

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра автомобільних доріг, основ та фундаментів

03-03-181М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з навчальної дисципліни
**«Технологія будівництва автомобільних доріг та аеродромів
з курсовим проектом»**

(Частина 1)

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна
інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
денної форм навчання

Рекомендовано науково-методичною
радою з якості Навчально-наукового
інституту Будівництва та архітектури
Протокол № 4 від 21 січня 2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Технологія будівництва автомобільних доріг та аеродромів з курсовим проєктом» (Частина 1) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної форм навчання. [Електронне видання] / Кузло М. Т., Піліпака Л. М., Зятюк Ю. Ю., Скрипник М. М. – Рівне : НУВГП, 2025. – 33 с.

Укладачі: Кузло М. Т., д.т.н, професор, завідувач кафедри автомобільних доріг основ, та фундаментів;
Піпака Л. М., к.т.н., доцент кафедри міського будівництва та господарства;
Зятюк Ю. Ю., к.т.н., доцент кафедри автомобільних доріг, основ та фундаментів;
Скрипник М. М., к.т.н, старший викладач кафедри автомобільних доріг, основ та фундаментів.

Відповідальний за випуск: Кузло М. Т., д.т.н, завідувач кафедри автомобільних доріг основ, та фундаментів.

Керівник групи забезпечення спеціальності

Караван В. В., к.т.н, доцент

© М. Т. Кузло,
Л. М. Піліпака,
Ю. Ю. Зятюк,
М. М. Скрипник, 2025
© НУВГП, 2025

Зміст

	стор.
Вступ	4
Структура та обсяг курсового проекту, вимоги щодо його оформлення	4
Спорудження земляного полотна	5
2. Порядок розробки окремих розділів курсового проєкту	10
2.1. Вступ	
2.2. Аналіз природно-кліматичних умов району будівництва	10
2.3. Аналіз будівельних властивостей ґрунтів для спорудження земляного полотна	11 13
2.4. Проектування розподілу земляних мас	18
2.5. Уточнення фактичних об'ємів земляних мас	19
2.6. Проектування технології будівництва земляного полотна	22
2.7. Розробка і складання технологічної карти із спорудження земляного полотна	25
2.8 Розробка технологічних карт на роботи по зведенню земляного полотна	28
2.9. Висновки	31
Список літератури	31
Додаток	32

ВСТУП

В методичних вказівках розглядаються питання технології будівництва земляного полотна автомобільних доріг. На початку методичних вказівок наведені нормативні технологічні вимоги до спорудження основи земляного полотна, розробки виїмок та спорудження насипів опоряджувальних та укріплювальних робіт в зимових та інших специфічних умовах.

В кінці методичних вказівок наведений приклад технологічної карти комплексної механізації будівництва земляного полотна.

СТРУКТУРА І ОБСЯГ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ, ВИМОГИ ЩОДО ЙОГО ОФОРМЛЕННЯ

У курсовому проєкті мають бути розв'язані такі задачі:

а) аналіз природно-кліматичних умов району будівництва, розробка дорожньо-кліматичного графіка, розрахунок змінного темпу робіт;

б) визначення найважливіших показників ґрунтів та розв'язання питань щодо умов їх використання при будівництві земляного полотна;

в) визначення робочого обсягу земляних робіт і проєктування розподілу земляних мас;

г) обґрунтування параметрів технології будівництва земляного полотна,

д) призначення доцільних складів механізованих підрозділів, розробки технологічних карт і схем будівництва;

е) розробка лінійно-календарного графіка будівництва земляного полотна.

Вихідні дані для проєктування:

- категорія дороги та тип дорожнього одягу;
- період проведення польових інженерно-геологічних обстежень, термін і період будівництва;
- дані щодо розміщення ґрунтових кар'єрів і середня відстань транспортування води;
- місце розташування об'єкта та дані про ґрунти траси та кар'єрів (тип ґрунту, вологість текучості, природна вологість в період обстежень, щільність скелету ґрунту, товщина рослинного шару);

- профільні обсяги земляних робіт (без урахування обсягів робіт зі знімання рослинного шару ґрунту та його заміні).

Робочі відмітки по довжині дороги та номер варіанта ґрунту задається керівником індивідуально, а характеристики ґрунту обираються з додатку методичних вказівок. У разі необхідності в завданні можуть бути наведені деякі додаткові дані, що уточнюють умови будівництва.

