

2. Ткачук С.Г. Теорія розмивів на мостових переходах., Донецьк- 2009, 200 с.
3. Уизем Д. Линейные и нелинейные волны., М-Мир 1977, 622 с.

УДК 625.72

А.Я.ХОМ'ЯК, канд. техн. наук, **С.К.ОМЕЛЬЧУК**, канд. техн. наук,
І.Б.ЩЕРБАН.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ В РАЙОНАХ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЯРІВ

В роботі розглядаються питання проектування доріг в районах розповсюдження ярів. Проаналізовані методи водовідведення в яружній місцевості при різних варіантах розташування дороги відносно яру. Виконані та проаналізовані розрахунки фільтраційних витрат при перетині яру дорогою.

В работе рассматриваются вопросы проектирования дорог в районах распространения оврагов. Проанализированы методы обеспечения водоотвода в овражистой местности при разных вариантах размещения дороги относительно оврага. Выполнены и проанализированы расчеты фильтрационных расходов при пересечении оврага дорогой.

Paper explores planning roads in the areas where ravines are widespread. Different methods of waste watering, depend on different cases how road is located against ravines, are analyzed. Calculation costs of filtration because of crossing ravine by the road are analyzed and compared.

Утворення ярів, що широко поширені в лісостеповій та степовій зонах України, особливо в районах розвитку лесових порід, є результатом водної ерозії. В Україні ерозією охоплено майже 12,5 млн. га сільськогосподарських угідь. Найнебезпечнішими щодо ерозії ґрунту є правобережжя Дніпра, Десни й Сіверського Дінця, межиріччя Дніпро - Південний Буг, Дністер - Прут, верхів'я Сіверського Дінця, Сейму, Донецький Кряж.

Яри завдають великої шкоди господарству:

розгалужуючись на площі своїми відвершками і просуваючись в глибину місцевості, вони знецінюють площу придатних земель;

засмічують продуктами розмиву долини рік, замулюють луки, а інколи перегороджують течію ріки, викликаючи піднімання води і затоплення долини;

Понижують рівень ґрунтових вод місцевості.

Під час свого розвитку яри проходять декілька стадій.

На першій стадії утворюється вимоїна або вибоїна, що має трикутний поперечний переріз. Дно її майже паралельне поверхні землі.

На другій стадії відбувається поглиблення вибоїни зі зменшенням поздовжнього похилу дна. Біля вершини створюється круча 5... 10 м заввишки. З часом вибоїна розширюється і її поперечний переріз набуває трапецеїдального характеру. До кінця другої стадії у нижній частині яру

утворюється транзитне русло, в межах якого розмив урівноважується приносом ґрунту. Біля гирла яру, де вода губить швидкість, відкладається конус виносу.

На третій стадії відбувається подальше зростання яру, внаслідок чого збільшується його поперечний переріз. Річний приріст довжини яру може досягати 10... 15 м. У цей самий час починають виникати відгалуження яру — відвершки. Розвиток яру відбувається до того часу, доки не досягне ґрунтових шарів, які не розмиваються, або водозбірний басейн не зменшиться до таких розмірів, коли завершиться розмив.

На четвертій стадії глибинна ерозія і підмив берегів поступово затухають, яр перестає рости, він перетворюється в балку. Схили приймають стійкі обриси і заростають травою.

Характерною особливістю ярів є значна крутість схилів (від 1 : 1 до вертикального). Розростаючись, яри розгалужуються. Діючі яри ростуть переважно за рахунок подовження їх внаслідок пересування вершини до вододілу. Найбільш інтенсивно розмивається ґрунт біля вершин яру і у відвершках. Глибина ярів коливається від кількох метрів до 100 м і більше, а довжина — від кількох десятків і сотень метрів до 10...25 км. Поздовжні похили ярів у нижній і середній частинах — 4... 10 %, а поблизу самої вершини можуть доходити до вертикального.

Розвитку ерозії сприяє знищення дерев і трави, що стримують ґрунт від розмиву, регулюють водний режим.

Вибір напрямку траси в яружній місцевості значною мірою визначається розташуванням населених пунктів, між якими має пройти дорога, планом яружної мережі. При цьому слід розрізняти три випадки.

