матеріалу  $A$ , залежно від дорожньо-кліматичної зони України (ДКЗ) згідно з ДБН В.2.3-4, приймають рівним:

–  $n = 3,5$ ;  $A = 4,467 \times 10^{-7}$  для Південної ДКЗ (зони У-IV, південний берег Кримського півострова);

–  $n = 4,5$ ;  $A = 3,236 \times 10^{-8}$  для Центральної, Південної та Західної ДКЗ (зони У-II, У-III, У-IV);

–  $n = 7,0$ ;  $A = 4,571 \times 10^{-11}$  для Північної ДКЗ (зона У-I).

**12.3.1.10** Армування конструкцій за допомогою АСМ не змінює значення  $n$ , тобто:

$$n_{\text{арм.}} = n_{\text{неарм.}} \quad (12.8)$$

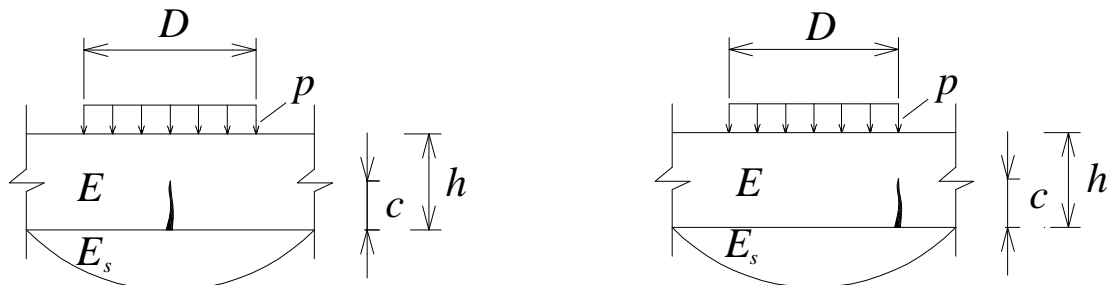
### 12.3.2 Схема розрахунку конструкції з АСМ при посиленні

**12.3.2.1** В якості розрахункової приймають двошарову конструкцію, шари якої зчеплені між собою: покриття (товщиною  $h$ , з приведеним модулем пружності  $E$ ) на основі (загальний модуль пружності на поверхні основи  $E_s$ ). Навантаження від колеса, що діє на конструкцію, характеризується розрахунковим тиском  $p$  колеса на покриття і розрахунковим діаметром області контакту  $D$ . У зв'язаному шарі є тріщина, яка росте знизу до верху шару, й у даний момент довжина тріщини дорівнює  $c$ .

**12.3.2.2** Розглядають два випадки прикладання навантаження згідно з рисунком 12.6:

а) навантаження розташоване над тріщиною довжиною  $c$  (рисунок 12.6 а), яка поширюється через дію напружень розтягу при згині;

б) навантаження, розташоване з однієї сторони від тріщини. Причиною поширення тріщин є перерізуючі сили (рисунок 12.6 б).



а) при згині (в повздовжньому напрямку)

б) при перерізуючому зусиллі (в поперечному напрямку)

**Рисунок 12.6** – Схема розрахунку конструкції дорожнього одягу з тріщиною

**12.3.2.3** Розрахунок полягає у визначенні швидкості поширення тріщини, через монолітний шар. Напружений стан у вершині тріщини  $K_I$  описують за допомогою коефіцієнта інтенсивності напружень  $K_I$ , який залежить від напружень  $\sigma$  і довжини тріщини  $c$ :

$$K_I = f(\sigma\sqrt{c}) \quad (12.9)$$

**12.3.2.4** Схематичний розподіл напружень у пластині з тріщиною наведено на рисунку 12.7.



## Напруження в зоні руйнування

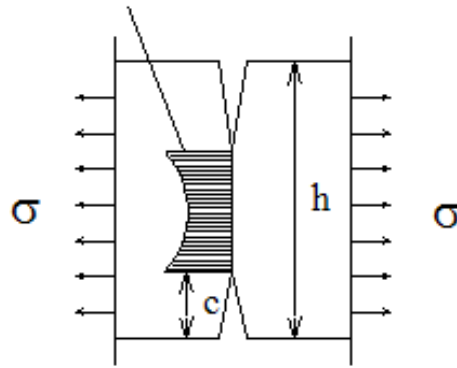


Рисунок 12.7 – Схема розподілу напружень у пластині з тріщиною

12.3.2.5 Навантаження відповідно до схем згідно з рисунком 12.6 обчислюють з використанням коефіцієнтів інтенсивності напружень  $\Delta K_b$  та  $\Delta K_s$  відповідно за формулами (12.10) і (12.11).

12.3.2.6 Значення коефіцієнта інтенсивності напружень  $\Delta K_b$  для розтягу при згині:

$$\Delta K_b = k_b \times p \times \exp\left(-\frac{b}{2}\right) \times \frac{\sin\left(b \times \frac{D}{2}\right)}{b^2 \times h^3}, \quad (12.10)$$

де  $k_b$  – безрозмірний коефіцієнт інтенсивності напружень, визначають за таблицею 12.5;

$p$  – питомий тиск від колеса, МПа (згідно з таблицею Ж.1 додатку Ж [5]);

$\exp(x) = e^x$ , де  $e = 2,71828$  (основа натурального логарифму);

$\beta$  – коефіцієнт приведення (за формулою 12.12);

$D$  – діаметр відбитку колеса, м (згідно з таблицею Ж.1 додатку Ж [5]);

$h$  – товщина покриття, м.

Таблиця 12.5 – Значення коефіцієнтів  $k_s$  та  $k_b$  для розрахунку коефіцієнта інтенсивності напружень

Відношення $c/h$	$k_s$ при зчепленні між блоками <sup>1)</sup>			$k_b$ при зчепленні між блоками		
	слабкому	середньому	великому	слабкому	середньому	великому
1	2	3	4	5	6	7
0	0,200	0,18	0,11	0,485	0,485	0,485
0,1	0,300	0,25	0,20	0,700	0,620	0,600
0,2	0,400	0,35	0,26	0,750	0,700	0,590
0,3	0,500	0,45	0,35	0,720	0,620	0,470
0,4	0,600	0,55	0,43	0,620	0,510	0,260
0,5	0,730	0,65	0,51	0,440	0,300	-
0,6	0,860	0,76	0,60	0,200	-	-
0,7	1,050	0,94	0,69	-	-	-
0,8	1,300	1,13	0,81	-	-	-

Кінець таблиці 12.5

1	2	3	4	5	6	7
0,9	1,535	1,33	0,93	-	-	-
1,0	1,850	1,52	1,04	-	-	-

<sup>1)</sup> Ділянка асфальтобетонного покриття обмежена по контуру тріщинами або швами, в якій один із розмірів (довжина або ширина) менше ніж 2,5 м

**Примітка 1.** Слабкому значенню відповідає зчеплення між суміжними блоками з шириною шва або розкриттям тріщини більше ніж 6 мм, середньому від 3 мм до 6 мм; великому менше ніж 3 мм.

**Примітка 2.** Зчеплення між блоками доцільно визначати за величиною зміни відношення прогину над тріщиною  $f_t$  до прогину  $f$  на відстані більше ніж 2,5 м від тріщини. Відношення  $f_t$  до  $f$  більше ніж 1,5 відповідає слабкому зчепленню між блоками, від 1,16 до 1,49 середньому, а менше ніж 1,15 – великому.

**12.3.2.7** Значення коефіцієнта інтенсивності напружень  $\Delta K_s$  для перерізаючого зусилля:

$$\Delta K_s = k_s \times p \times \frac{\left(1 + \exp\left(-\frac{b}{2}\right) \times \sin(b \times D)\right)}{4 \times b \times \sqrt{h}}, \quad (12.11)$$

де

$$b = \frac{1}{0,55 \times h} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_s}{E}}, \quad (12.12)$$

де  $k_s$  – безрозмірний коефіцієнт інтенсивності напружень, визначають за таблицею 12.5;

$E_s$  – загальний модуль пружності на поверхні основи, МПа (визначений в результаті штампових випробувань чи за розрахунком згідно з 3.4 [5]);

$E$  – ефективний модуль пружності пакету шарів дорожнього одягу, МПа, визначений згідно з додатком Г цих норм.

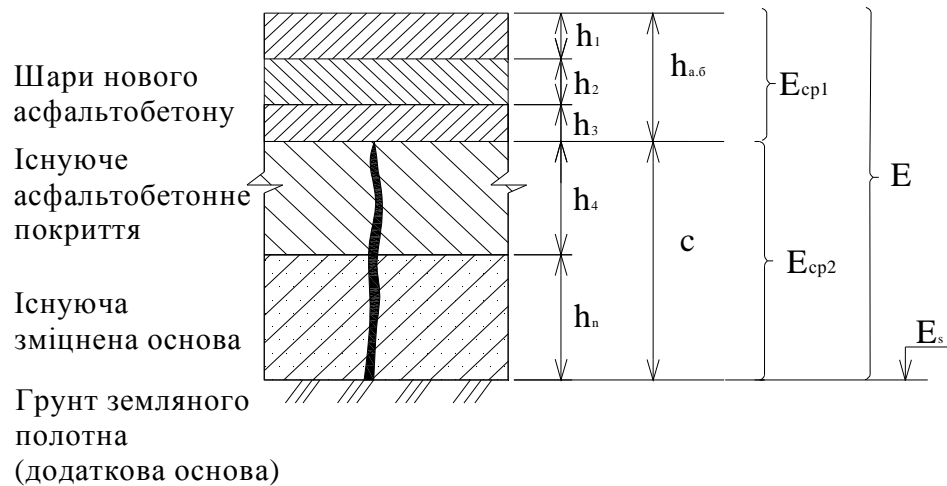
**12.3.2.8** Швидкість зростання тріщини і кількість циклів до руйнування неармованого шару асфальтобетону розраховують за формулами (12.3) і (12.4) з використанням значень  $A = A_{неарм.}$  та  $n = n_{неарм.}$ , а для армованого шару асфальтобетону – приймаючи  $A = A_{арм.}$  та  $n = n_{арм.}$ .

**12.3.2.9** Ефективність застосування АСМ оцінюють порівнянням розрахованих термінів служби (кількості циклів до руйнування  $N$ ) армованих і неармованих конструкцій.

**12.3.3** Методика приведення багатошарової конструкції до двошарової моделі

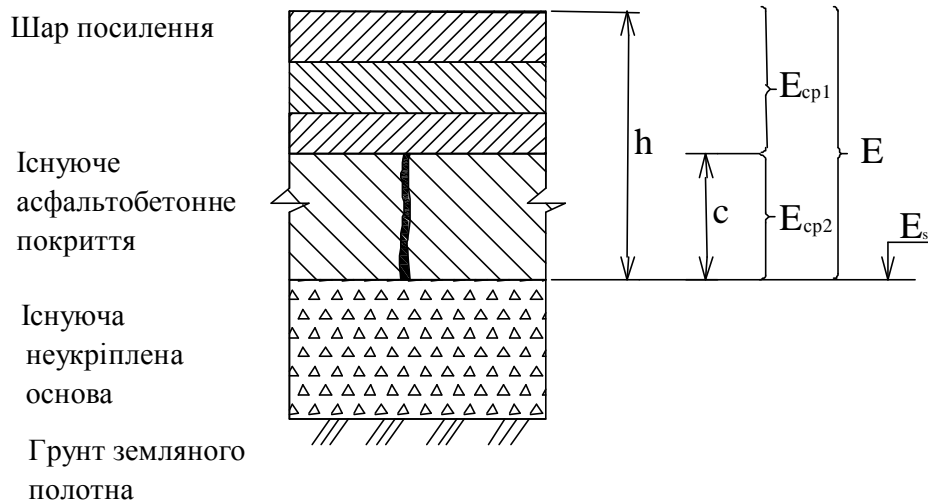
**12.3.3.1** Багатошарову конструкцію існуючого дорожнього одягу, для якого проектується посилення, приводять до більш простої двошарової моделі. При цьому всі зв'язані шари приводять до одного шару, еквівалентного за жорсткістю (див. Додаток Г). Ця схематизація відповідає поширенню тріщин у всіх монолітних шарах. В розрахунках модуль пружності шару посилення, шару існуючого асфальтобетону і монолітної основи приводять до єдиного приведенного (ефективного) модуля пружності  $E$

(див. рисунок 12.8).



**Рисунок 12.8** – Схема конструкції дорожнього одягу з існуючим покриттям з асфальтобетону на тріщинувато-блочній основі, укріпленій цементом

**12.3.3.2** Для варіанту посилення асфальтобетоном існуючого асфальтобетонного дорожнього покриття з тріщинами, влаштованого над неукріпленою основою, приведення виконують згідно з рисунком 12.9. У цьому разі ефективний модуль  $E$  розраховують для об'єднаного пакету шарів посилення  $E_{cp1}$  разом з існуючими шарами асфальтобетонного покриття і основи  $E_{cp2}$ . Загальний модуль пружності  $E_s$  на поверхні основи розраховують за методикою, наведеною у 3.4 [5].



