

**УДК 744:004**

**Кривцов В. В., к.т.н., доцент; Дсєв С. С., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

**МЕТОДИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ  
СПЕЦРОЗДІЛУ «ПРОЕКЦІЇ З ЧИСЛОВИМИ ПОЗНАЧКАМИ» НА  
ПРИКЛАДІ ПЕРЕТИНУ ПОВЕРХНІ З ПЛОЩИНОЮ (ЧАСТИНА 1)**

**В статті акцентується увага на деяких методичних та практичних аспектах викладання розділу „Проекції з числовими позначками”, які ілюструють творчий підхід у застосуванні сталих теоретичних положень для розв’язування практичних задач із заздалегідь непередбаченими змінними умовами.**

**Ключові слова:** числові позначки, градування, лінія найбільшого уклону.

**В статье акцентируется внимание на некоторых методических и практических аспектах преподавания раздела «Проекции с числовыми отметками», которые иллюстрируют творческий подход в применении известных теоретических положений для решения практических задач с непередвиденными условиями, которые могут изменяться.**

**Ключевые слова:** числовые обозначения, градуировка, линия наибольшего уклона.

**The article puts the stress on certain methodical and practical aspects of teaching the course “Projection with numeric sings” which demonstrates the creative approach to applying stable theoretical provision for solving practical tasks with unforeseen changing conditions.**

**Keywords:** numerical marks, grading, line the largest bias.

Під час вивчення студентами інженерної графіки викладачами кафедри значна увага приділяється застосуванню теоретичних положень навчальної дисципліни для розв’язування задач, що мають практичний зміст, і які будуть використані при опануванні студентами спецдисциплін, написанні ними курсових та дипломних проектів. Так, студентам за напрямом підготовки «Будівництво», «Гідротехніка (водні ресурси)» потрібно вміти зображувати рельєф земної поверхні та проектувати на ній різноманітні будівельні, меліоративні, гідротехнічні споруди. Тому в робочій програмі для студентів названих спеціальностей передбачено обов’язкове вивчення спецрозділу «Проекції з числовими позначками». Під час вивчення цього розділу важливим, на наш погляд, є методично правильне викладання матеріалу, але і практичне застосу-

вання різних можливих варіантів початкових умов задач та хід їх розв'язування, а також обов'язкове проведення викладачем аналізу результату задач. Це суттєво поглибить знання студентів, прищепить їм смак самостійного творчого мислення, вміння застосовувати сталі теоретичні положення під час вирішення практичних задач із задалегідь непередбаченими змінними умовами, подолає догматичність сприйняття отриманого результату, який може бути іншим навіть при незначній зміні початкових умов, наприклад, рельєфу земної поверхні.

В даній статті розглянута методика та послідовність викладання теми «Перетин поверхні з площиною» спецкурсу проєкцій з числовими позначками. На конкретних прикладах показано, як потрібно аналізувати та розширювати інформативне коло результатів розв'язування типових задач в проєкціях з числовими позначками.

Побудова лінії перетину поверхні з площиною, як і двох площин, в проєкціях з числовими позначками ґрунтується на методі допоміжних січних площин.

Як правило, допоміжними площинами є горизонтальні площини, паралельні до основної площини. Ці площини перетинають задані поверхні та площину по їх горизонталях. Лінія перетину поверхні з площиною будується як лінія, що з'єднує точки перетину горизонталей поверхні та площин з однаковими позначками. Цей метод побудови лінії перетину називається способом горизонталей і використовується найчастіше.

Зображувати на плані допоміжні січні площини немає потреби, оскільки для побудови лінії перетину використовують горизонталі поверхні та площини.

Порядок побудови лінії перетину поверхні з площиною такий:

1. Побудувати на плані проєкції горизонталей площини та поверхні, якщо вони не задані.
2. Зафіксувати в межах зображеного плану всі точки перетину горизонталей площини з горизонталями поверхні, які мають однакові числові позначки.
3. Послідовно сполучити одержані точки кривою лінією, якщо поверхня криволінійна, або ламаною, якщо поверхня многогранна. Ця лінія і буде шуканою лінією перетину поверхні з площиною.

Розглянемо приклад побудови лінії перетину площини з многогранною поверхнею. На рис.1 побудовано лінії перетину укосів котловану між собою і з плоским косогором. Котлован є многогранною поверхнею – зрізаною чотирихгранною пірамідою, три з чотирьох бокових граней якої мають уклони 1:1, а одна – 1:2. Дно котловану – горизонтальний майданчик з числовою позначкою 10.0.