Яр проходить вдовж дороги (рис.1). Не зважаючи на те, що схили розмиваються значно повільніше, ніж пересувається вершина, через деякий час яр починає загрожувати дорозі, особливо, якщо в її напрямку виростають відвершки, тож яр слід закріплювати.

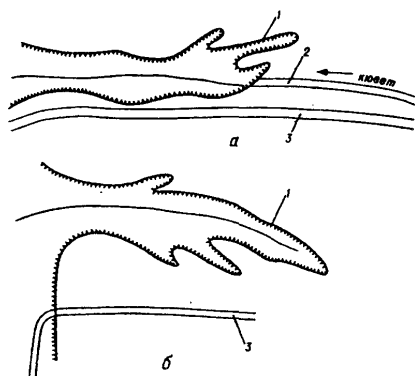


Рис. 1. Прокладення дороги вздовж яру з обов'язковим укріпленням від розмивання :
а — кювету; б — яру; 1 — яр; 2 — кювет; 3 — дорога

Дорога проходить вододілом між двома вершинами ярів (рис.2). Якщо не прийняти заходів щодо закріплення ярів і проти пересування вершин у бік дороги, то через деякий час яр почне руйнувати дорогу.

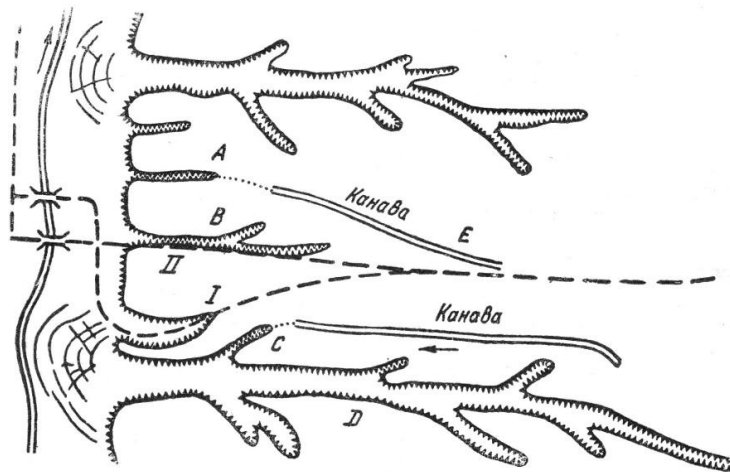


Рис.2. Прокладання дороги між ярами по варіанту I та прокладання дороги малим яром B по варіанту II :
A, B – малі яри ; C – відвершок ; D – великий яр ; E – водовідвідна канава

Яр перетинається дорогою (рис.3). Якщо яр вузький, то дорога прокладається в насипах із влаштуванням водоперепускних споруд. Щоб забезпечити дорогу та її споруди від пошкоджень та руйнування, треба закріпити весь яр, тобто зробити його недіючим. Якщо яр широкий і глибокий, то краще його обійти або спуститися трасою на дно схилами і перетнути русло водоперепускною спорудою. В цьому випадку, особливо при другому рішенні, також необхідне закріплення яру.

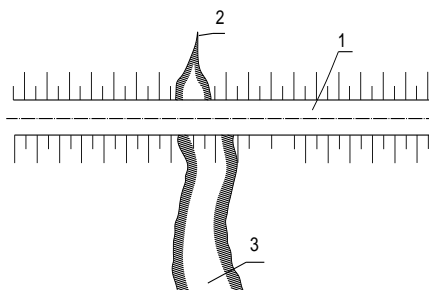


Рис. 3. – Яр перетинається дорогою :
1 - автомобільна дорога ; 2 – вершина яру ; 3 – яр.

Раціональний напрямок траси вибирається в залежності від конфігурації яружного району та категорії дороги .

Дороги вищих категорій слід прокладати, наближаючись до найкоротшого напрямку, що пов'язано з перетинанням ярів, але не слід допускати зайвих переходів через яри. Збільшення обсягів земляних робіт і кількості штучних споруд компенсується зменшенням вартості проїзної частини та скороченням дорожньо-транспортних витрат.

Дороги нижчих категорій (особливо сільські), слід проектувати з мінімальною кількістю перетинання ярів. Для цих доріг при виборі їхнього напрямку вирішальним фактором є вартість будівництва.