**Рисунок 12.9** – Схема конструкції дорожнього одягу з неукріпленою основою

**12.3.3.3** Для обох випадків (рисунки 12.8 і 12.9) довжину тріщини  $c$  приймають рівною товщині тріщинувато-блочних монолітних шарів  $h$ , тобто  $c = h$ . За наведеними схемами існуючі багатошарові конструкції приводять до двохшарової системи за методикою, наведеною в Додатку Г.

**12.3.4** Визначення ефективного модуля пружності монолітних шарів конструкції дорожнього одягу й ефективного модуля неукріплених шарів основи

**12.3.4.1** Для встановлення ефективного модуля пружності  $E$  монолітних шарів, у яких поширюється тріщина, й загального модуля пружності  $E_s$  неукріплених шарів, що підстиляють монолітні шари, використовують чотири методи:

- обчислення  $E$  і  $E_s$ , за результатами польового вимірювання пружного прогину згідно з 12.3.5;
- призначення модуля різних шарів, за результатами лабораторних випробувань згідно з 12.3.6;
- розрахунок за формулами або номограмами для заданих значень часу дії навантаження та температури;
- використання табличних значень.

**12.3.4.2** Модуль пружності асфальтобетону та матеріалів монолітного шару визначають в залежності від стадії проектування та необхідного рівня надійності відповідно до таблиці 12.6.

**Таблиця 12.6** – Умови визначення модуля пружності асфальтобетонних шарів покриття та монолітних шарів основи

Рівень надійності, $H$	Метод визначення модуля пружності шару
0,97 і більше	стендові та лабораторні випробування. Польові обстеження.
від 0,95 до 0,97	номограми або аналітичні залежності.
менше ніж 0,95	згідно з додатком Е [5].
<b>Примітка.</b> Польові обстеження на об'єкті та лабораторні випробування здійснюються згідно з додатком М [5]	

**12.3.5** Зворотна процедура обчислення модуля пружності

**12.3.5.1** Модуль пружності шару дорожнього одягу може бути розрахований за результатами виміру пружного прогину при динамічних випробуваннях з використанням падаючого вантажу, (наприклад, дефлектометра) або випробуванням статичним навантаженням (за допомогою балки Бенкельмана – тільки для монолітних шарів, або штампових випробувань – для монолітних, зернистих шарів та ґрунту земляного полотна).

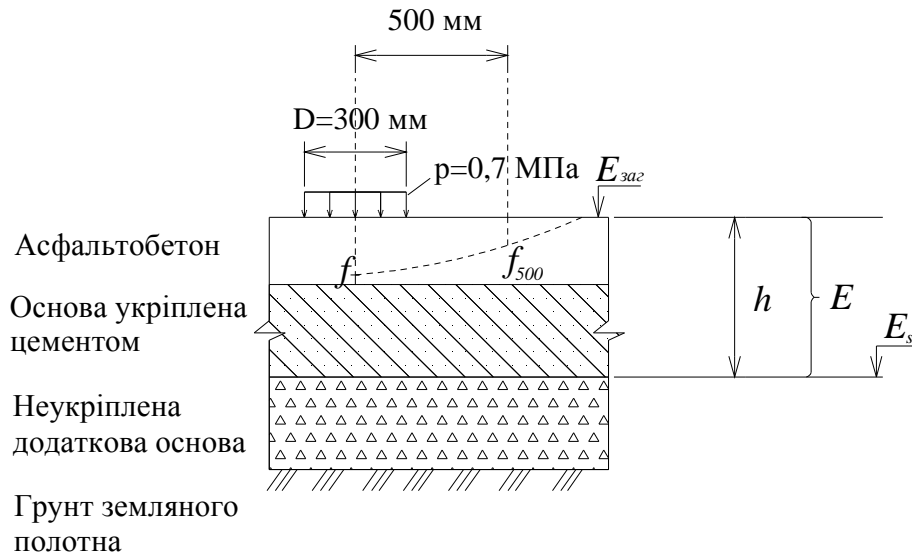
**12.3.5.2** Значення прогину, визначені дефлектометром або балкою Бенкельмана, приводять до розрахункової швидкості навантаження (0,1 с або 600 с) та розрахункової температури (+10 °С), а загальний пружний прогин корегують з урахуванням вологості розташованих нижче шарів основи та ґрунту земляного полотна, приводячи значення до розрахункового періоду.

**12.3.5.3** Приймаючи навантаження при випробуваннях дефлектометром з падаючим вантажем  $Q = 50$  кН ( $p = 0,7$  МПа), максимальний прогин  $f_0$  і прогин поверхні в 4 – 6 точках на відстані з кроком 300 мм від центра прикладання навантаження, виконують розрахунки для різної сумарної товщини зв'язаних шарів  $h$  при різних значеннях  $E$  та  $E_s$ .

**12.3.5.4** При обчисленні модуля пружності шару за прогином поверхні

покриття, враховують вплив температури покриття на шари, що містять органічне в'язуче (асфальтобетонні шари основи та покриття). Для цього величину прогину приводять до розрахункової температури за методикою згідно з додатком Н.10 [5]. Температуру асфальтобетонного покриття та температуру посередині і внизу шарів, що містять органічне в'язуче, визначають одночасно з визначенням прогину.

**12.3.5.5** Модуль двошарової системи може бути визначений при відомому значенні пружного прогину поверхні в 4 – 6 точках (чаша прогину), і відомій товщині об'єднаних монолітних шарів  $h$  згідно з рисунком 12.10.



**Рисунок 12.10** – Схема визначення модуля пружності двошарової системи з вимірюванням прогину поверхні покриття

**12.3.6** Визначення модуля пружності шару з використанням лабораторних випробувань

**12.3.6.1** Після визначення модулів пружності різних шарів розраховують приведений модуль пружності для верхнього асфальтобетонного шару і зв'язаних шарів основи та загальний модуль пружності на поверхні неукріплених шарів основи і земляного полотна за методикою 3.4 [5].

**12.3.6.2** При використанні АСМ з підложкою (геокомпозитів) не повинно відбуватися зменшення сили з'єднання між шарами асфальтобетону та армуючим прошарком.

**12.3.6.3** Для забезпечення сумісної роботи шарів сила зчеплення (міцність на зсув) повинна бути не менше ніж 0,35 МПа.

**12.4** Обмеження при улаштуванні армованих шарів покриття дорожнього одягу з застосуванням геосинтетичних матеріалів

**12.4.1** Ефективність армування конструкції з використанням АСМ зменшується разом із зростанням жорсткості шарів дорожнього одягу та

зменшенням відношення модуля пружності АСМ до модуля пружності шару дорожнього одягу.

**12.4.2** Недопустимим є укладання шарів АСМ на основу з блочними тріщинами з нестійкими кромками, які обламуються та викришуються в процесі виконання робіт. Роботи потрібно проводити виключно при сухій погоді. Заборонено вкладати АСМ мокрим, на мокру поверхню або залишати на ніч без перекриття асфальтобетонним шаром. В разі зволоження АСМ в період зберігання його необхідно просушити.

**12.4.3** За неможливості наявним обладнанням технологічно забезпечити нормативну витрату в'язучого для підгрунтовки (відповідно до таблиці 12.3), рівномірність його розподілу або якість приклеювання АСМ, необхідно відмовитися від застосування АСМ. В якості матеріалу для підгрунтовки перевагу слід віддавати гарячому бітуму модифікованому полімерами, та катіонній емульсії, модифікованій полімерами.

**12.4.4** Максимальний поздовжній похил при укладанні АСМ не повинен перевищувати 30 ‰ для автомобільних доріг I – II категорії та 40 ‰ для доріг III – IV категорій.

**12.4.5** Температура асфальтобетонної суміші

**12.4.5.1** Температура асфальтобетонної суміші, яку вкладають поверх АСМ, не повинна перевищувати допустиму температуру нагріву сировини, з якої виготовлений АСМ.

**12.4.5.2** Температура асфальтобетонної суміші, яку вкладають поверх армуючого матеріалу  $T_{укл}$  повинна відповідати умові:

$$T_{укл} = T_{пл} + \Delta, \quad (12.13)$$

де  $T_{пл}$  – температура плавлення полімеру, з якої виготовлений армуючий матеріал;

$\Delta$  – запас на попередження термодеструкції, приймається від 15 °С до 20 °С.

**12.4.5.3** Покриття та основи дорожнього одягу з армованого асфальтобетону слід влаштовувати в суху погоду. Укладання гарячих асфальтобетонних сумішей потрібно проводити весною при температурі повітря не нижче плюс 5 °С, восени не нижче плюс 10 °С. У разі застосування для насичення і приклеювання АСМ емульсій, модифікованих полімерами (термоеластопластами та латексами) згідно з ДСТУ Б В.2.7-135, температура повітря повинна бути не нижче ніж 15 °С, а температура оброблюваної конструкцій дорожнього одягу повинна бути не нижче ніж 10 °С.

**12.4.6** Заборонено рух транспортних засобів по розкладеному АСМ за виключенням технологічного транспорту. Технологічний транспорт повинен рухатися з малою швидкістю, без різкого гальмування, розгону та поворотів.

**12.4.7** Поверхнева щільність підложки геосинтетичної ґратки має бути не більше ніж 60 г/м<sup>2</sup>. Підложка не повинна перешкоджати зчепленню між шарами для умов забезпечення зсувостійкості та міцності при новому будівництві та повинна контролюватися зменшувати зчеплення до допустимого

значення не менше ніж 0,35 МПа при боротьбі з відображеними тріщинами.

## 12.5 Влаштування армованих геосинтетичними матеріалами шарів конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу

### 12.5.1 Вимоги до матеріалів

**12.5.1.1** При використанні АСМ в асфальтобетонних покриттях додаткові вимоги до матеріалів шарів конструкції дорожнього одягу не висуваються. Органічні в'язучі, що застосовують для підгрунтовки повинні відповідати вимогам: бітуми – ДСТУ 4044, бітумні емульсії – ДСТУ Б В.2.7-129, модифіковані бітуми – ДСТУ Б В.2.7-135. Асфальтобетонні суміші та асфальтобетон повинні задовольняти вимогам ДСТУ Б В.2.7-119. Щебенево-мастикові суміші та асфальтобетон повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-127.

**12.5.1.2** В якості АСМ використовують ґратки та композитні армуючі матеріали відповідно до вимог нормативних документів та законодавства.

**12.5.1.3** Для армування асфальтобетонного покриття нежорстких дорожніх одягів використовують АСМ на основі полімерних волокон (таблиця 12.7).

**Таблиця 12.7** – Характеристики волокон для виробництва АСМ

Волокна	Стійкість до руйнування (г/день)		Поверхнева щільність, г/м <sup>2</sup>	Вологість, %	Коефіцієнт лінійного теплового розширення (x10 <sup>-5</sup> на 1°С)	Температура плавлення, °С
	Середнє значення зразка в сухому стані	Середнє значення у водонасиченому стані				
1	2	3	4	5	6	7
Поліпропілен (філамент і нитка) (для підложки)	4,8-7,0	4,8-7,0	0,91	3,0	6	від 160 °С до 170 °С
Поліефір						
Філамент нормальної міцності при розриві	4,0-5,0	4,0-5,0	1,22 або 1,38	0,4 або 0,8	4-5	від 250 °С до 290 °С
Філамент високої міцності при розриві	6,3-9,5	6,2-9,4				
Нитка нормальної міцності при розриві	2,5-5,0	2,5-5,0				
Нитка високої міцності при розриві	5,0-6,5	5,0-6,4				
Поліамід						
Поліамід 66 (філамент нормальної міцності при розриві)	3,0-6,0	2,6-5,4	1,14	4,0-4,5	5,5	приблизно 260 °С

Кінець таблиці 12.7

1	2	3	4	5	6	7
Поліамід 66 (філамент високої міцності при розриві)	6,0-9,5	5,0-8,0				
Поліамід 66 (нитка)	3,5-7,2	3,2-6,5				
Поліамід 6 (філамент)	6,0-9,5	5,0-8,0		4,5	5,0	не нижче 210 °С
Поліамід 6 (нитка)	2,5	2,0		4,5	5,0	від 160 °С до 220 °С

**12.5.1.4** Вибір типу АСМ виконують із співвідношення між розмірами вічок  $l_{віч.}$  та найбільшим діаметром часток заповнювача  $d_{max}$  (відношення  $d_{max}/l_{віч.} \geq 2,0-2,5$ ) та відповідно до величини діючих напружень розтягу при згині та зрізі.

**12.5.1.5** Для забезпечення максимального зв'язку шарів асфальтобетону, між якими укладають АСМ, відношення площі зайнятої ребрами АСМ до загальної площі ґраток (відкритість структури) повинно бути більше ніж 75 %.