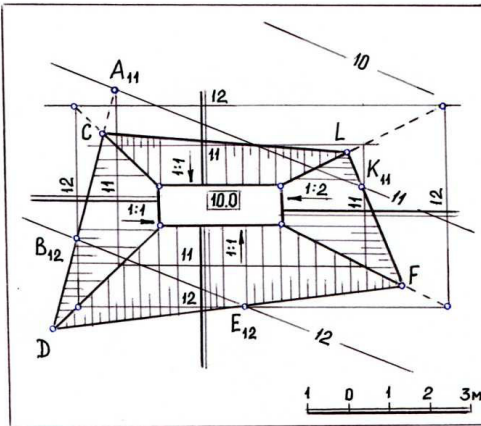


Рис. 1. Побудова ліній перетину укосів котловану між собою і з плоским косогором

Послідовність побудови ліній перетину така:

1. Градуємоємо укоси котловану. Межі дна котловану є горизонталями укосів, що мають числову відмітку 10.0. Тому перпендикулярно до них проводимо лінії найбільшого уклону укосів, градування яких проведено з урахуванням того, що інтервали укосів із уклоном 1:1 дорівнюють 1 м, а інтервал укосу із уклоном 1:2 – 2 м. Для цього, взявши в масштабі плану відмітки, що дорівнюють 1 м та 2 м, відкладемо їх на відповідних

лініях найбільшого уклону. Одержані точки позначимо 11, 12.

Під час пояснення викладачем побудови меж земляних робіт акцентується увага студентів на проведенні і градуванні лінії найбільшого уклону (ЛНУ) укосів. При цьому студенти, як показала практика, абстрактно сприймають цю надзвичайно важливу лінію, яку використовують для побудови ліній перетину різноманітних поверхонь між собою і з землею поверхнею, як лінію, що проводиться перпендикулярно горизонталям поверхні (площини). Викладачу обов'язково потрібно розкрити фізичний зміст цієї лінії, наприклад, сказати, що дощові краплини прагнуть скочуватися саме по ній, оскільки кут нахилу ЛНУ до горизонтальної площини проєкції є найбільшим порівняно з кутами нахилу всіх інших прямих ліній, що можуть бути проведені в цій поверхні (площині). Крім того, ця лінія визначає найкоротшу відстань від точки площини до горизонтальної площини проєкції.

Числові позначки масштабів уклону котловану будуть зростати у напрямку від дна котловану, оскільки воно має числову позначку 10,0 і знаходиться між горизонталями плоского косогору з числовими позначками 11, 12, тобто укоси котловану будуть укосами виїмки.

2. Через точки 11, 12 масштабів уклону проводимо горизонталі 11, 12 укосів котловану, які, як відомо, перпендикулярні масштабам уклону. Сполучивши точки перетину горизонталей з однаковими числовими позначками, що належать двом суміжним укосам, дістанемо на плані проєкції ліній взаємного перетину цих укосів. Площини укосів перетинаються по прямій лінії. Щоб її побудувати, досить визначити дві точки, що належать лінії перетину. Ці точки одержані в результаті перетину двох пар горизонталей суміжних укосів, що мають однакові числові позначки: одна – це точка перетину меж котлова-

ну, другу визначимо в результаті перетину горизонталей укосів з числовою позначкою 12.

3. Зафіксуємо на плані точки перетину горизонталей 11 та 12 плоского косогору з горизонталями укосів, які мають такі ж числові позначки. Це точки  $A_{11}$ ,  $K_{11}$  та  $B_{12}$ ,  $E_{12}$ .

4. Проводимо лінію перетину лівого укосу з плоским косогором. Ця лінія – пряма, оскільки перетинаються дві площини. Вона проходить через точки  $A_{11}$  та  $B_{12}$ . Суцільною основною лінією виділимо відрізок  $CD$ , розміщений між лініями перетину лівого укосу з нижнім та верхнім. Потім будуємо лінію перетину нижнього укосу з плоским косогором, яка проходить через точки  $D$  та  $E_{12}$  і розміщена між точками  $D$  та  $F$ . Аналогічно будуємо лінію перетину правого укосу з плоским косогором, а сполучивши точки  $L$  та  $C$ , знаходимо лінію перетину верхнього укосу з плоским косогором.

Ламана лінія  $CDFL$  є шуканою лінією перетину укосів котловану з плоским косогором.