У випадку обходу яру трасу дороги розміщують на відстані 50... 100 м від його вершини або відвершка, передбачаючи заходи щодо укріплення яру. Розміщувати трасу поблизу вершини недоцільно, оскільки це пов'язано з додатковими роботами, направленими на захист земляного полотна і споруд від розмиву.

Складним випадком є розміщення дороги вздовж берега річки, в яку впадає яр. Дорога перетинає дуже нестійке місце — конус виносу яру, рельєф якого часто змінюється, причому дорога розмивається і заноситься в періоди танення снігу і дощів. Улаштування моста біля гирла яру через його мінливе русло часто ускладнюється. При великій інтенсивності відкладень нанесень отвір штучної споруди може бути занесений. Найдоцільніше перетинати яри вище конуса виносу в межах транзитної зони. Проте, якщо мілких ярів дуже багато, то, щоб не збільшувати довжину дороги, трасу прокладають через конуси виносів, передбачаючи влаштування підхідних русел і дамб для упорядкування протікання води, які направляють потік в отвір моста і запобігають розмиву земляного полотна, а також замуленню отворів.

Проектування штучних споруд автомобільних магістралей з інтенсивним рухом передбачає перетинання глибоких долин і ярів великими віадукми на рівні їх країв. В яружних районах на ділянках з великими поздовжніми похилами слід уважно ставитися до проектування закріплення бічних і водовідвідних каналів, які в пілуватих і суглинистих ґрунтах під час розмиву можуть перетворитися в яр, що зруйнує дорогу.

Утворення яру пов'язане з формуванням стоку до нього з усієї поверхні басейну води. Закріплення тільки вершини яру часто не запобігає його зростанню і не забезпечує захист дороги від нього. Тому доцільно впроваджувати комплексну систему протиерозійних заходів, яка поширюється на весь водозбірний басейн і призводить до уповільнення і зменшення стоку. Ця система включає протиерозійну профілактику, агротехнічні й агролісомеліоративні роботи, а також будівництво укріплювальних споруд.

При різних варіантах проходження дороги відносно яру, одним із важливих питань є укріплення яру та забезпечення водовідведення.

Проектування земляного полотна в місцевостях, уражених ярами, залежить від варіанту прокладання автомобільної дороги відносно яру.

При перших двох варіантах прокладання дороги, коли яр проходить вздовж дороги та дорога проходить вододілом між двома вершинами ярів, земляне полотно будується за типовими поперечними профілями в насипах.

Крутість укосів земляного полотна характеризується коефіцієнтом закладання, який визначають як відношення висоти укосу до його горизонтальної проекції. Крутість укосів для насипів до 3 м заввишки призначають 1:4 та на дорогах I...III категорій і 1:3 для насипів до 2 м заввишки на дорогах інших категорій. Якщо висота насипів 2...6 м,

крутість укосів залежить від типу ґрунту земляного полотна . Вздовж насипу улаштовують бічні водовідвідні канали на відстані не меншій 2м від подошви насипу . Якщо висота насипу понад 6 м , верхню його частину виконують з укосом крутістю від 1 : 1,3 до 1 : 1,75 , а нижню

від 1 : 1,3 до 1 : 2 . Крутість укосів високих насипів встановлюється в результаті індивідуального проектування .

При проектуванні земляного полотна у випадку, коли яр перетинається дорогою, перетин яру здійснюється в найбільш вузькому місці, перпендикулярно до загального його напрямку. При цьому, оскільки

відбувається затоплення яру, земляне полотно будується у вигляді греблі , яка суміщається із дорогою . Ширина греблі по верху рівна ширині земляного полотна дороги . Крутизна укосів приймається в залежності від висоти греблі та ґрунтів в основі насипу [1-3] .

Відсипають греблі з використанням місцевих ґрунтів – глин, суглинків, супісків.

Поперечні профілі насипної греблі відрізняється від поперечного профілю насипу більш пологими укосами . Крутість укосів греблі залежить від ґрунту, з якого вона будується, та від її висоти [1] .

В результаті проведених досліджень [4] отримані графіки, які дають можливість визначати коефіцієнт закладення укосів насипу в залежності від типу ґрунтів його основи, від висоти насипу, від типу ґрунтів тіла насипу.