**12.5.1.6** Для армування рекомендовано використовувати АСМ з міцністю не менше ніж 50 кН/м для доріг I та II категорії, та не менше ніж 40 кН/м для доріг III – IV категорії. При відповідному техніко - економічному обґрунтуванні можна використовувати АСМ з міцністю більше ніж 100 кН/м. Для забезпечення ефективного використання АСМ його видовження при розтягу не повинно перевищувати максимального видовження при розриві композиту (асфальтобетон та АСМ), яке становить (6 – 12) % в залежності від виду полімеру та температури випробування. Робота асфальтобетонного покриття в пружній стадії зворотних деформацій забезпечується при видовженні АСМ в межах (3–6) %.

**12.5.1.7** Фізико-технічні показники АСМ наведено в додатку А (табл. А.7 та А.8).

**12.5.2** Основні технологічні операції з улаштування асфальтобетонних покриттів армованих синтетичним матеріалом

**12.5.2.1** Роботи виконують за типовими технологічними картами та включають такі операції:

- підготовка основи згідно з 12.5.2.3;
- розливання органічних в'язучих (в'язкого бітуму або бітумної емульсії) згідно з 12.5.2.4;
- укладання та закріплення АСМ згідно з 12.5.2.5;
- повторне розливання в'язучого та прикатування легким пневмоколісним котком (за необхідності) згідно з 12.5.2.6;
- влаштування асфальтобетонного покриття згідно з 12.5.2.7.

**12.5.2.2** Перераховані операції виконують в одну зміну з плануванням мінімально можливої довжини потоку (не більше ніж 60 м), застосовуючи існуючий парк машин у загоні. Величина змінної захватки повинна бути кратною довжині полотна АСМ в рулоні.

**12.5.2.3** Підготовка основи під АСМ

**12.5.2.3.1** Основа з асфальтобетону повинна бути відремонтована, суха



(перед розливом бітуму або зволожена при розливі бітумної емульсії (згідно з таблицею 12.8)), очищена від масних плям, слідів розмітки, нафти, рослинності, піску, пилу, бруду, гравію, щебеню тощо. Ділянки з дефектами типу “крокодилова шкіра” повинні бути замінені на всю глибину асфальтобетонного шару.

**12.5.2.3.2** На нижній шар асфальтобетону наносять підґрунтовку згідно з 11.2.2 з витратою відповідно до таблиці 11.3. Для рівності в поздовжньому та поперечному напрямках нижній шар вирівнюють за допомогою фрезерування або профілювання.

**Таблиця 12.8** – Час витримування до укладки АСМ при використанні підґрунтовки із швидкорозпадної бітумної емульсії

Температура повітря, °С	Стан основи основи при розливі бітумної емульсії		
	Суха	Помірно волога	Волога
15–20	2 год.	3 год.	4 год.
20–30	1 год.	2 год.	3 год.
більше ніж 30	0,5 год.	1 год.	2 год.

**12.5.2.3.3** Волосяні тріщини на поверхні основи шириною менше ніж 3 мм, які не потребують попередньої обробки, можуть бути тільки очищені. Перед укладанням АСМ поперечні тріщини шириною більше ніж 3 мм і поздовжні тріщини довжиною більше ніж 3 м і шириною більше ніж 5 мм прочищають або обробляють фрезою з послідуєчим заповненням піщаним асфальтобетоном чи бітумною мастикою або заклеюють бітумно-полімерною стрічкою.

**12.5.2.3.4** Коефіцієнт варіації загального модуля пружності на поверхні існуючого покриття, ділянки що підлягає ремонту, не повинен перевищувати 18 % для доріг I категорії, 20 % – для II категорій та (24–28) % – для III–V категорій.

**12.5.2.3.5** На підготовлену основу вкладають вирівнюючий шар асфальтобетону мінімальної товщини або влаштовують тонкошарове покриття. АСМ укладають між шарами асфальтобетону.

#### **12.5.2.4** Влаштування підґрунтовки з органічного в'язучого

**12.5.2.4.1** Не пізніше ніж за 6 год до початку укладання асфальтобетонної суміші шар дорожнього одягу, що розташований нижче, необхідно обробляти (підґрунтувати) будь-яким органічним в'язучим: в'язким бітумом або бітумною емульсією.

**12.5.2.4.2** Для підґрунтовки застосовують в'язкі бітуми марок БНД 60/90 або БНД 90/130 чи бітум, модифікований полімерними добавками, або катіоноактивну модифіковану бітумну емульсію, швидкорозпадну, концентрації від 60 % до 65 %. Підґрунтовку наносять рівномірно в кількості, необхідній для повного просочення АСМ. Витрата бітуму від 0,65 кг/м<sup>2</sup> до 1,20 кг/м<sup>2</sup>; витрата емульсії від 0,9 кг/м<sup>2</sup> до 1,6 кг/м<sup>2</sup>.

**12.5.2.4.3** Температура в'язкого бітуму для підґрунтовки повинна становити від 140 °С до 160 °С, модифікованого бітуму від 150 °С до 170 °С, а

бітумної емульсії не повинна перевищувати 70 °С.

**12.5.2.4.4** Ширина нанесення в'язучого повинна перевищувати ширину полотна АСМ (на 0,15 ... 0,20) м. Час між розлиттям бітуму і укладанням АСМ вибирають з урахуванням забезпечення максимального прилипання АСМ до основи. Орієнтовний час витримування емульсії до розпаду визначають відповідно до таблиці 12.8.

**12.5.2.4.5** Якщо застосовують бітум, який містить розріджувач, то АСМ розкладають після випаровування розріджувача. Якщо використовують емульсію бітумну, модифіковану еластомером, то геокомпозит (сітка+підложка) розкладають відразу після розливу емульсії для максимального просочення підложки, що прискорить розпад емульсії.

**12.5.2.4.6** При температурі дорожнього покриття вище ніж +35 °С укладку АСМ слід здійснювати захватками від 25 м до 30 м, оскільки емульсія швидко розпадається та не забезпечує якісне просочення АСМ. Час витримування до укладання АСМ може становити від 15 хв до 20 хв.

**12.5.2.4.7** Після нанесення бітуму відразу укладають АСМ.

#### **12.5.2.5** Укладання АСМ

**12.5.2.5.1** Рулони розкочують рівно без перекосів і складок АСМ, з невеликим подовжнім натягненням – близько 10 см на кожні 5 м ділянки (0,2 %).

**12.5.2.5.2** Полотна АСМ вкладають з відступом 10 см від бічної кромки дорожнього покриття. Напуск уздовж полотна геосинтетика повинен бути від 10 см до 20 см і поперек полотна від 15 см до 25 см. Кінець раніше укладеного рулону геосинтетика повинен накривати початок наступного рулону в напрямку укладання асфальтобетону. Під час армування декількох смуг руху напуски полотен в поперечному напрямку не повинні співпадати. Заборонено перекриття в поздовжньому напрямку полотен АСМ в межах смуги накату.

**12.5.2.5.3** В місці перекриття полотна АСМ, в залежності від якості його просочення, можуть бути додатково підгрунтовані. Допускається додаткове прикріплення АСМ до основи присипанням гарячою асфальтобетонною сумішшю або дротяними скобами, цвяхами чи дюбелями вручну, з кроком по ширині полотна від 0,50 м до 0,75 м на початку розкочування рулону АСМ, та по довжині від 1,5 м до 3,0 м в залежності від умов укладання, швидкості вітру, якості приклеювання та типу асфальтоукладача. Після прикріплення АСМ до основи за необхідності виконують прикочування полотен із полімерних АСМ легкими котками на пневматичних шинах. Для армуючих матеріалів на основі базальтових та скляних волокон прикочування заборонено.

**12.5.2.5.4** Полотна АСМ, які укладають в місцях поворотів проїзної частини дорожнього полотна, повинні бути відповідно розмічені і розрізані на сегменти, а в місцях проходження інженерних мереж (колодязі, лотки тощо) – відповідно вирізані.

#### **12.5.2.6** Повторний розлив в'язучого і прикочування

При великих ухилах або недостатній в'язкості емульсії чи при низькій температурі бітуму та холодній поверхні дорожнього покриття допускається

повторне розливання в'язучого. У такому разі спочатку розливають близько 2/3 необхідної кількості в'язучого, укладають АСМ (за необхідності прикочують двома-чотирма проїздами легкого котка на пневматичних шинах) і поверх АСМ наносять решту органічного в'язучого до повного і рівномірного покриття поверхні полотна геосинтетика.

#### **12.5.2.7 Укладання АСМ в асфальтобетонні шари**

**12.5.2.7.1** Асфальтобетонні шари влаштовують відразу після укладання АСМ за типовою технологією асфальтоукладачами на гусеничному чи пневмоколісному ході. Транспортні засоби, що заїжджають на АСМ для підвезення асфальтобетонної суміші, повинні рухатись прямолінійно, без різких поворотів, різкого гальмування та різкого рушання з місця.

**12.5.2.7.2** АСМ повинен бути стійким до дії температури не нижче 170 °С (крім підложки, що може розплавлятися). Температура поверхні асфальтобетонної основи перед укладанням покриття повинна бути від 5 °С до 60 °С.

**12.5.2.7.3** Край асфальтобетонного шару в поперечному напрямку, після укладання, не повинен співпадати з місцем перекриття полотен АСМ.

**12.5.2.7.4** Шари асфальтобетонного покриття повинні мати постійну товщину.

**12.5.2.7.5** Коефіцієнт варіації товщини  $C_h$  не повинен перевищувати граничне значення, яке визначають за формулою (12.14):

$$C_h \leq \frac{20}{\sqrt[3]{h}}, \quad (12.14)$$

де  $h$  – проектна товщина асфальтобетонного шару над АСМ, см.

#### **12.5.3 Ремонт та розширення конструкцій дорожніх одягів**

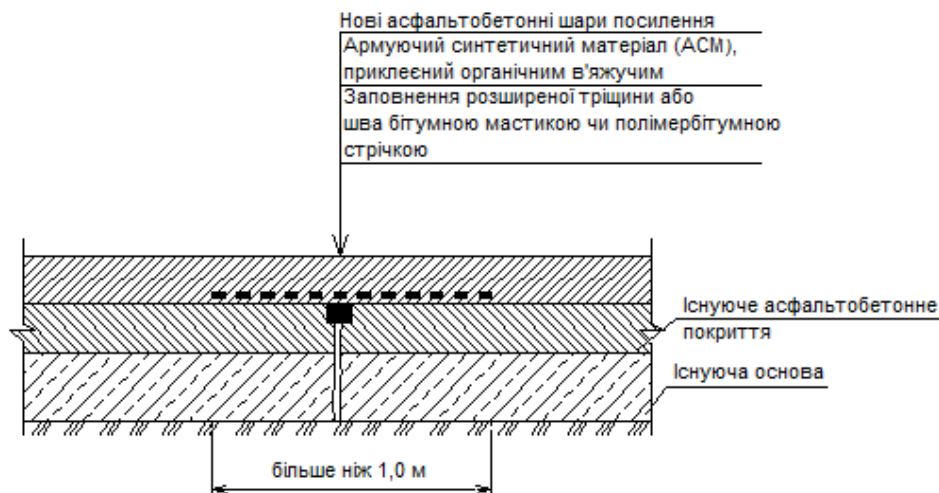
**12.5.3.1** Поверхневий (неглибокий) ремонт поперечних відображених тріщин з використанням АСМ застосовують для уповільнення розвитку відображених тріщин в асфальтобетонних шарах, коли крайки тріщин достатньо міцні, а фрезерування шарів покриття на всій довжині ділянки не обов'язкове якщо площа окремих руйнувань менша 10% від загальної площі поверхні покриття.

##### **12.5.3.2** Порядок виконання поверхневого ремонту (рисунок 12.11):

- локальне фрезерування асфальтобетонного шару покриття вздовж тріщини смугою шириною 1 м і на глибину, яка на 3 см перевищує товщину верхнього шару асфальтобетонного покриття;
- розкриття тріщини фрезою до ширини не менше 12 мм і глибини 15 мм та заповнення тріщини емульсією або мастикою;
- за необхідності влаштування вирівнюючого шару із дрібнозернистого асфальтобетону і його укочування;
- розливання підгрунтовки по фрезерованій поверхні або шару вирівнювання;
- укладання АСМ та за необхідності з додатковим закріпленням згідно

з 12.5.2.3;

- герметизація вертикальних стінок фрезерованої смуги бітумом, емульсією, мастикою або самоклеючими полімер-бітумними стрічками;
- заповнення місця фрезерування асфальтобетонною сумішшю (з врахуванням зміни ущільнюваності при укладенні асфальтобетону);
- ущільнення асфальтобетонної суміші до необхідного коефіцієнта ущільнення  $K_{ущ}=0,98$ .