При виконанні проекту передбачено, що будівництво штучних споруд здійснено заздалегідь. Місця розташування штучних споруд визначаються керівником проекту.

Графічна частина проекту включає:

- а) дорожньо-кліматичний графік;
- б) графік обсягів земляних робіт, схему розподілу земляних мас;
- в) технологічну схему будівництва земляного полотна;
- г) лінійно-календарний графік будівництва.

Креслення за п.п. а, б, виконують на міліметровому папері та брошурують з пояснювальною запискою. Технологічна схема будівництва земляного полотна разом з необхідним табличним матеріалом та лінійно-календарний графік будівництва виконується на аркуші формату А1.

Загальний обсяг пояснювальної записки курсового проекту становить 20-25 сторінок друкованого тексту.

Пояснювальна записка повинна містити тільки необхідні розрахунки, таблиці та обґрунтування інженерних рішень. Записку друкують на стандартному аркуші А4 і потім брошурують. Оформлення записки має відповідати вимогам ЄСКД. Нумерація таблиць і формул має бути суцільною в межах одного розділу і складатися з двох цифр, перша з яких позначає номер розділу, друга – порядковий номер таблиці чи формули.

1. СПОРУДЖЕННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Вимоги до спорудження земляного полотна

Спорудження земляного полотна повинно здійснюватись згідно з [4]. Переривання робіт під час будівництва земляного полотна допускається лише на ділянках з особливими умовами (глибокі болота, зсувні ділянки, глибокі скельні виїмки тощо), де роботи виконуються за індивідуальними проектами, які передбачають техноло-

гічні або сезонні перерви.

Земляне полотно, окрім випадків будівництва на спланованих територіях, потрібно споруджувати з випередженням подальших робіт, величина якого повинна визначатись ПОВ і забезпечувати безперервне та рівномірне улаштування дорожніх основ та покриттів.

Поверхня основи насипу має бути повністю звільнена від каміння та грудок, діаметр яких перевищує $2/3$ товщини шару ґрунту, що укладається у тіло насипу, а також від сторонніх предметів. Поверхню основи земляного полотна потрібно вирівняти, щоб не було заглиблень понад 5 см. Для забезпечення поверхневого водовідведення в недренуючих ґрунтах поверхні основи насипу надається поперечний похил не менше ніж 20 % від осі дороги. Ями, траншеї та інші місцеві пониження в процесі вирівнювання поверхні земляного полотна засипають недренуючим ґрунтом з подальшим його ущільненням.

Ущільнення основи насипів потрібно виконувати безпосередньо перед спорудженням шарів, що розташовуються вище. Щільність основи насипу треба визначати проектом, але вона не повинна бути менше ніж щільність нижнього шару насипу.

Спорудження насипів заввишки понад 3 м з глини, пилуватих важких супісків і суглинків, неводостійких великоуламкових ґрунтів, особливих видів ґрунтів та перезволожених ґрунтів закінчують не пізніше ніж за шість місяців до влаштування асфальтобетонних покриттів та основ з використанням в'язких бітумів та цементу.

При будівництві насипів на слабких основах або спорудженні земляного полотна в зимовий період до влаштування дорожнього одягу повинна бути встановлена технологічна перерва до закінчення стабілізації земляного полотна згідно з вимогами ПОВ, але не менше ніж шість місяців. Після закінчення технологічної перерви поверхню насипу треба спланувати, а в разі необхідності досипати ґрунт і додатково ущільнити.

При розширенні існуючих насипів у процесі реконструкції дороги поверхня укосу має бути розпушена з боку добудови. На укосах насипів заввишки понад 2 м необхідно влаштовувати уступи для забезпечення необхідного взаємозв'язку між існуючою та присипною частинами насипу. Ширина уступів повинна забезпечувати безпечний проїзд та роботу дорожніх машин, що використовуються

для спорудження земляного полотна. Уступи смуги відводу потрібно влаштувати з поперечним похилом від 1 ‰ до 2 ‰ у бік укосу насипу.

Розробка виїмок та спорудження насипів

Розробку виїмок та притрасових резервів треба починати з понижених місць рельєфу із забезпеченням постійного поперечного та поздовжнього поверхневого водовідведення в зоні виконання робіт.

Розробку виїмок та відсіпку насипів на крутосхилах крутизною понад 1:3 або зсувних схилах дозволяється виконувати тільки після будівництва спеціальних захисних або утримуючих споруд та влаштування уступів заввишки не більше ніж 0,5 м і з похилом 20 ‰ від осі дороги, що забезпечує безпечну роботу та рух технологічного транспорту.