При перетині яру дорогою необхідно забезпечувати укріплення як яру, так і укосів земляного полотна .

Заходи по укріпленню ярів сприяють зниженню і уповільненню притоку води до яру , закріпленню його русла . Для боротьби з ярами застосовують такі заходи, як: залісення яру, що зменшує руйнівну дію води і закріплює поверхню землі ; влаштування комплексу гідротехнічних споруд , що в свою чергу зменшують кількість і швидкість води , яка тече в яр ; будівництво укріплень , які захищають яр від розмивної дії води ; затоплення яру водоймищем внаслідок улаштування греблі .

Зупинення або ослаблення діяльності яру досягається укріпленням його вершини від розмиву. Вершину закріплюють, влаштовуючи перепади , швидкотоки, лійки. При невеликих різницях висот біля вершини або невеликих похилах яру біля вершини застосовують перепади всіх

розглянутих раніше конструкцій. Конструкції вибирають в залежності від наявності місцевих матеріалів та місцевих умов.

Якщо висота перепаду води дуже велика, застосовують шахтові водоскиди, в яких енергія падаючої води гаситься за допомогою водяної подушки на дні. Шахти (колодязі) споруджують кам'яними, бетонними, дерев'яними міцної конструкції. Замість перепадів можуть бути влаштовані швидкотоки, найпростіший з яких може бути укріпленням із дерну і фашин або з укріпленням із плетенів та каміння. Укіс вершини яру зрізають пологим похилом і на ньому влаштовують лоток з укріпленням дна і стінок. Такий лоток може бути застосований для малих витрат води.

При крутих укосах яру в вершині можуть бути влаштовані залізобетонні лійки (консольні перепади). При цьому потік підводиться горизонтальним або близьким до горизонтального лотком, який звіщується над укосом і вода скидається в водобійний пристрій.

В комплекс заходів по укріпленню ярів входить укріплення його укосів. При пологих укосах і невеликій кількості води поверхню їх можна покрити дерном, а в нижній частині укріпити мощенням або мощенням в клітку. У великих ярах укоси планують уступами (що зменшує швидкість збігаючої води) і засаджують кущами та деревами (терасування схилів).

Основним і надійним способом укріплення ярів є насадження на його схилах, в руслі і на водозбірній площадці кущів та дерев (залісення). Для цього застосовуються такі породи кущів та дерев, які швидко ростуть і мають широко розвинену кореневу систему. Цей захід в місцевостях з розвинутими ярами входить в загальний комплекс робіт з перетворення природи і проводиться місцевими організаціями. Рекомендується влаштовувати яружно – балкові лісонасадження у вигляді прияружних і прибалкових смуг шириною 20 – 50 м. На похилах ярів і балок повинні влаштовуватись суцільні насадження. Лісонасадження навкруги водойм, в тому числі і створених шляхом затоплення ярів, влаштовується шириною 10 – 20 м. Крім того рекомендуються руслові насадження на дні рік.

Найскладнішим випадком взаємного розташування дороги та ярів є перетин яру дорогою, при якому земляне полотно виконує функцію земляної греблі. З метою визначення об'ємів фільтрації через земляну греблю для різних категорій доріг та різних типів ґрунтів були виконані відповідні розрахунки. На рис. 4 наведена розрахункова схема фільтрації через однорідну земляну греблю.