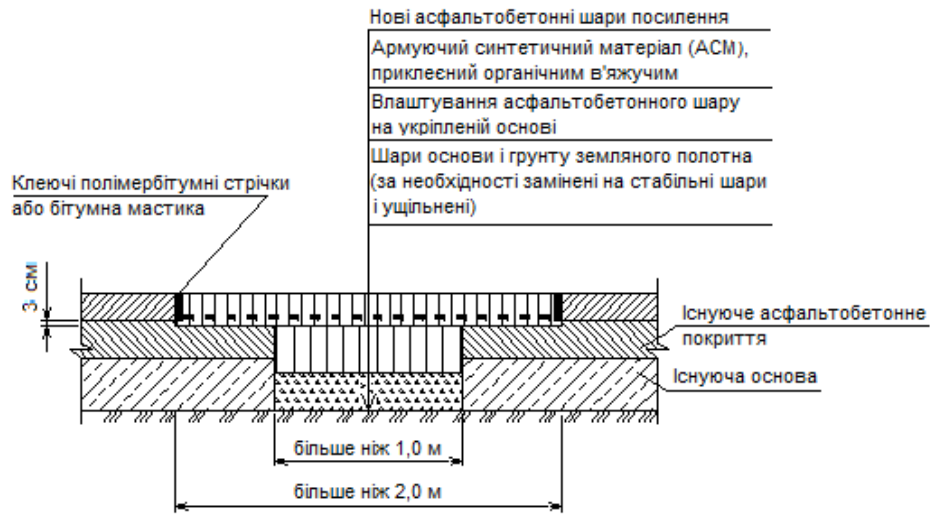
**Рисунок 12.11** – Схема поверхневого ремонту поперечних відображених тріщин та аварійний ремонт

**12.5.3.3** Ремонт відображених тріщин з використанням АСМ застосовують в разі недостатньої міцності основи (розтріскана основа, укріплена цементом, пісний бетон, цементобетон дроблений віброрезонансним методом тощо), недостатньої міцності крайок та недостатньої несучої здатності конструкції. Цей ремонт може включати заміну основи та може бути використаний для локальних ремонтів тріщин втомі (тріщини типу "крокодилова шкіра").

**12.5.3.4** Порядок виконання ремонту (рисунок 12.12):

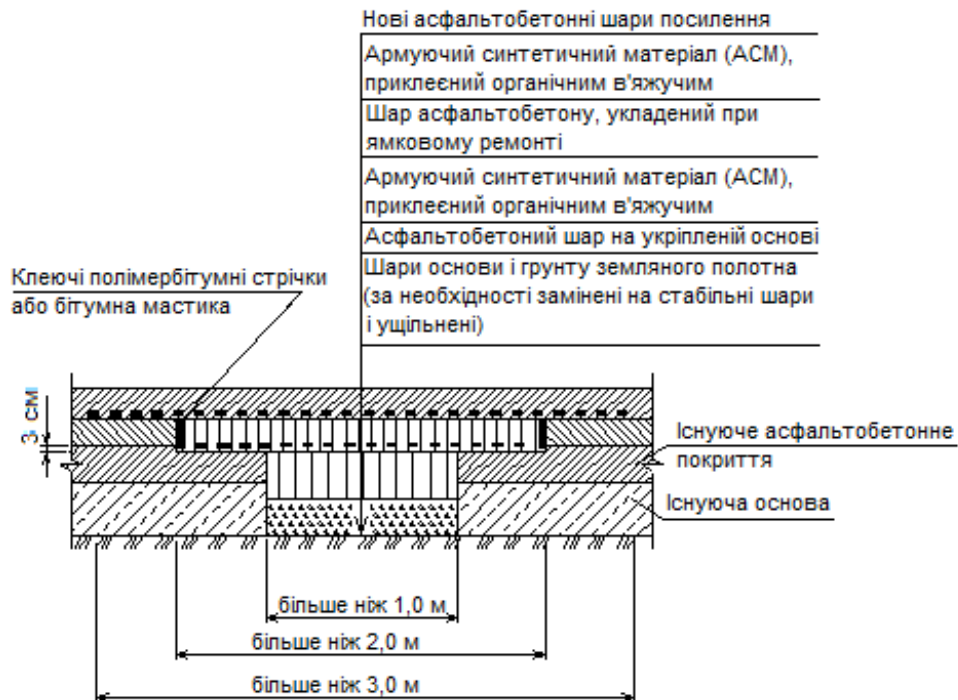
- локальне фрезерування шару (шарів) асфальтобетонного покриття вздовж тріщини смугою шириною 2 м на глибину, яка на 3 см нижче шару покриття;
- фрезерування нижніх шарів конструкції дорожнього одягу на ширину не менше ніж 1 м і до глибини шарів основи, які мають недостатню міцність;
- ремонт або заміна матеріалу основи щебенем, укладеним способом заклинювання або щебеневими сумішами оптимального складу;
- відновлення нижньої фрезерованої частини конструкції (шириною не менше від 1 м до 2 м в залежності від типу обладнання) матеріалами, подібними до суміжних зв'язаних шарів для забезпечення однорідності за міцністю;
- підготовка основи під АСМ згідно 12.5.2.3;

- розподілення (розлив або розбризкування) підгрунтовки та укладання шарів АСМ;
- герметизація вертикальних стінок фрезерованої смуги бітумом, емульсією, мастикою або самоклеючими полімер-бітумними стрічками.



**Рисунок 12.12** – Схема ремонту наскрізних тріщин у конструкції дорожнього одягу

**12.5.3.5** Для підсилення конструкції новим асфальтобетонним шаром поверх відремонтованого місця вкладають полотно АСМ шириною 3 м на підгрунтовку (див. рис. 12.13).



**Рисунок 12.13** – Схема ремонту наскрізних тріщин та підсилення конструкції дорожнього одягу новими асфальтобетонними шарами

**12.5.3.6** Використання АСМ при поширенні конструкції дорожнього одягу або перебудові узбіччя, має за мету запобігання утворенню на поверхні проїзної частини поздовжніх тріщин, відображених тріщин або поздовжніх швів в місцях з'єднання існуючої проїзної частини з конструкцією дорожнього одягу на ділянці розширення або укріплення узбіччя. Спосіб розширення конструкції дорожнього одягу або укріплення узбіччя з використанням АСМ виконують згідно з рисунком 12.14.



**Рисунок 12.14** – Схема поширення конструкцій дорожнього одягу з використанням АСМ (вигляд у поперечному напрямку)

**12.5.3.7** Порядок виконання робіт:

- розбирання або виконання холодного фрезерування існуючого узбіччя до відмітки, передбаченої проектом, із зняттям шарів основи;
- влаштування сходинок в існуючій конструкції для одержання запроєктованого поширення (див. рисунок 11.14);
- вирівнювання шарів покриття проїзної частини після фрезерування, шаром з асфальтобетонної суміші;
- укладання нових конструктивних шарів поширення полотна проїзної частини або укріплення узбіччя основи проїзної частини після її вирівнювання до проектною відмітки;
- розливання на поверхнях розширення та проїзної частини органічного в'язучого (бітуму, модифікованого полімерами, в'язкого чи рідкого бітуму або емульсії еластомеробітумної катіонної) в кількості, необхідній для приклеювання АСМ.

**12.5.4.8** Ширина смуги розливу повинна бути на 0,2 м – 0,3 м більшою ніж ширина смуги АСМ, що укладають;

- укладення АСМ на місце з'єднання проїзної частини та поширення виконують одразу після розливу шару органічного в'язучого; ширина смуги геосинтетика повинна перевищувати не менше 1 м в кожную сторону з'єднання; у разі потреби, АСМ необхідно прикріпити до основи за допомогою цвяхів або дюбелів;

– перекривання всієї проїзної частини і місце розширення проїзної частини або укріплення узбіччя покриттям з нового асфальтобетонного шару (шарів).

## **13 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ ПРИ РОБОТІ З ГЕОСИНТЕТИЧНИМИ МАТЕРІАЛАМИ В ДОРОЖНІХ КОНСТРУКЦІЯХ**

### **13.1 Вимоги безпеки і охорони праці**

**13.1.1** Геосинтетики повинні відповідати вимогам нормативних документів на продукцію та законодавству України.

**13.1.2** Геосинтетичні матеріали при звичайних умовах є:

- нетоксичними речовинами;

- не викликають подразнень верхніх дихальних шляхів та шкіри.

**13.1.3** За ступенем впливу на організм людини відносяться до мало небезпечних речовин (IV клас) згідно з ГОСТ 12.1.007. Робота з ними не вимагає особливих засобів індивідуального захисту.

**13.1.4** В процесі робіт з використанням геосинтетичних матеріалів необхідно дотримуватись вимог безпеки згідно з ГОСТ 12.3.002, НПАОП 63.21-1.01, СП 1042-73, ДБН А.3.2-2, ДСТУ 4044, ДСТУ Б А.3.2-8 та ДСТУ Б А.3.2-9.

**13.1.5** Групу горючості полімерних геосинтетичних матеріалів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-19. Полімерні геосинтетичні матеріали повинні належати до групи горючих матеріалів не нижче ніж Г2.

**13.1.6** Під час роботи з геосинтетичними матеріалами необхідно дотримуватись вимог пожежної безпеки згідно з ГОСТ 12.1.004, НАПБ А 01.001. Перед початком робіт проводять інструктаж з правил пожежної безпеки (ППБ) згідно з НАПБ Б.02.005 та НАПБ Б.06.001. Навчання та перевірка знань з питань пожежної безпеки слід проводити відповідно до вимог НАПБ Б.02.005.

**13.1.7** Виробничі, складські та інші приміщення повинні бути обладнані автоматичними системами пожежогасіння та пожежної сигналізації відповідно до ДБН В.2.5-56 та первинними засобами пожежогасіння відповідно до НАПБ А.01.001.

**13.1.8** Оснащення приміщень первинними засобами пожежогасіння потрібно здійснювати згідно з НАПБ А.01.001 та НАПБ Б.03.001, транспортних засобів, задіяних в роботах – згідно з НАПБ Б.06.005.

**13.1.9** При роботі з полімерними геосинтетиками при температурі, що перевищує температуру їх плавлення, місця роботи повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння відповідно до 8.1.5 НАПБ А.01.001.

**13.1.10** Експлуатацію вогнегасників слід здійснювати згідно з НАПБ Б.01.008.

**13.1.11** При загорянні геосинтетичних матеріалів їх необхідно гасити тонко розпиленним струменем води, піною, вогнегасним порошком.

**13.1.12** При роботі з полімерними геосинтетиками за температури, що перевищує температуру їх плавлення (наприклад, при укладанні гарячого асфальтобетону або при термозварюванні) можливе виділення летких продуктів термоокислювальної деструкції, що містять у своєму складі органічні кислоти, карбонільні з'єднання, в тому числі формальдегід і ацетальдегід, оксид вуглецю та інші токсичні речовини. При цьому необхідно дотримуватись вимог нормативних документів та нормативно-правових актів з пожежної безпеки та загальних правил безпеки.

**13.1.13** Концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

**13.1.13.1** Концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинні перевищувати їх гранично допустимих концентрацій (таблиця 13.1), відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005.

**Таблиця 13.1** – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі при укладці асфальтобетонної суміші

Назва речовини	Гранично допустима концентрація, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Дія на організм людини
Формальдегід	0,5	2	Викликає подразнення слизової оболонки очей та дихальних шляхів
Ацетальдегід	5,0	3	
Оксид вуглецю	20,0	4	Викликає запаморочення, шум в вухах, почуття слабкості
Оцтова кислота	5,0	3	Викликає подразнення верхніх дихальних шляхів

**13.1.13.2** Контроль вмісту шкідливих речовин в повітрі робочої зони виконують згідно з ГОСТ 12.1.016 та ГОСТ 12.1.014.

**13.1.14** Під час робіт на проїзній частині без припинення руху автотранспортних засобів місце робіт має огороджуватись знаками згідно з [11] та НПАОП 63.21-1.01.

**13.1.15** Дозволені рівні сумарної питомої активності природних радіонуклідів в заповнювачах до асфальтобетону, згідно з ДБН В.1.4-1.01 та ДБН В.1.4-2.01, не повинні перевищувати показників для 1 класу. Роботи з приготування органічних в'язучих матеріалів з добавками потрібно виконувати згідно з ДСТУ Б А.3.2.5.

**13.1.16** При роботі з геосинтетичними матеріалами обладнання та механізми, що задіяні у виробничому процесі, повинні відповідати вимогам безпеки згідно з ДСТУ 7237, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002; засоби захисту від статичної електрики – ДСТУ ГОСТ 12.1.038, ГОСТ 12.1.018, ГОСТ 12.1.044 та ГОСТ 12.4.124; гігієнічний контроль промислової вібрації необхідно здійснювати згідно з ДСН 3.3.6.039. Безпека виробничих процесів та обладнання повинні відповідати СП 1042 та ГОСТ 12.3.002.

**13.1.17** Параметри мікроклімату на робочих місцях повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042. Місця виконання робіт з геосинтетичними матеріалами позначаються знаками безпеки згідно з [17]. Освітленість



робочих місць повинна відповідати вимогам ДБН В.2.5-28 і ДСТУ Б.В.2.2-6, контроль здійснюють згідно з ДСТУ Б В.2.2-6. Закриті приміщення, де проводять роботи з геотекстилями та віднесеними до геотекстилю виробами, повинні бути забезпечені приливно-витяжною вентиляцією згідно з ДСТУ Б А.3.2-12, СНиП 2.04.05.