Шари насипів необхідно відсіпати з ґрунтів, однорідних за видом та консистенцією. При зміні виду ґрунту в місці його розробки шари з ґрунтів різних видів потрібно укладати способом заклинювання.

Використання в одному шарі дорожнього одягу різних видів ґрунтів, а також неоднорідних сумішей різних видів ґрунтів не дозволяється.

Відсіпку ґрунту в насип потрібно виконувати від краю до середини шарами на всю ширину насипу з постійним забезпеченням робочого водовідведення. Додаткова підсіпка крайових або укісних частин насипу не дозволяється.

Для забезпечення потрібної щільності ґрунту в зоні, що прилягає до укісної частини насипів заввишки понад 1 м, земляне полотно відсіпається на ширину, що на 0,5 м перевищує проектну в кожну сторону. Уширення земляного полотна не потрібне, коли використовують великоуламкові ґрунти або спеціальну техніку для ущільнення укосів.

Під час планування укосів насипу надлишок ґрунту необхідно видаляти і використовувати його для досипання узбіч, влаштування з'їздів тощо.

Кожний шар ґрунту потрібно розрівнювати, додержуючись проектних значень поздовжнього та поперечного похилів. Перед ущільненням поверхня шару ґрунту має бути спланована під двоххилий або однохилий поперечний профіль з похилом від 20 ‰ до

40 % до брівки земляного полотна. Поверхня кожного шару не повинна мати заглиблень більше ніж 5 см.

Рух технологічного транспорту, що здійснює відсіпку чергового шару ґрунту, необхідно регулювати по всій ширині насипу.

Коефіцієнт ущільнення ґрунту потрібно визначати за таблицею 6.8.

Ущільнення ґрунту в складних умовах, при засипці водоперепускних труб і в конусах мостових споруд потрібно виконувати з використанням спеціальних засобів ущільнення віброударної або ударної дії. Не дозволяється виконувати ущільнення ґрунту трамбувальними плитами на відстані менше ніж 3 м від штучних споруд і при висоті засипки над трубами менше ніж 2 м.

Біля труб дозволяється проводити відсіпку та пошарове ущільнення ґрунту поздовжніми (по відношенню до осі труби) проходками котків. При цьому відсіпку та ущільнення ґрунту потрібно вести з обох сторін труби шарами однакової товщини.

Ущільнення пазух та зон в межах 0,5 м біля труби треба виконувати засобами ручного або пневматичного трамбування пересувними малогабаритними віброущільнювачами.

Ущільнення ґрунту необхідно проводити при вологості, що близька до оптимальної згідно з таблицею 6.5.

При вологості, що менше від оптимальної, необхідно зменшувати товщину шару ґрунту, збільшувати кількість проходів котка або його масу. При вологості, що менша значень, наведених у таблиці 6.5, ґрунт необхідно зволожувати.

При використанні ґрунтів, що мають вологість більшу допустимої, необхідно передбачати заходи згідно з 6.4.9.

Ущільнення просідаючих ґрунтів в основі насипів потрібно здійснювати трамбуванням з подальшим укочуванням.

Використання для спорудження земляного полотна великоуламкових ґрунтів з коефіцієнтом розм'якшення за ДСТУ Б В.2.7-71 менше ніж 0,75, техногенних ґрунтів, а також особливих ґрунтів згідно з 6.2.6 потрібно здійснювати за індивідуальними проектами з проведенням комплексу лабораторних досліджень і наукових рекомендацій.

При використанні для спорудження земляного полотна пилуватих ґрунтів потрібно вживати заходів для їх знепилювання (полив водою або закріплюючими розчинами).

Пошарове ущільнення ґрунту земляного полотна необхідно здійснювати від краю до середини, при цьому кожний слід від попереднього проходу котка треба перекривати при наступному проході не менше ніж на третину. Кількість проходів котка та товщину ґрунтового шару треба встановлювати за результатами пробного ущільнення.

Зону контакту присипної частини насипу з існуючою необхідно ущільнювати до коефіцієнта ущільнення $K_y \geq 1$.

Опоряджувальні та укріплювальні роботи

Водовідвідні канали та кювети необхідно укріплювати відразу після їх влаштування.