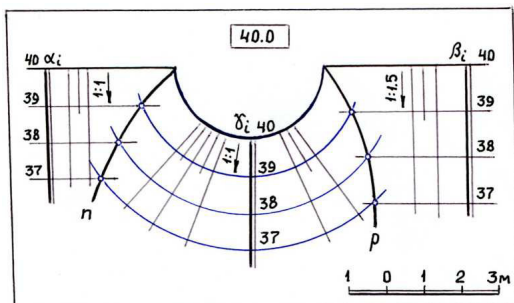


Рис. 2. Побудова ліній перетину площин укосів  $\alpha$  та  $\beta$  з укосом  $\gamma$ , який є поверхнею прямого кругового конуса

На рис. 2 побудовані лінії перетину площин укосів  $\alpha$  та  $\beta$  з поверхнею укосів  $\gamma$ , яка є поверхнею прямого кругового конуса. Уклони укосів  $\alpha$  та  $\gamma$  дорівнюють 1:1, а укосу  $\beta$  – 1:1.5. Числова позначка бровок укосів дорівнює 40.

Розв'язування зводиться до визначення горизонталей укосів за заданими уклонами і знаходження точок перетину горизонталей укосів, що мають однакові числові позначки.

Для цього виконаємо такі дії:

1. Градуємо укоси, враховуючи, що інтервали укосів  $\alpha$  та  $\gamma$  дорівнюють 1 м, а укосу  $\beta$  – 1.5 м. Укоси  $\alpha$  та  $\beta$  градуємо аналогічно прикладу, який розглянуто на рис. 1. Що стосується укосу  $\gamma$ , то горизонталі укосу – криволінійні лінії, концентричні до криволінійної бровки. Вони проведені через точки з цілочисельними позначками масштабу укосу, що розміщений у напрямі нормалі до бровки. Відстань між позначеними точками 1 м, оскільки уклон укосу 1:1.

2. Фіксуємо точки перетину горизонталей укосів, що мають однакові числові позначки.

3. Послідовно з'єднуємо одержані точки кривими лініями  $n$  та  $p$ , причому  $n$  – парабола, а  $p$  – еліпс.

Розглянемо приклад на визначення лінії перетину площини із землею поверхнею. Для визначення цієї лінії потрібно зафіксувати точки перетину го-

ризонталей площини та земної поверхні, що мають однакові числові позначки. Сполучивши між собою послідовно знайдені точки, отримаємо шукану проекцію лінії перетину площини із землею поверхнею.

Задача на перетин площини із землею поверхнею застосовується для визначення меж земляних робіт, при проектуванні земляної споруди на земній поверхні.

Так, на рис. 3 потрібно побудувати лінію перетину земляних укосів, що примикають до горизонтального полотна дороги, із землею поверхнею. Уклон укосів 1:1, ширина смуг під кювети 0,5 м.

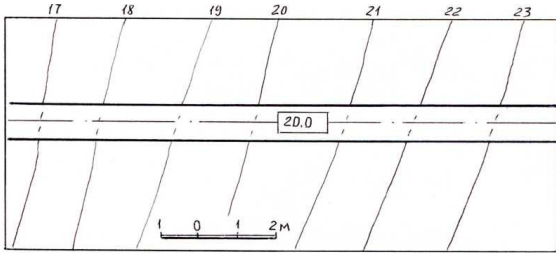


Рис. 3. Побудувати межі земляних робіт укосів горизонтального полотна дороги (початкова умова задачі)

Перш ніж виконувати побудову потрібно з'ясувати, який тип укосів примикає до полотна дороги. Укоси бувають двох типів: укоси насипу і укоси виїмки. В укосах насипу числові позначки точок по мірі віддаленості від дороги зменшують свої величини, а в укосах виїмки навпаки, збільшують свої величини. Визначити тип укосів потрібно таким чином. Відмічаємо точку перетину крайньої справа горизонталі земної поверхні з числовою позначкою 23 із бровкою споруди (дороги). Оскільки полотно дороги в цьому місці повин-

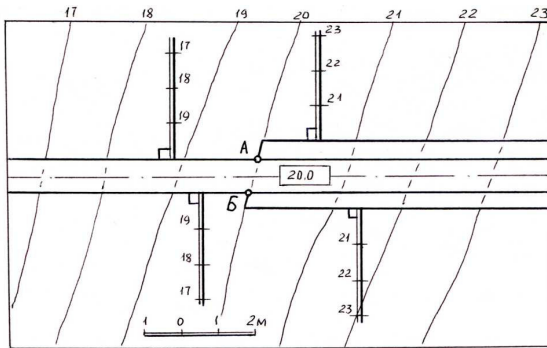


Рис. 4. Визначення точок нульових робіт та типів укосів (перший етап розв'язування задачі з початковою умовою на рис. 3)