**13.1.18** При роботі з геосинтетичними матеріалами забезпечення та користування спеціальним одягом здійснюють згідно з ГОСТ 12.4.004, ГОСТ 12.4.016, НПАОП 0.00-4.01, НПАОП 63.21-3.03 та [16].

**13.1.19** Навчання та перевірку знань з питань охорони праці потрібно проводити відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.12.

**13.1.20** При роботі з геосинтетичними матеріалами слід дотримуватися правил охорони атмосферного повітря населених місць від забруднення хімічними та біологічними речовинами відповідно до ДСП 201.

## **13.2. Вимоги до охорони навколишнього середовища**

**13.2.1** Проектування дорожніх об'єктів із використанням геосинтетичних матеріалів повинно здійснюватися відповідно до вимог нормативних документів. При будівництві дорожніх об'єктів потрібно забезпечити виконання вимог з охорони навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів, обліку найближчих та віддалених екологічних, економічних, соціальних, демографічних наслідків будівництва.

**13.2.2** При техніко-економічному обґрунтуванні проекту слід враховувати сучасний рівень науково-технічного прогресу і гранично-допустимі навантаження на навколишнє природне середовище як у будівельний, так і в експлуатаційний періоди і передбачати надійні і ефективні заходи попередження і усунення забруднення навколишнього природного середовища, раціональне використання і відтворення природних ресурсів, оздоровлення навколишнього природного середовища.

**13.2.3** При проектуванні та будівництві дорожніх об'єктів із використанням геосинтетичних матеріалів повинні бути повністю враховані реальні потреби в електроенергії та водопостачанні відповідного регіону, рельєф місцевості для розміщення об'єкта, заходи з максимального збереження земель і лісів, населених пунктів, пам'яток природи, історії та культури, ефективної охорони рибних запасів, своєчасної утилізації деревини та родючого шару ґрунтів під час розчищення і затоплення ложа водосховища, та недопущення негативних змін у навколишньому природному середовищі.

**13.2.4** При проектуванні не слід застосовувати ґрунтові та неґрунтові матеріали, а також технології, що спричиняють хімічне, фізичне і біологічне забруднення навколишнього середовища.

**13.2.5** При розробці проектів для будівництва і реконструкції автомобільних доріг та інших дорожніх об'єктів із використанням геосинтетичних матеріалів техніко-економічні і транспортно-експлуатаційні характеристики об'єкта проектування потрібно вирішувати в комплексі з

питанням захисту навколишнього природного середовища та раціонального використання природних ресурсів.

**13.2.6** До змісту проекту має входити окремий розділ "Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС)", який розробляється згідно з вимогами ДБН А.2.2-1, ДБН А.2.2-3, ДБН В.2.3-5 та [6] з урахуванням положень нормативно-правових актів у галузі охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки. Матеріали ОВНС необхідно розробляти на основі екологічних, геозооботанічних, інженерно-геологічних, санітарно-гігієнічних та інших необхідних натурних та лабораторних досліджень на базі сучасних методик і технічних засобів.

**13.2.7** З метою оптимізації проектних робіт та процедури ОВНС всі дорожні об'єкти поділяють на три екологічних класи. Вимоги до проектування таких об'єктів наведено в ДБН В.2.3-4.

**13.2.8** При проектуванні автомобільних доріг із використанням геосинтетичних матеріалів оцінці впливу на навколишнє середовище підлягають усі джерела впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище, крім технологічних процесів будівництва та утримання.

**13.2.9** При розробці матеріалів ОВНС потрібно порівнювати кількісні показники забруднення навколишнього природного середовища відпрацьованими газами, твердими викидами, шумом, іншими факторами дії транспортних засобів на навколишнє природне середовище з гранично допустимими концентраціями забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, водоймищах і ґрунтах та іншими санітарно-гігієнічними нормами, що встановлені для відповідної території.

**13.2.10** При проектуванні реконструкції дорожніх об'єктів слід порівнювати існуючий вплив об'єкта на навколишнє природне середовище з впливом на нього після проведення реконструкції.

**13.2.11** При проектуванні автомобільних доріг, дорожніх споруд, об'єктів дорожнього сервісу тощо із використанням геосинтетичних матеріалів перевагу віддають рішенням, що мінімально впливають на навколишнє природне середовище.

**13.2.12** У разі перевищення встановлених для відповідної території санітарно-гігієнічних норм забруднення, суттєвого втручання в біосистеми на прилеглих територіях потрібно передбачати відповідні санітарно-захисні, природоохоронні, інженерні та технічні заходи: будівництво шумозахисних екранів, застосування дорожніх покриттів, на яких шум при проїзді автомобілів має найменшу величину, влаштування водовідвідних та водоочисних споруд, посадку спеціальних зелених насаджень, влаштування біопереходів, регулювання режимів руху автотранспорту, влаштування відповідного покриття та укріплення узбіч для зниження пилоутворення тощо.

**13.2.13** При зберіганні, транспортуванні, застосуванні та при здійсненні робіт із використанням геосинтетичних матеріалів не відбувається забруднення води, ґрунту, а також надходження канцерогенних та мутагенних речовин в навколишнє природне середовище.

**ДОДАТОК А**  
**(довідковий)**

**ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Таблиця А.1** – Фізико-технічні властивості геосинтетичних матеріалів для армування основи насипу автомобільних доріг

Вид матеріалу	Міцність на розтяг, кН/м, згідно з СОУ 45.2-00018112-025				Видовження при розтягу, %, згідно з СОУ 45.2-00018112-025		Міцність при статичному проколюванні плунжером, кН		Розмір пор $O_{90w}$ , мм	Пробивання конусом, мм		Ширина рулону, м	Довжина рулону, м	Площа рулону, м <sup>2</sup>	Матеріал волокон
	вздовж	допустимий відхил	поперек	допустимий відхил	вздовж	поперек	середнє значення	допустимий відхил		середнє значення	допустимий відхил				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ГТ.Тк.-1	55	-5	55	-5	9±3	9	4	-2	1,3±1	35	+10	3,5; 4,5	100	350; 450	Поліефір
ГТ.Тк.-2	110	-10	55	-5	10±2	10±2	6	-2	0,65±0,25	20	+5				
ГТ.Тк.-3	160	-10	55	-5	11±3	10±2	7	-2	0,8±0,3	27	+7				
ГТ.Тк.-4	160	-10	160	-10	10±2	10±2	16	-5	0,4±0,2	12	+3				
ГТ.Тк.-5	220	-20	55	-5	10±2,5	10±2,5	11	-3	0,4±0,2	19	+4				
ГТ.Тк.-6	220	-20	220	-20	10±3	10±3	>10	-	0,46±0,13	17	+5				
ГР.Тк.-7	45	-5	45	-5	12,5±2,5	12,5±2,5	-	-	-	-	-	5	100	500	Поліетилентетрафталат, з ПВХ покриттям
ГР.Тк.-8	60	-5	35	-5	13±2,5	13±2,5	-	-	-	-	-				
ГР.Тк.-9	90	-10	35	-5	12,5±3,5	12,5±3,5	-	-	-	-	-				
ГР.Тк.-10	130	-20	35	-5	13±2,5	13±2,5	-	-	-	-	-				

## Кінець таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ГР.Тк.-11	170	-20	55	-5	13±2,5	13±2,5	-	-	-	-	-	5	100	500	Поліетилентетрафталат, з ПВХ покриттям
ГР.Тк.-12	60	-5	35	-5	5±1	6±1	-	-	-	-	-	5	100	500	Полівініловий спирт, з ПВХ покриттям
ГР.Тк.-13	90	-10	35	-5	6±2	6±2	-	-	-	-					
ГР.Тк.-14	90	-10	90	-10	5±1	6±1	-	-	-	-					
ГР.Тк.-15	130	-20	35	-5	6±2	6±2	-	-	-	-					
ГР.Тк.-16	170	-20	170	-20	6±1	6±1	-	-	-	-					
ГР.Е.-17	13	-	20,5	-	16	13	-	-	-	-	-	4	100	400	Поліпропілен
ГР.Е.-18	20	-	20	-	11	10	-	-	-	-	-		100	400	
ГР.Е.-19	17,5	-	31,5	-	12	10	-	-	-	-	-		75	300	
ГР.Е.-20	30	-	30	-	11	10	-	-	-	-	-		75	300	
ГР.Е.-21	40	-	40	-	11	11	-	-	-	-	-		50	200	

**Таблиця А.2** – Фізико-технічні властивості геосинтетичних матеріалів для армування та стабілізації укосів

Вид матеріалу	Міцність на розтяг, кН/м, згідно з СОУ 45.2-00018112-025				Видовження при розтягу, %, згідно з СОУ 45.2-00018112-025		Ширина рулону, м	Довжина рулону, м	Площа рулону, м <sup>2</sup>	Матеріал волокон
	вздовж	допустимий відхил	поперек	допустимий відхил	вздовж	поперек				
ГР.Тк.-1	45	-5	45	-5	12,5±2,5	12,5±2,5	5	100	500	Поліетилентетрафталат, з ПВХ покриттям
ГР.Тк.-2	60	-5	35	-5	13±2,5	13±2,5				
ГР.Тк.-3	90	-10	35	-5	12,5±3,5	12,5±3,5				
ГР.Тк.-6	60	-5	35	-5	5±1	6±1	5	100	500	Полівініловий спирт, з ПВХ покриттям
ГР.Тк.-7	90	-10	35	-5	6±2	6±2				
ГР.Тк.-8	90	-10	90	-10	5±1	6±1				
ГР.Е.-11	45				11,5		1	100	100	Поліетилен високого тиску
ГР.Е.-12	60				13			75	75	
ГР.Е.-13	90				13			50	50	

**Таблиця А.3 – Фізико-технічні властивості геосинтетичних матеріалів для фільтруючих прошарків**

Вид матеріалу	Міцність на розтяг, кН/м, згідно з СОУ 45.2-00018112-025		Видовження при розтягу, %, згідно з СОУ 45.2-00018112-025		Середня міцність при статичному проколванні плунжером, кН	Розмір пор $O_{90w}$ , мкм	Пробивання конусом, середнє значення, мм	Ширина рулону, м	Довжина рулону, м	Площа рулону, м <sup>2</sup>	Матеріал волокон
	вздовж	поперек	вздовж	поперек							
ГТ.Н.Т.-1	8,5		52		1,18	135	35	5,2; 4,5	150; 100	780; 520; 450	Поліпропілен
ГТ.Н.Т.-2	9		52		1,34	120	30				
ГТ.Н.Т.-3	12,6		55		1,74	90	32				
ГТ.Н.ГП (Т)-4	10	10	45	50	1,7	90	28	5	100	500	Поліпропілен
ГТ.Н.ГП (Т)-5	13	13	45	50	2,2	90	22				
ГТ.Н.ГП.-6	4,8	9,6	70	70	1,0	130	26	2,5; 5	100	250; 500	Поліпропілен
ГТ.Н.ГП.-7	7,3	10,6	80	85	1,5	100	18				

**Таблиця А.4 – Фізико-технічні властивості геосинтетичних матеріалів для дренажних систем**

Вид матеріалу	Міцність на розтяг, кН/м, згідно з СОУ 45.2-00018112-025		Видовження при розтягу, %, згідно з СОУ 45.2-00018112-025		Міцність при статичному проколванні плунжером, кН	Розмір пор $O_{90w}$ , мкм	Пробивання конусом, мм	Ширина рулону, м	Довжина рулону, м	Площа рулону, м <sup>2</sup>	Матеріал волокон
	вздовж	поперек	вздовж	поперек							
ГТ.Н.Т.-1	8,5		52		1,18	135	35	5,2; 4,5	150; 100	780; 520; 450	Поліпропілен
ГТ.Н.Т.-2	9		52		1,34	120	30				
ГТ.Н.Т.-3	10,3		52		1,575	100	27				
ГТ.Н.Т.-4	12,6		55		1,74	90	32				
ГТ.Н.ГП (Т)-5	10	10	45	50	1,7	90	28	5	100	500	
ГТ.Н.ГП (Т)-6	13	13	45	50	2,2	90	22				
ГТ.Н.ГП (Т)-7	12	12	45	50	2,0	80	25				
ГТ.Н.ГП.-8	4,8	9,6	70	70	1,0	130	26	2,5; 5	100	250; 500	
ГТ.Н.ГП.-9	6,4	9,8	70	80	1,2	130	20				
ГТ.Н.ГП.-10	7,3	10,6	80	85	1,5	100	18				