Планування та укріплення укосів високих насипів та глибоких виїмок (включаючи влаштування дренажів) потрібно виконувати відразу ж після закінчення спорудження їх окремих частин (ярусів).

При укріпленні укосів виїмок із щільних глинистих ґрунтів шляхом засіву трав перед укладанням рослинного ґрунту укоси необхідно розпушувати на глибину від 10 см до 15 см.

Гідропосів багаторічних трав треба проводити на попередньо зволожену поверхню укосів.

При укріпленні укосів збірними ґратчастими конструкціями їх монтаж необхідно виконувати знизу вгору після влаштування бетонного упору. Після закінчення укріплення укосів чарунки від монтажу необхідно заповнити рослинним ґрунтом (з подальшим засівом трав), кам'яними матеріалами або ґрунтом, обробленим в'язучим.

При укріпленні дамб і укосів, що підтоплюються водою, збірними плитами попередньо треба укласти матеріал зворотного фільтра або вирівнюючого шару. Плити потрібно укласти знизу вгору. В зимовий період підготовлену поверхню укосу необхідно звільнити від снігу та льоду.

При укріпленні укосів гнучким безфільтровим залізобетонним покриттям з блоків їх треба укласти знизу вгору впритул один до одного. У випадках, коли проектом передбачено закріплення блоків за допомогою анкерних паль, блоки потрібно укласти від верху до низу. Просвіт між сусідніми блоками не повинен бути більше ніж 15 мм.

При укріпленні укосів цементобетоном методом пневмонабризку необхідно попередньо укласти металеву чи геосинтетичну

сітку відповідно до проекту та закріпити її анкерами. Набриск потрібно виконувати знизу вгору з подальшим доглядом за цементобетоном.

При влаштуванні узбіч необхідно усунути деформації земляного полотна по всій площі узбіч, досипати ґрунт до встановленого проектного рівня, спланувати його та ущільнити.

Технологія будівництва покриттів на узбіччях автомобільних доріг з монолітного та збірного цементобетону, асфальтобетону, чорного та білого щебеню, ґрунтощебеню аналогічна технології будівництва основ і покриттів дорожнього одягу з відповідних матеріалів, що наведена у цих Норммах.

Крайка прикрайкового лотка у місці поздовжнього стику має бути в одному рівні із крайкою покриття.

При влаштуванні монолітного бетонного водовідвідного лотка деформаційний шов у свіжоукладеному бетоні потрібно нарізати металевою рейкою. У затверділому бетоні дозволяється нарізати шви однодисковими нарізувачами.

Монтаж збірних бетонних (або з іншого матеріалу) водовідвідних лотків та бордюрів для поздовжнього або поперечного водовідведення потрібно виконувати знизу вгору. Шви між секціями лотків та бордюрів потрібно омонолічувати цементним розчином з обов'язковою промазкою в'язким бітумом. Монолітні ділянки лотків треба влаштовувати з цементобетону з морозозахисними і пластифікуючими добавками.

Розмиви на укосах насипу або виїмки повинні бути ліквідовані протягом тижня після їх виникнення. Місця розмивів насипів необхідно засипати щебеневою чи піщано-гравійною сумішшю, великоуламковим ґрунтом, ґрунтощебенем з обов'язковим використанням спеціальної техніки для ущільнення укосів. Усунення місць розмивів потрібно здійснювати знизу вгору з пошаровим ущільненням. Не дозволяється засипати місця розмивів ґрунтом.

2. ПОРЯДОК РОЗРОБКИ ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

2.1. Вступ

У вступній частині студент повинен стисло охарактеризувати вихідні дані, а також відобразити принципові особливості умов будівництва та особливості розв'язання поставлених в проекті задач.

2.2. Аналіз природно-кліматичних умов району будівництва

Аналізуються умови району будівництва, що можуть впливати на технологію спорудження земляного полотна. Наводяться стислі відомості щодо рельєфу місцевості, умов поверхневого стоку, рівня ґрунтовних вод, характеру типової рослинності.

Згідно з [6 дод. А] здійснюється вибірка таких даних:

- середньомісячна температура повітря в річному циклі;
- помісячні дані щодо домінуючих напрямків і швидкості вітру;
- середньомісячні дані щодо тривалості світлового періоду доби;
- середньомісячні дані щодо кількості атмосферних опадів;
- кількість днів з атмосферними опадами, більшими за 5 мм;
- глибина промерзання ґрунту;
- товщина снігового покриву.