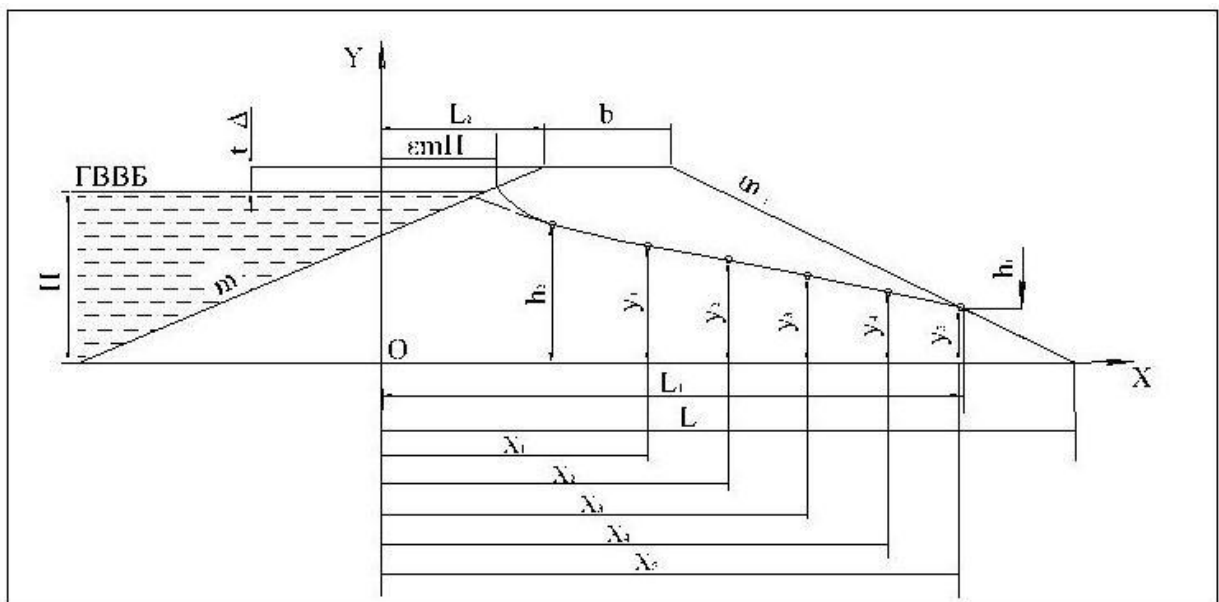


Рис. 4. Розрахункова схема фільтрації через однорідну земляну греблю
ГВВБ – горизонт води верхнього б'єфу

Розрахунок фільтрації зводиться до побудови кривої депресії та визначення фільтраційної витрати на 1 пог. м греблі і визначення загальної фільтраційної витрати через тіло греблі.

Для розрахунків використовувалися рівняння побудови кривих депресії, запропоновані Е.А. Замариним [2]:

$$L = \varepsilon m H + (t + \Delta)m + b + (H + t + \Delta)m_1, \quad (1)$$

$$L_2 = \varepsilon m H + (t + \Delta)m, \quad (2)$$

$$h_1 = \frac{L}{m_1} - \sqrt{(L/m_1)^2 - H^2}, \quad (3)$$

$$L_1 = L - m_1 h_1, \quad (4)$$

$$h_2^2 = H^2 - \frac{H^2 - h_1^2}{L_1} L_2, \quad (5)$$

$$y^2 = H^2 - \frac{H^2 - h_1^2}{L_1} x_1, \quad (6)$$

$$\frac{q}{k} = \frac{H^2 - h_1^2}{2L_1}, \quad (7)$$

$$\frac{q}{k} = \frac{H^2 - y^2}{2x}, \quad (8)$$

де h_1 - ордината кривої депресії в місці виходу її на низовий укіс, м;

L – відстань від підоснови низового укосу до осі ординат ОУ, м;

H – напір перед греблею, м;

q – фільтраційна витрата на 1 пог.м греблі, м²/добу;

k – коефіцієнт фільтрації ґрунту тіла греблі, м/добу;

L_1 - відстань від початку координат до виходу кривої депресії на низовий укіс, м;

h_2 – ордината кривої депресії на лінії верхньої брівки гребня греблі, м;

L_2 – відстань від осі ординат ОУ до верхньої брівки гребня греблі, м;

ε – коефіцієнт пористості ґрунту, який приймається за даними

Е.А.Замарина [2],

x і y - змінні значення абсциси і ординати, які відкладаються від початку координат (точка О), значення x задається через 1 – 5 м;

m – коефіцієнт верхнього укосу;

m_1 - коефіцієнт низового укосу;

b – ширина греблі по верху , приймається рівною ширині земляного полотна дороги згідно з ДБН В.2.3 - 4 - 2000 "Автомобільні дороги" ;

$t + \Delta$ – перевищення гребня греблі над максимальним горизонтом води у межах водосховища, м ;

де t – висота нахату хвилі ,

Δ – запас над розрахунковою відміткою хвилі .

Вісь абсцис OX розташовується по основі греблі ;

вісь ординат OY – окремий переріз , який розташовується на відстані mH від верхнього укусу (по горизонту води в нижньому б'єфі) .