**Таблиця А.5** – Фізико-технічні властивості геосинтетичних матеріалів для розділення зернистих шарів

Вид матеріалу	Міцність на розтяг, кН/м, згідно з СОУ 45.2-00018112-025		Видовження при розтягу, %, згідно з СОУ 45.2-00018112-025		Міцність при статичному проколванні плунжером, кН	Розмір пор $O_{90\%}$ , мкм	Пробивання конусом, мм	Ширина рулону, м	Довжина рулону, м	Площа рулону, м <sup>2</sup>	Матеріал волокон
	вздовж	поперек	вздовж	поперек							
ГТ.Н.Т.-1	7,1	8,5	55	55	1,18	135	35	5,2; 4,5	150; 100	780; 520; 450	Поліпропілен
ГТ.Н.Т.-2	9	12	55	55	1,34	120	30				
ГТ.Н.Т.-3	12,8	20,0	52	52	1,74	90	32				
ГТ.Н.ГП (Т)-4	10	10	45	50	1,7	90	28	5	100	500	Поліпропілен
ГТ.Н.ГП (Т)-5	13	13	45	50	2,2	90	22				
ГТ.Н.ГП.-6	4,8	9,6	70	70	1,0	130	26	2,5; 5	100	250; 500	Поліпропілен
ГТ.Н.ГП.-7	7,3	10,6	80	85	1,5	100	18				

**Таблиця А.6** – Фізико-технічні властивості геосинтетичних матеріалів для протиерозійного захисту укосів

Вид матеріалу	Поверхнева щільність матеріалу, г/м <sup>2</sup>	Ширина рулону, м	Довжина рулону, м	Площа рулону, м <sup>2</sup>	Матеріал волокон
ГМт.-1	260	1	150	150	Поліамід
ГМт.-2	290		120	120	
ГМт.-3 з точковими фільтрами	220	5,3	100	530	Поліамід
ГМт.-4 з точковими фільтрами	290	5,3	100	530	
ГМт.-5 з дистанційними перегородками	150	3,75	100	375	Поліамід; поліетилентетрафталат
ГМт.-6 з дистанційними перегородками	220	3,75	100	375	
ГМт.-7 з дистанційними перегородками	500	3,75	100	375	
ГМт.-8 з дистанційними перегородками	750	3,75	100	375	

Таблиця А.7 – Фізико-технічні властивості армуючих синтетичних матеріалів

Вид матеріалу	Міцність на розтяг, кН/м, згідно з СОУ 45.2-00018112-025			Видовження при розтягу, %, згідно з СОУ 45.2-00018112-025			Розмір вічок, мм	Ширина рулону, м	Довжина рулону, м	Площа, м <sup>2</sup>	Матеріал волокон
	вздовж	поперек	допустимий відхил	вздовж	поперек	допустимий відхиле					
АСМ - 1	45	45	-5	10	10	±3,5	20 x 20; 35 x 35	5	100	500	Високоміцний поліетилентетрафталат
АСМ - 2	55	55	-5	10	10	±3,5					
АСМ - 3	110	110	-10	14,5	14,5	±2,5					
АСМ - 4	55	55	-5	4	4	±1,5		5	100	500	Полівініловий спирт
АСМ - 5	110	110	-10	4	4	±1,5					

Таблиця А.8 – Фізико-технічні властивості для типових скляних та базальтових армуючих матеріалів

Параметр	Один. вимір.	Значення	Метод випробувань згідно з
Міцність на розтяг	кН/м	100	СОУ 45.2-00018112-025
Видовження в момент розриву	%	5	СОУ 45.2-00018112-025
Поверхнева щільність	г/м <sup>2</sup>	370	ДСТУ EN ISO 9864



**Таблиця А.9** – Фізико-технічні властивості для типових геограток полімерних жорстких тривісноорієнтованих

Вид матеріалу	Міцність на розтяг, кН/м, згідно з СОУ 45.2-00018112-025			Видовження при розтягу, %, згідно з СОУ 45.2-00018112-025			Розмір вічок, мм	Ширина рулону, м	Довжина рулону, м	Площа, м <sup>2</sup>	Матеріал волокон
	вздовж	поперек	допустимий відхил	вздовж	поперек	допустимий відхил					
ГР.Т - 1	22	22	-3	12	12	±3,0	Шестигранні з розміром ребра 46x46x46 мм	4	75	300	тривісна геогратка із поліпропілену
ГР.Т - 2	35	35	-5	12	12	±3,5		4	50	200	

**Примітки.**

1. Ребра й вузли мають однакову міцність, гнізда - правильну трикутну форму.
2. Модуль пружності геограток полімерних жорстких тривісноорієнтованих (ГР.Т) становить при подовженні 5%,  $E=350 \pm 30$  кН/м, а при подовженні 2% -  $E=450 \pm 40$  кН/м.

## ДОДАТОК Б (довідковий)

### ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОСИНТЕТИКІВ

#### Б.1 Номінальні характеристики геосинтетиків

##### Б.1.1 Наведена нижче методика застосовується:

1) для перевірки допустимих значень технічних характеристик геосинтетиків, встановлених при фабричному контролі якості на виробництві та встановлення толерантних меж властивостей геосинтетичних матеріалів.

2) при проектуванні дорожніх конструкцій із заданою надійністю.

3) в процесі вибору геосинтетичних матеріалів для конкретних умов використання, коли виникає необхідність у порівнянні характеристик з врахуванням досягнутого рівня якості.

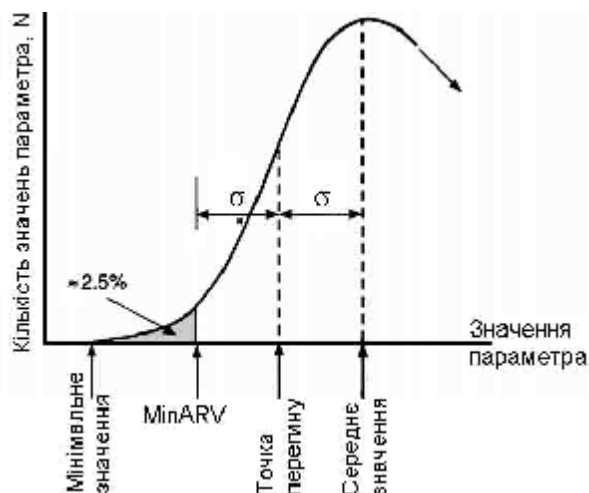
**Б.1.2** В технічній документації, якою супроводжують геосинтетик, та в проектній документації, яка є основою для вибору геосинтетика, характеристики матеріалів приведені середні значення, допустимі відхилення або MinARV та MaxARV величини:

– MinARV (рисунок Б.1):

$$MinARV = \bar{X} - 2s, \quad (Б.1)$$

де  $\bar{X}$  – середнє значення;

$s$  – середньоквадратичне відхилення;



**Рисунок Б.1** – Геометрична інтерпретація номінальної характеристики геосинтетиків MinARV

– MaxARV:

$$MaxARV = \bar{X} + 2s, \quad (Б.2)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (X_i), \tag{Б.3}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (X_i \times \bar{X})^2}. \tag{Б.4}$$

де  $n$  – кількість випробувань.

**Б.1.3** За статистикою значення MinARV вказує на те, що з серії випробувань кількість результатів, які менші ніж номінальне значення MinARV, становитимуть 2,5 %. Наприклад, в рулоні матеріалу, який випробовують на міцність при розтягненні, не більше ніж 2,5 % зразків мають міцність меншу ніж MinARV, яку регламентують технічною та проектною документаціями.

**Б.1.4** Значення MaxARV вказує на межу, яку матимуть не більше ніж 2,5 % випробуваних зразків. Наприклад, при випробуваннях на фільтруючу здатність параметр  $O_{90}$  лише для 2,5 % зразків перевищить MaxARV.

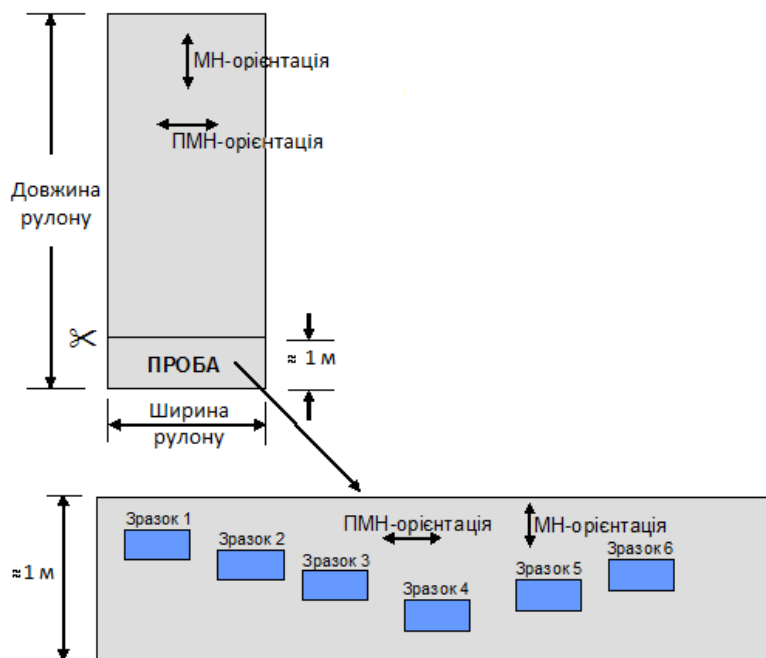
**Б.2** Відбір зразків для випробувань:

1) встановлюють загальну кількість рулонів  $N_{\Sigma}$  відповідного геосинтетика в партії, яка поставлена на об'єкт будівництва за проектом та нормативними документами.

2) визначають кількість рулонів  $n$ , з яких необхідно відібрати проби для лабораторних випробувань:

$$N = \sqrt[3]{N_{\Sigma}} \tag{Б.5}$$

3) з кількості рулонів  $N$ , вибраних випадковим чином, відбирають проби відповідності до вимог ДСТУ EN ISO 9862, [8], з яких пізніше вирізають зразки заданих розмірів згідно з рисунком Б.2.



**Рисунок Б.2** – Схема відбору проб геосинтетичного матеріалу на об'єкті

## **ГБН В.2.3-37641918-544:2014**

4) кількість зразків для кожного методу випробувань і їх підготовка повинні відповідати вимогам ДСТУ EN ISO 9862, [8].

5) випробування зразків виконують в лабораторних умовах згідно з [8] для геотекстилів та [9] для АСМ; на об'єкті – [5].

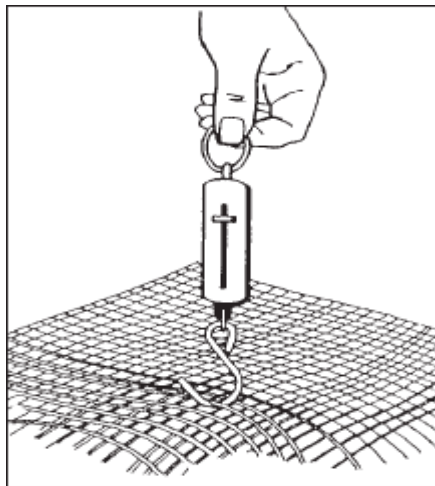
**ДОДАТОК В**  
**(обов'язковий)**

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ЗЧЕПЛЕННЯ АСМ З ОСНОВОЮ**  
**МАТЕРІАЛІВ З ОСНОВОЮ**

**В.1** Визначення сили зчеплення АСМ з основою виконується при оцінці якості зчеплення між шарами та уточненні норм розливу підґрунтовки.

**В.2** Методика включає такі операції:

- 1) вирізання зразка АСМ розміром приблизно 1 м<sup>2</sup>;
- 2) вкладання зразка на ділянці автомобільної дороги, де буде влаштовуватися армуючий шар з підсиленням, за відповідною технологією влаштування шару;
- 3) приклеювання АСМ прикочуванням гумовим роликом або проїздом шин легкового автомобіля або двома-трьома проходами легкого котка на пневмоколісному ході. Шини повинні бути чистими, щоб уникнути прилипання та піднімання ґраток;
- 4) закріплення гаком ручних ваг в центрі зразка АСМ, захопивши від 2 до 4 ребр АСМ в залежності від розміру вічок, по основі та утоку згідно з рисунком В.1;



**Рисунок В.1** – Схема визначення сили зчеплення АСМ з основою дорожнього одягу

5) рівномірне піднімання вгору ручки ваг до тих пір, поки від поверхні основи не почне відриватися 5% геосинтетику;

6) зафіксування сили відриву  $F$ , яка для забезпечення достатнього зчеплення повинна становити не менше ніж 5 кгс;

7) при зусиллі відриву менше ніж 5 кгс, АСМ не допускається використовувати для улаштування армуючого прошарку, через незадовільне прилипання. Для збільшення зчеплення регулюють витрату бітуму або використовують модифіковані в'язучі.

**ДОДАТОК Г**  
**(обов'язковий)**

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ**  
**МОНОЛІТНИХ ШАРІВ, АРМОВАНИХ АСМ**

**Г.1** При розрахунку товщини посилення згідно з 11.3.3 багат шарову конструкцію існуючого дорожнього одягу, для якого проектується посилення, приводять до більш простої двошарової моделі. При цьому всі зв'язані шари приводять до одного шару, еквівалентного за жорсткістю (формули Г.1 – Г.6 для трьохшарового покриття та формули Г.7 – Г.12 для двошарового).