но мати числову позначку 20, а земна поверхня має більшу числову позначку, то для спорудження доро-

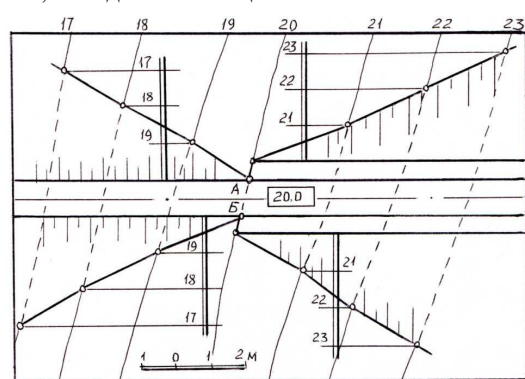
ги землю потрібно забирати, а отже, справа на плані до дороги примикає укіс виїмки. Тепер візьмемо крайню зліва точку перетину горизонталі земної поверхні з числовою позначкою 17 із бровкою дороги. Оскільки дорога в цьому місці повинна мати також числову позначку 20, а земна поверхня має меншу

числову позначку, то для спорудження дороги землю потрібно підсипати, а отже, зліва на плані до дороги примикає укіс насипу.

Звідси логічно випливає, що на бровці дороги повинна бути точка, в якій укіс виїмки переходить в укіс насипу і навпаки. Зрозуміло, що це точка перетину бровок дороги із землею поверхнею. На рис. 4 дані точки позначені літерами *A* і *B*. Точки *A* і *B* називають точками нульових робіт. Отже, визначення **точок нульових робіт** таке – це точки перетину ліній контуру споруди із землею поверхнею. В цих точках ніяких земляних робіт не виконують, укіс виїмки переходить в укіс насипу і навпаки.

Визначивши точки *A* і *B* нульових робіт, в укосах виїмки проводимо смуги під кювети (рис. 4), до яких вже будуть прилягати укоси виїмки. Кювети виконують з метою відводу води з укосів виїмки, наприклад під час дощу, щоб вода не потрапляла на полотно дороги.

На рис. 4 в межах плану маємо, що до полотна дороги з двох боків примикають два укоси насипу і два укоси виїмки. В кожному укосі проводимо ЛНУ перпендикулярно до бровки дороги в укосах насипу і до лінії контуру кювету в укосах виїмки. Потім градуюємо ЛНУ площин. Оскільки уклони всіх укосів 1:1, то відстань між цілочисельними значеннями числових позначок ЛНУ (інтервал ЛНУ) буде складати 1 м (рис. 4).



тервал ЛНУ) буде складати 1 м (рис. 4).

Завершальний етап побудов показано на рис. 5. Через точку ЛНУ з цілими числовими позначками проводимо відповідні горизонталі укосів, тобто градуюємо укоси насипу та виїмки. Далі для визначення лінії перетину укосів із землею поверхнею знаходимо точки перетину

Рис. 5. Визначення меж земляних робіт укосів (завершальний етап розв'язування задачі з початковою умовою на рис. 3)

горизонталей укосів із горизонталями земної поверхні, що мають однакові числові позначки. Через отримані точки

проводимо плавну лінію або з'єднуємо спільні точки відрізкамі ламаної лінії і проводимо дані лінії в точки нульових робіт. Для укосів виїмки ці точки перемістилися на смугу кювету. Лінії перетину земляних укосів із землею поверхнею називають **межами земляних робіт**. Після визначення меж земляних робіт земляні укоси зображають штриховкою паралельними короткими та довгими лініями, так званими **бергштрихами**. Бергштрихи проводять з верхньої кромки укосу перпендикулярно до його горизонталей і в бік горизонталей з меншою числовою позначкою. Для укосів виїмки верхньою кромкою є межа земляних робіт, а для укосів насипу – лінія контуру споруди, до

якої примикає укіс насипу. Бергштрихи показують напрям ЛНУ даної площини земляних укісів, тобто вони проводяться паралельно до ЛНУ.