Розрахунки за вище вказаними формулами виконані для різних категорій доріг та найбільш розповсюджених ґрунтів. Результати розрахунків зведені в табл. 1.

Табл.1 – Фільтраційні витрати q при суглинистих ґрунтах, м²/добу

Категорія дороги	Напір перед греблею, м 4:7:10		
	0,06	0,16	0,3
Ia			
Iб	0,07	0,19	0,32
II	0,11	0,2	0,4
III	0,12	0,2	0,4
IV	0,13	0,3	0,45
V	0,14	0,32	0,47

Табл.2 – Фільтраційні витрати q при супіщаних ґрунтах, м²/добу

Категорія дороги	Напір перед греблею, м 4:7:10		
	0,11	0,29	0,4
Ia			
Iб	0,12	0,28	0,5
II	0,19	0,45	0,6
III	0,21	0,49	0,7
IV	0,22	0,53	0,7
V	0,25	0,56	0,7

На основі отриманих даних побудовані графіки залежностей фільтраційних витрат (q) від величини напору перед греблею (H) . Ширина греблі зумовлена категорією дороги, яка, відповідно, визначає ширину земляного полотна. Розрахунки велися для різних ґрунтів в основі греблі. На рис.5 наведені значення фільтраційних витрат при зміні напору перед греблею для супіщаних ґрунтів.

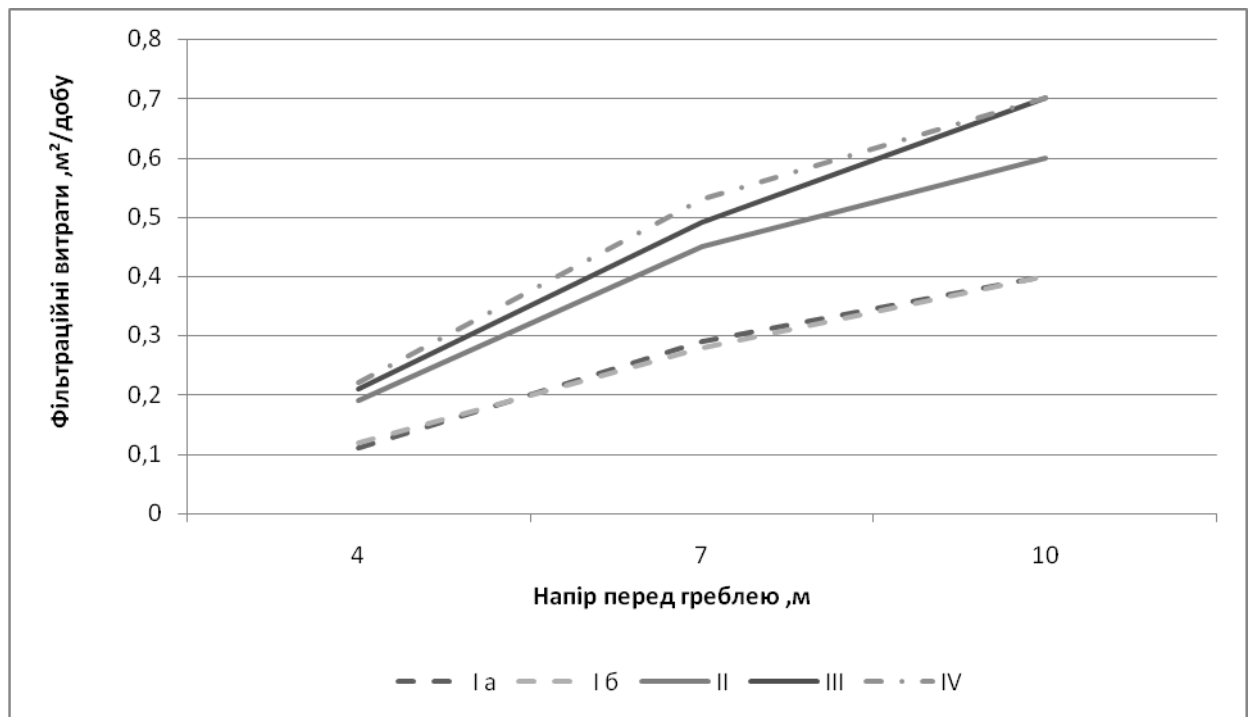


Рис. 5. Фільтраційні витрати при сунісках в основі греблі для різних категорій доріг

Аналіз отриманих результатів засвідчує, що стрімкість наростання фільтрації в залежності від напору є більшою для доріг нижчих категорій.