**Г.1.1 Приведення покриття з трьох монолітних шарів до однорідного шару, еквівалентного за жорсткістю**

**Г.1.1.1** Циліндричну жорсткість трьохшарової конструкції  $D_{III}$  визначають згідно з формулою (Г.1):

– при повному зчепленні між шарами:

$$D_{III} = \frac{\sum_{i=1}^3 (E_i \times h_i^3)}{12} + \Delta_{III}, \quad (\text{Г.1})$$

де:

$$\Delta_{III} = \frac{E_1 \times E_2 \cdot h_1 \times h_2 \cdot (h_1 + h_2)^2 + E_1 \times E_3 \times h_1 \times h_3 \times (h_1 + 2 \times h_2 + h_3)^2 + E_2 \times E_3 \times h_2 \times h_3 \times (h_2 + h_3)^2}{4 \times (E_1 \times h_1 + E_2 \times h_2 + E_3 \times h_3)}, \quad (\text{Г.2})$$

**Г.1.1.2** Модуль пружності шару асфальтобетону з врахуванням поперечного розширення:

$$E_i = \frac{E'_i}{(1 - \mu_i^2)}, \quad (\text{Г.3})$$

де  $E'_i$  – модуль пружності матеріалу  $i$  – го шару дорожнього одягу, МПа;

$\mu_i$  – коефіцієнт Пуассона матеріалу  $i$  – го шару;

$h_i$  – товщина  $i$  – го шару, м.

– за відсутності зчеплення між шарами асфальтобетону коли підгрунтовка відсутня або шари не зв'язані один з одним ("слизький контакт"):  $\Delta_{III} = 0$ ).

**Г.1.1.3** Відстань від верху покриття до нейтральної площини  $d_{III}$  визначають згідно з формулою (Г.4):

$$d_{III} = \frac{h_1}{2} + \frac{E_2 \times h_2 \times (h_1 + h_2) + E_3 \times h_3 \times (h_1 + 2 \times h_2 + h_3)}{2 \times (E_1 \times h_1 + E_2 \times h_2 + E_3 \times h_3)}. \quad (\text{Г.4})$$

**Г.1.1.4** Ефективний модуль пружності однорідного шару  $E$ , що замінює реальну конструкцію із трьох шарів  $E_{III}^{одн}$ , визначають згідно з формулою (Г.5):

$$E_{III}^{одн} = \frac{D_{III} \times (1 - m_{cp}^2) \times 12}{(h_1 + h_2 + h_3)}; \quad E = E_{III}^{одн}, \quad (\text{Г.5})$$

де  $\mu_{cp}$  – середнє значення коефіцієнту Пуассона пакету із трьох шарів:

$$m_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^3 m_i \times h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i}. \quad (\text{Г.6})$$

**Г.1.1.5** При кількості монолітних шарів більше чотирьох допускається приведення до трьохшарової системи з осередненням модуля пружності шарів із значеннями модуля пружності асфальтобетону, що відрізняються не більше ніж на 20%:

$$E_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i}. \quad (\text{Г.7})$$

## **Г.1.2 Приведення двошарового покриття до однорідного шару, еквівалентного за жорсткістю**

**Г.1.2.1** Циліндричну жорсткість двошарової конструкції  $D_{II}$  визначають згідно з формулою (Г.7):

$$D_{II} = \frac{E_1 \times h_1^3 + E_2 \times h_2^3}{12} + \frac{1}{4} \frac{E_1 \times E_2 \times h_1 \times h_2 \times (h_1 + h_2)^2}{(E_1 \times h_1 + E_2 \times h_2)}, \quad (\text{Г.7})$$

де  $E_1$  – модуль пружності верхнього шару асфальтобетону, МПа;

$E_2$  – модуль пружності нижнього шару асфальтобетону, МПа;

$h_1$  – товщина верхнього шару, м;

$h_2$  – товщина нижнього шару, м;

$E_1'$  – модуль пружності асфальтобетону верхнього шару дорожнього одягу:

$$E_1' = \frac{E_1'}{(1 - m_1^2)}, \quad (\text{Г.8})$$

де  $\mu_1$  – коефіцієнт Пуассона верхнього шару;

$E_2'$  – модуль пружності асфальтобетону нижнього шару дорожнього одягу:

$$E_2 = \frac{E_2'}{(1 - \mu_2^2)}, \quad (\text{Г.9})$$

де  $\mu_2$  – коефіцієнт Пуассона нижнього шару.

**Г.1.2.2** Відстань від верху покриття до нейтральної площини  $\delta_{II}$  визначають згідно з формулою (Г.10):

$$d_{II} = \frac{h_1}{2} + \frac{E_2 \times h_2 \times (h_1 + h_2)}{2 \times (E_1 \times h_1 + E_2 \times h_2)}. \quad (\text{Г.10})$$

**Г.1.2.3** Приведений ефективний модуль пружності  $E_{II}^{i\ddot{a}i}$ , однорідного пакету із двох шарів визначають згідно з формулою (Г.11):

$$E_{II}^{o\ddot{a}n} = \frac{D_{II} \times (1 - m_{cp}^2) \times 12}{(h_1 + h_2)}; \quad E = E_{II}^{o\ddot{a}n}, \quad (\text{Г.11})$$

де середнє значення коефіцієнту Пуассона:

$$m_{cp} = \frac{m_1 \times h_1 + m_2 \times h_2}{h_1 + h_2}. \quad (\text{Г.12})$$

**Г.1.2.4** Визначені значення ефективного модуля пружності пакету шарів дорожнього одягу  $E$ , МПа, використовують при розрахунку коефіцієнтів інтенсивності напружень (див. 12.3.2 формули 12.10 – 12.12 цих будівельних норм).



**ДОДАТОК Д**  
**(обов'язковий)**

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ОСНОВИ ПРИ**  
**АРМУВАННІ ГЕОСОТАМИ**

**Д.1** Для розрахунку несучої здатності основи дорожнього одягу або ґрунту земляного полотна без армування геосотами використовують формулу (К. Терцагі) (Д.1):

$$p = c \times N_c \times x_c + q \times N_q \times x_q + 0,5 \times g \times B \times N_g \times x_g, \quad (\text{Д.1})$$

де  $p$  – максимальна несуча здатність (максимальне вертикальне напруження, рівне розподіленому тиску на контактї ґрунту земляного полотна з виступами протектора колеса транспортного засобу, що діє на конструкцію), кН/м;

$c$  – питоме зчеплення ґрунту (рівне нулю, якщо для засипання використовують незв'язний, сипкий ґрунт, наприклад, пісок);

$N_c, N_q, N_g$  – коефіцієнти несучої здатності, які є функціями від  $\varphi$  – кута внутрішнього тертя ґрунту; що визначають за таблицею Д.1 (значення  $\varphi$  приймають згідно з [5]);

**Таблиця Д.1** – Коефіцієнти несучої здатності  $N_c, N_q, N_g$

Кут внутрішнього тертя $\varphi$ , град.	Коефіцієнти несучої здатності ґрунту в формулах авторів								
	К. Терцагі (Ж.1)			Мейергофа (Ж.5)			Како-Корізеля (Ж.6)		
	$N_g$	$N_c$	$N_q$	$N_g$	$N_c$	$N_q$	$N_g$	$N_c$	$N_q$
0	0,0	5,7	1,0	0,0	5,14	1,0	0,0	5,14	1,0
5	0,5	7,3	1,6	0,1	6,49	1,6	-	-	-
10	1,2	9,6	2,7	0,4	8,34	2,5	1,6	8,34	2,49
15	2,5	12,9	4,4	1,1	10,97	3,9	2,98	10,98	4,02
20	5,0	17,7	7,4	2,9	14,83	6,4	5,69	14,83	6,66
25	9,7	25,1	12,7	6,8	20,71	10,7	11,2	20,72	11,45
30	19,7	37,2	22,5	15,7	30,13	18,4	22,7	30,1	20,4
35	42,4	57,8	41,4	37,75	46,30	33,55	49,1	46,1	38,6
40	100,4	172,9	81,3	93,6	75,25	34,1	114,0	75,3	79,0

**Примітка:** В розрахунках несучої здатності ґрунтової основи значення коефіцієнтів  $N_g, N_c, N_q$  визначають за фактичним значенням кута внутрішнього тертя  $\varphi$  за інтерполяцією.

$\xi_c, \xi_q, \xi_g$  – коефіцієнти форми, використовуються для врахування відмінності допустимої плоскої деформації при розрахунку теорії пружності, що визначають за формулами відповідно Д.2, Д.3 та Д.4:

$$x_g = 1 - \frac{b}{4L}, \quad (\text{Д.2})$$

$$x_q = 1 + \frac{3b}{2L}, \quad (\text{Д.3})$$

$$x_c = 1 + \frac{3b}{10L}, \quad (Д.4)$$

де  $b$  та  $L$  – розрахункові розміри форми комірки геосота, відповідно ширина та довжина, м.

$q$  – тимчасове навантаження від ваги транспортних засобів, яке визначають за формулою (Д.6),  $\text{кН/м}^2$ ;

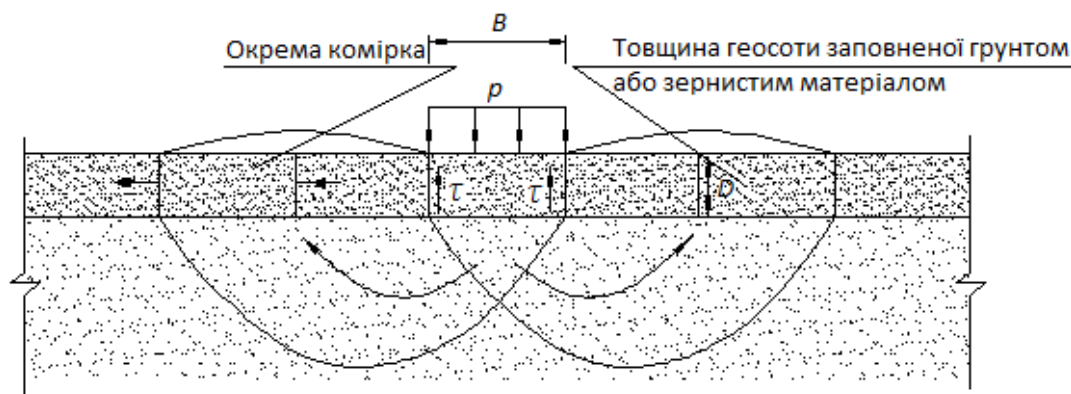
$\gamma$  – об’ємна (питома) вага ґрунту без геосотів,  $\text{кН/м}^3$ ;

$B$  – ширина навантаження, що діє на конструкцію, м.

**Д.2** При армуванні геосотами, згідно зі схемою наведеною на рис. Д.1, для розрахунку несучої здатності основи використовують формулу (Д.5):

$$p_{arm} = 2 \times t + c \times N_c \times x_c + q \times N_q \times x_q + 0,5 \times g \times B \times N_g \times x_g, \quad (Д.5)$$

де  $\tau$  – сила тертя між стінкою геосота і ґрунтом засипки (рис. Д.1), яку визначають за формулою (Д.7), МПа.



**Рисунок Д.1** – Розрахункова схема для визначення несучої здатності основи армованої геосотами

**Д.3** Тимчасове навантаження  $\bar{q}$  від ваги транспортних засобів, яке визначають за формулою (Д.6):

$$\bar{q} = g \times D, \quad (Д.6)$$

де  $D$  – товщина засипки рівна висоті заповнення комірки геосота.

**Д.4** Міцність на зсув  $\tau$  між стінкою геосота і ґрунтом засипки, для сипучого ґрунту, що визначають за формулою (Д.7):

$$t = \sigma_h \times \text{tg} d, \quad (Д.7)$$

де  $\sigma_h$  – середнє горизонтальне напруження в геокмірці, що визначають за формулою (Д.8):

$\delta$  – кут внутрішнього тертя між ґрунтом і стінкою геосоти (приймають від  $10^\circ$  до  $25^\circ$  між піском і геомембраною; від  $20^\circ$  до  $30^\circ$  між піском і геотекстилем; від  $30^\circ$  до  $45^\circ$  між піском і геогратками, причому більше значення кута внутрішнього тертя приймається для крупнозернистих пісків і менше для дрібнозернистих).

**Д.5** Середнє горизонтальне напруження в геосотах  $\sigma_h$ , що визначають за формулою (Д.8):

$$(\sigma_h \approx p \times K_a), \quad (\text{Д.8})$$

де  $p$  – вертикальний тиск прикладений від колеса транспортного засобу (інтенсивність дії навантаження), МПа;

$K_a$  – активний тиск ґрунту, який визначають за формулою (Д.9):

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{j}{2}\right), \quad (\text{Д.9})$$

де  $j$  – кут внутрішнього тертя ґрунту, град.