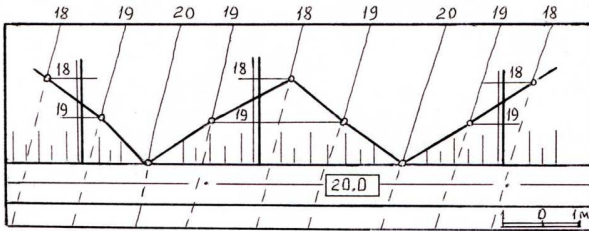


Рис. 6. Побудова меж земляних робіт трьох укісів насипу, що примикають до горизонтального полотна дороги

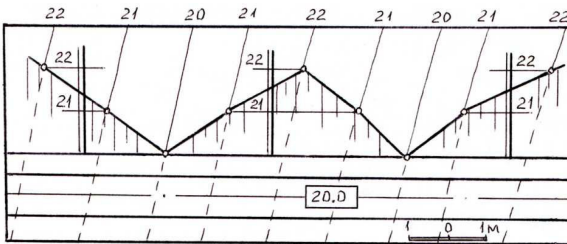


Рис. 7. Побудова меж земляних робіт трьох укісів виїмки, що примикають до горизонтального полотна дороги

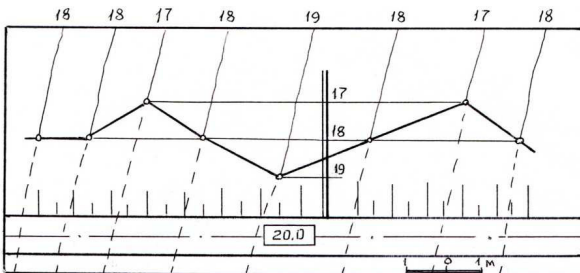


Рис. 8. Побудова меж земляних робіт укосу насипу, що примикає до горизонтального полотна дороги (в межах плану відсутні точки нульових робіт)

В підручниках, спеціалітатурі сказано, що в цих точках укіс виїмки переходить в укіс насипу і навпаки. Студенти це висловлювання сприймають як догму.

Вони вважають, що в точках нульових робіт завжди укіс виїмки переходить в укіс насипу незалежно від рельєфу земної поверхні і не знають, як розв'язувати задачу, коли раптом виявляється, що заданий рельєф земної поверхні обумовлює прилягання до споруди або тільки укісів насипу, або тільки укісів виїмки. Студенти вважають, що в своїх міркуваннях припустилися помилок, і не знають, як знайти вихід, щоб отримати правильний хід розв'язування задачі, оскільки стали заручниками догматичності мислення, якому в значній мірі сприяла відсутність повноцінного аналізу змісту точок нульових робіт, як в літературі, так і викладачем на лекціях та

практичних заняттях.

Авторами запропоновано наступне висвітлення такого надзвичайно важливого поняття, що має прикладний характер, як точки нульових робіт. По-перше, треба відразу сказати студентам, що в точках нульових робіт не тільки укіс виїмки може переходити в інший тип укосів – укіс насипу, але і однотипні укоси можуть переходити один в один. Наприклад, укіс виїмки може переходити в інший укіс виїмки, а укіс насипу – в інший укіс насипу, і це

обов'язково пояснити на конкретних прикладах.

На рис. 6 показано, що до горизонтального полотна дороги примикають три різних, проте однотипних укоси насипу (з одного боку полотна дороги), а на рис. 7 – три укоси виїмки.

Слід зазначити, що задачі на побудову меж земляних робіт

укосів треба починати розв'язувати із знаходження саме точок нульових робіт.

Обов'язково потрібно запитати у студентів, який тип і скільки укосів прилягають до споруди, якщо в межах плану, зображеного на кресленні, немає точок нульових робіт. Відповідь треба проілюструвати конкретними прикладами. Так, на рис. 8 до полотна дороги прилягає тільки один укіс – укіс насипу, а на рис. 9 – також один укіс – укіс виїмки.

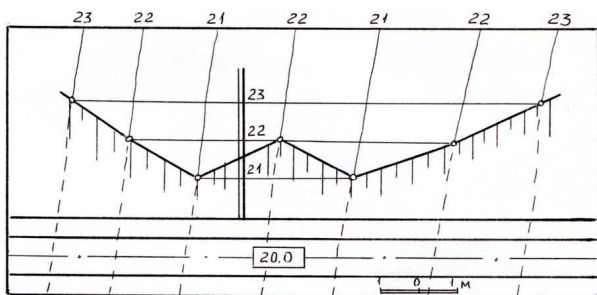


Рис. 9. Побудова меж земляних робіт укосу виїмки, що примикає до горизонтального полотна дороги (в межах плану відсутні точки нульових робіт)

Рецензент: д.т.н., доцент Науменко Ю. В. (НУВГП)