Також отримано значення висоти потоку фільтрації на виході при відповідних значеннях підпору води перед греблею (Табл. 3).

Табл.3 – Значення висот в місці виходу на низовий укіс (h_1), м

Категорія дороги	Напір перед греблею, м			Напір перед греблею, м		
	4	7	10	4	7	10
Ia	0,4	0,8	1,64	0,3	0,8	1,8
Iб	0,38	0,9	1,8	0,4	0,9	2,0
II	0,56	1,2	2,2	0,47	1,2	2,43
III	0,63	1,4	2,3	0,56	1,4	2,03
IV	0,68	1,4	2,5	1,12	1,4	2,7
V	0,74	1,56	2,6	1,13	1,56	2,8

Отримані результати дають можливість стверджувати, що у випадку перетину яру дорогою, який є найскладнішим з точки зору забезпечення стійкості земляного полотна дороги, при досягненні висоти насипу 6 м і більше, з метою водовідведення доцільно влаштовувати труби. При різниці висот 5 : 1 (різниця висот наведена в табл. 2) пропонуються труби із шахтним водоскидом.

Перелік посилань

1. П.Л. Иванов. Грунты и основания гидротехнических сооружений. Механика грунтов. М: Высш. шк., 1991. – 267 с.
2. Ю.А. Химерик Проектирование и расчет гидротехнических сооружений. К.: Издательство Киевского университета, 1961. – 362 с.
3. Р.О. Корольков Формування оптимального кута закладення армованих укосів. Ж" Автошляховик України", №4 (186), 2005 р. - с. 40 – 41.
4. Хом'як А.Я., Юрчик Ю.В. Проектування земляного полотна в районах розповсюдження ярів. Вісник НТУ № 15, частина 2, 2007. – с.75-78.

УДК 628.218

В.М. ЖУК, канд. техн. наук

ЧАС КОНЦЕНТРАЦІЇ ТА МАКСИМАЛЬНА ВИТРАТА ДОЩОВИХ СТІЧНИХ ВОД З ПРЯМОКУТНИХ У ПЛАНІ БАСЕЙНІВ СТОКУ З ЛОТКОМ У НИЖНІЙ ЧАСТИНІ

У роботі представлено удосконалений метод гідравлічного розрахунку максимальної витрати та часу концентрації дощових стічних вод з прямокутних у плані басейнів стоку зі збірним лотком прямокутного поперечного перерізу, розташованим вздовж нижньої сторони басейна. Метод враховує взаємозв'язок між часом концентрації стічних вод та розрахунковою інтенсивністю дощу. Розроблено комп'ютерну програму для обчислення часу концентрації та розрахункової витрати дощового стоку залежно від значень вхідних параметрів.

В работе представлен усовершенствованный метод гидравлического расчета максимального расхода и времени концентрации дождевых сточных вод из прямоугольных в плане бассейнов стока со сборным лотком прямоугольного поперечного сечения, расположенным вдоль нижней стороны бассейна. Метод учитывает взаимосвязь между временем концентрации сточных вод и расчетной интенсивностью дождя. Разработана компьютерная программа для вычисления времени концентрации и расчетного расхода дождевого стока в зависимости от значений входных параметров.

The paper presents an improved method of hydraulic calculation of the peak discharge and time of concentration of the stormwater runoff from rectangular watersheds with collecting channel with rectangular cross-section, situated along the bottom side of the catchment. The method takes into account the relationship between time of concentration and design rainfall intensity. A computer program calculating the time of concentration and the peak storm water discharge, depending on the values of input parameters, is presented.

Науково обґрунтоване визначення розрахункової максимальної витрати дощового стоку має велике значення при проектуванні мереж та споруд дощового водовідведення. На значення максимальної витрати дощових стічних вод впливають: розрахункові характеристики дощу (його тривалість та інтенсивність, період одноразового перевищення); параметри, що описують басейн стоку (конфігурація в плані, абсолютні розміри, висотна схема басейна стоку, вид землекористування, відсоток водонепроникних поверхонь,