**Д.6** Несучу здатність основи, в МПа, що визначають за формулою Мейєргофа (Д.10):

$$p = c \times N_c \times x_c \times D_c + \bar{q} \times N_q \times x_q \times D_q + 0,5 \times g \times B \times N_g \times x_g. \quad (\text{Д.10})$$

**Д.7** Несуча здатність основи, в МПа, що визначають за формулою Како-Корізея (Д.11):

$$p = 0,5 \times g \times B \times N_g + c \times N_c + g \times D_q \times N_q. \quad (\text{Д.11})$$

**Д.8** Отримані значення несучої здатності основи дорожнього одягу або ґрунту земляного полотна без армування  $p$  та з армуванням геосотами  $p_{arm}$  мають бути меншими від розрахункового опору ґрунту і основи, визначеної згідно з ДБН В.2.1-10. При невиконанні цієї умови потрібно замінити ґрунт засипки або вибрати геосоти більшої товщини.

**Д.9** Ефективність армування  $K_f$  визначається за формулою (Д.12):

$$K_f = \frac{P}{P_{adi}}. \quad (\text{Д.12})$$

**Д.10** Використання геоматів дозволяє значно підвищити несучу здатність основи.

**ДОДАТОК Е**  
**(обов'язковий)**

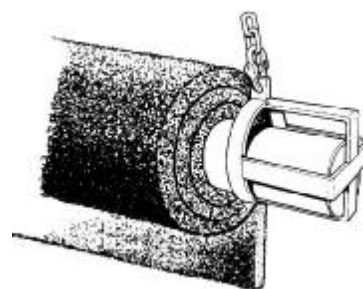
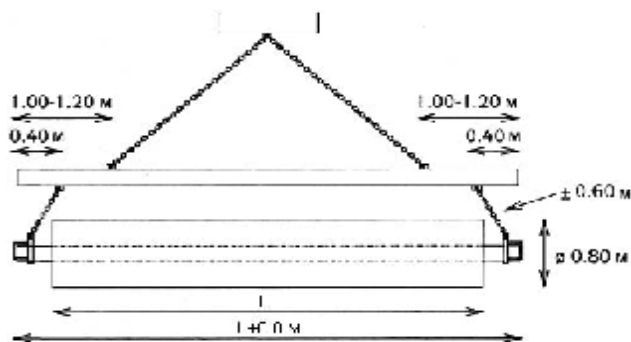
**ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Е.1** Умови транспортування, розвантаження і зберігання геосинтетичних матеріалів

**Е.1.1** Умови транспортування, розвантаження і зберігання геосинтетичних матеріалів повинні відповідати вимогам нормативних документів на відповідні матеріали.

**Е.1.2** Рулони матеріалів потрібно транспортувати і зберігати на сухій, чистій і рівній поверхні, горизонтально вкладеними; місце для зберігання повинно бути вільним від гострих предметів.

**Е.1.3** При розвантаженні чи навантаженні рулони не допускається перегинати; для розвантаження та вкладання важких рулонів слід застосовувати спеціальні траверси згідно з рисунком Е.1.



L – ширина рулону

а) Схема траверси

б) Схема захватів

**Рисунок Е.1** – Схема розташування траверси та захватів для розвантажування та укладання геосинтетичних матеріалів

**Е.1.4** Допустима висота складування рулонів геосинтетиків повинна відповідати вимогам нормативних документів на відповідні матеріали.

**Е.1.5** Рулони не допускається складувати навхрест.

**Е.1.6** Матеріали необхідно зберігати в оригінальному пакуванні; розпаковувати рулони необхідно безпосередньо перед укладанням (окрім проведення вхідного контролю якості продукції).

**Е.2** Геосинтетичний матеріал, який постачають на об'єкт будівництва, повинен пройти вхідний контроль на відповідність вимогам нормативних документів та законодавства. Матеріал, що за результатами вхідного контролю не відповідає вимогам нормативних документів та законодавства, повинен бути вивезений з об'єкта та замінений на відповідний.

**Е.3** Контролювання відповідності якості робіт із застосуванням геосинтетиків на об'єкті будівництва виконується у відповідності до ДБН А.3.1-5

і включає такі етапи:

1) перевірку відповідності підготовленої основи перед укладанням геосинтетичного матеріалу (стан ґрунту, рівень ґрунтових вод, коефіцієнт ущільнення, товщина шарів, умови дренажу тощо);

2) встановлення відповідності проекту якості ґрунту (вологість, густина, гранулометричний склад, модуль пружності ґрунту та шарів дорожнього одягу, їх міцність на зсув, вміст органічних речовин тощо);

3) відповідність технічних характеристик геосинтетичного матеріалу вимогам проектної документації.

**Е.4** При здійсненні технічного контролю потрібно:

1) вивчити та проаналізувати проектну та технічну документацію із застосування геосинтетичних матеріалів на об'єкті будівництва;

2) вивчити та проаналізувати план об'єкта будівництва;

3) отримати:

– документацію на геосинтетику у відповідності до вимог нормативних документів та законодавства;

– зразок матеріалу розміром (0,20 × 0,30) м. На зразок повинна бути прикріплена етикетка з назвою і маркою геосинтетики, умовною позначкою та реквізитами виробника і постачальника;

– протоколи випробувань геосинтетики з визначеними фізико-технічними характеристиками матеріалу та відхиленнями їх від середнього значення;

– інструкцію з вимогами щодо транспортування, розвантаження і зберігання матеріалу;

– документи, що підтверджують отримання матеріалу на об'єкті будівництва;

4) перевірити правильність зберігання рулонів геосинтетики і відсутність пошкоджень пакування на будівельному майданчику;

5) перевірити відповідність маркування та етикування рулонів завезеної партії матеріалів супровідним документам (Маркування і етикування геосинтетиків повинно відповідати вимогам ДСТУ EN 13249, технічним умовам та іншим нормативним документам виробника продукції);

6) вирізати з рулону два зразки розміром (0,15 × 0,15) м. Один зразок прикріплюють до копії технічних документів для порівняння з майбутніми партіями товару, інший відправляють для підтвердження відповідності завезеного геосинтетики проектному рішення;

7) оглянути рулони геосинтетичного матеріалу в кожній партії щоб упевнитися, що вони ідентичні, однорідні і не мають пошкоджень;

8) перевірити якість основи під укладання геосинтетики згідно з [4] для земляного полотна та ДБН В.2.3-4 для асфальтобетонних шарів;

9) безпосередньо перед укладанням полотен відібрати проби геосинтетики для лабораторних випробувань з випадково обраних рулонів згідно з додатком Б цих норм та ДСТУ EN 13249. Позначити МН-орієнтацію кожної проби і номер рулону, з якого проба відібрана;

10) перевірити рівність укладення полотен, величину напусків, якість

з'єднань і швів, відсутність пошкоджень. У визначених місцях відібрати зразки з'єднань для випробування. Пошкоджені місця перекрити геосинтетичним матеріалом з напуском від 0,25 м до 0,5 м в кожную сторону;

11) за необхідності перевірити геосинтетик на наявність пошкоджень при його засипанні щебенем фракції 70 мм та укоченні важкими котками. Для цього перед початком виконання робіт згідно з проектом виконують пробні вкладання геосинтетика, його засипання, ущільнення і екскавацію (видалення без пошкодження);

12) перевіряти наступні партії поставки матеріалів, порівняти з попередніми матеріалами та відбирати проби для випробувань.

**Е.5** Укладання геосинтетичного матеріалу в дорожню конструкцію здійснюють:

1) у відповідності з вимогами проекту технічних характеристик геосинтетичного матеріалу;

2) у відповідності з модулем пружності і/або коефіцієнтом ущільнення підготовленої основи під геосинтетиком та характеристиками матеріалу, що укладається над геосинтетиком;

3) з дотриманням технології вкладання геосинтетика в дорожню конструкцію;

4) із забезпеченням відсутності пошкоджень геосинтетиків під час укладання.

**ДОДАТОК Ж**  
**(довідковий)****Бібліографія**

1. СОУ 45.2-00018112-025:2007 Матеріали геосинтетичні. Методи випробувань
2. МР В.2.7-218-24729256-758:2009 Матеріали синтетичні для армування асфальтобетону. Методи випробування
3. EN ISO 10318:2005 Geosynthetics – Terms and definitions (Геосинтетики. Терміни і визначення)
4. ВБН В.2.3-218-171-2002 Споруди транспорту. Спорудження земляного полотна автомобільних доріг
5. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу
6. ГБН В.2.3-218-007:2012 Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування
7. ВБН В.2.7-218-185-2004 Будівельні матеріали. Приготування, зберігання та застосування бітумів, модифікованих полімерами
8. ВБН Г.1-218-050-2001 Міжремонтні строки експлуатації дорожніх одягів та покриттів на автомобільних дорогах загального користування
9. МР В.2.7-218-24729256-758:2009 Матеріали синтетичні для армування асфальтобетону. Методи випробування
10. ГБН В.2.3-218-551:2011 Споруди транспорту. Автомобільні дороги загального користування. Капітальний ремонт. Вимоги проектування
11. СОУ 45.2-00018112-006:2006 Безпека дорожнього руху. Порядок огороження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт з будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг
12. П Г.1-218-113:2011 Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України
13. ВБН В.2.3-218-189-2005 Споруди транспорту. Влаштування неукріплених та укріплених щебневих і гравійних шарів основ дорожніх одягів
14. МР 218-02070915-232-2003 Методика розрахунку нежорстких дорожніх одягів з армуючими прошарками
15. ВБН В.2.3-218-008-97 Споруди транспорту. Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів
16. Технічний регламент засобів індивідуального захисту, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 27.08.2008 № 761
17. Технічний регламент знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 25.11.2009 № 1262
18. EN 918:1995 Geotextiles and geotextile-related products – Dynamic perforation test (cone drop test) (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Випробування на динамічну перфорацію (Випробування падаючим конусом))

19. EN 12224:2000 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of the resistance to weathering (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Визначення погодостійкості)

20. EN 12225:2000 Geotextiles and geotextile-related products – Method of determining the microbiological resistance by soil burrial test (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Метод визначення мікробіологічної стійкості закопуванням у ґрунт)

21. EN ISO 9862:2005 Geosynthetics – Sampling and preparation of test specimens (Геосинтетики. Відбирання проб і готування зразків)

22. EN ISO 10319:2008 Geotextiles – Wide-width tensile test (Геотекстиль. Випробовування на міцність при розтягненні широкої смуги)

23. EN ISO 10321:2008 Geotextiles – Tensile test for joints/seams by wide-width method (Випробовування стиків/швів на міцність при розтягненні широкої смуги)

24. EN ISO 10722-1:1998 Geotextiles and geotextile-related products – Procedure for simulating damage during installation – Part 1: Installation in granular materials (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Методика моделювання пошкодження під час укладання. Частина 1: Укладання в зернистих матеріалах)

25. EN ISO 11058:1999 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of water permeability characteristics normal to the plane, without load (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Визначення характеристик водопроникності перпендикулярно до площини без навантажування)

26. EN ISO 12236:2006 Geotextiles and geotextile-related products – Static puncture test (CBR-test) (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Статичне випробовування на проколювання (CBR-випробування))

27. EN ISO 12956:1999 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of the characteristic opening size (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Визначення характерного розміру отворів)

28. EN ISO 12957-1:2005 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of the friction characteristics – Part 1: Direct shear test (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Визначення характеристик тертя. Частина 1: Випробовування прямим зсувом)

29. EN ISO 12957-2:2005 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of the friction characteristics – Part 2: Inclined plane test (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Визначення характеристик тертя. Частина 2: Випробовування нахиленим зсувом)

30. EN ISO 12958:1999 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of water flow capacity in their plane (Геотекстилі та віднесені до геотекстилю вироби. Визначення водопропускної здатності в їх площині)

31. EN ISO 13431:1999 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of tensile creep rupture behaviour (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Визначення поведінки повзучості при розтягненні і розриванні)



32. ASTM D 4355-07 Test Method for Deterioration of Geotextiles from Exposure to Ultraviolet Light and Water (Xenon-Arc Type Apparatus) (Метод випробування геотекстилів на деградацію під дією ультрафіолетового опромінення і води (на апараті типу ксенонової дуги))

33. ASTM D 4491-99 Test Method for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity (Метод випробувань геотекстилів на водопроникність за пермітивністю (перпендикулярно площині))

34. ASTM D 4632-08 Standard Test Method for Grab Breaking Load and Elongation of Geotextiles (Стандартний метод випробувань на грейферну міцність і видовження геотекстилів)

35. ASTM D 4751-04 Test Method for Determining Apparent Opening Size of a Geotextile (Метод випробування для визначення характерного розміру отворів геотекстилю)

36. ASTM D 4833-07 Test Method for Index Puncture Resistance of Geotextile, Geomembranes and Related Products (Метод випробувань геотекстилів, геомембран і віднесених до геотекстилю виробів на міцність до пробивання)



Код УКНД 93.080.20  
класифікаційні угруповання (згідно з ДК 004)

**Ключові слова:** дорожньо-будівельні матеріали, геотекстиль, армування і стабілізація укосів, фільтруючі прошарки, розділення зернистих шарів, протиерозійний захист, армування конструкцій дорожнього одягу.

Науковий керівник,  
гол.інженер ТОВ “Гідрозахист”,  
професор НТУ, д.т.н.

І.П.Гамеляк

Відповідальний виконавець,  
головний спеціаліст  
ТОВ “Гідрозахист”

І.Д.Боднар