Усі ці дані подаються у вигляді таблиць і складають основу для побудови дорожньо-кліматичного графіка. Зразок графіка наведений в [6].

Відповідно до дорожньо-кліматичного графіку визначають календарну тривалість лінійних і зосереджених робіт, період роботи з мерзлими ґрунтами, кількість неробочих днів за атмосферними умовами, дані для розрахунку періоду весняного та осіннього бездоріжжя; дані для розрахунку терміну зволоження та просушування ґрунтів.

Для глинистих (супісок, суглинок, глини) ґрунтів дати можливого початку Z_n^e кінця Z_k^e весняного бездоріжжя визначаються за формулами:

$$Z_n^e = T_o + \frac{5}{\alpha} \quad (2.1)$$

$$Z_k^e = Z_n^e + \frac{0,7h}{\alpha} \quad (2.2)$$

де T_o – дата переходу температури повітря весною через 0°C ;

h – середньомаксимальна глибина промерзання ґрунту в районі будівництва, см, що приймається за даними ДСТУ [5];

α – кліматичний коефіцієнт, що характеризує швидкість відтанення ґрунту, см /добу, приймається за даними табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Область	Коефіцієнт α , см /добу
Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Кіровоградська, Луганська	2,0
Вінницька, Житомирська, Київська, Одеська, Полтавська, Херсонська, Харківська, Чернігівська	3,0
Волинська, Миколаївська, Рівненська, Сумська, Хмельницька, Черкаська	3,5
Закарпатська, Івано-Франківська, Кримська АР, Львівська, Тернопільська, Чернівецька	4,0

Дата початку Z_n^{oc} і кінця Z_k^{oc} осіннього бездоріжжя можна віднести до середньомісячної температури повітря відповідно від +5 до +3°C і до 0°C в осінній період.

Таким чином, тривалості весняного $T_{вес}$ та осіннього $T_{ос}$ бездоріжжя визначаються за формулами:

$$T_{вес} = Z_k^6 - Z_n^6 \quad (2.3)$$

$$T_{ос} = Z_k^0 - Z_n^{oc} \quad (2.4)$$

Календарна тривалість для лінійних земляних робіт становитиме: при цілорічному будівництві насипів з ґрунту бічних резервів

$$T_k = Z_k^6 - Z_n^{oc} \quad (2.5)$$

при цілорічному будівництві земляного полотна із завезених нажерзлих ґрунтів та зосереджених роботах.

$$T_k = 365 - (T_{вес} - T_{ос}) \quad (2.6)$$

Середня кількість робочих змін $T_{зм}$ за даний період будівництва визначається розрахунковою тривалістю будівництва T_p і коефіцієнтом, що враховує змінність робіт K_3 :

$$T_{зм} = (T_k - T_1 - T_2 - T_3 - T_4) K_3 \quad (2.7)$$

де T_1 – кількість святкових і вихідних днів за період T_p ;

T_2 – кількість днів на технічне обслуговування та ремонт дорожніх машин ($T_2 = 0,04T_k$);

T_3 – кількість днів простоювання через організаційні умови та переміщення техніки ($T_3 = 0,05T_k$);

T_4 – кількість днів простоювання за кліматичними умовами, що припадають на робочі дні;

K_3 – коефіцієнт, що враховує змінність робіт, який визначається за формулою.

$$K_3 = \frac{N_1 + 2N_2}{N_1 + N_2}, \quad (2.8)$$

де N_1 і N_2 – календарна кількість днів відповідно з однозмінною та двозмінною роботою.

Роботи у дві зміни пропонується планувати при тривалості світлового дня, що перевищує 14 годин.

2.3. Аналіз будівельних властивостей ґрунтів для спорудження земляного полотна.

Вихідними для аналізу є дані щодо вологості границі текучості ґрунту, природної вологості ґрунту в період польових обстежень W_n та щільності скелету ґрунту ρ_{de} .

У результаті аналізу треба встановити коефіцієнти відносного ущільнення ґрунту K_{oid} та перезволоження ґрунту K_n , прийняти рішення щодо доцільності додаткового зволоження або просушування ґрунтів, а також визначити параметри цих процесів.

Аналіз будівельних властивостей ґрунту (визначення показників) рекомендується виконувати у такій послідовності:

1) Оптимальна вологість ґрунту у процентах та її середнє значення:

$$W_{opt} = K_1 W_l \quad (2.9)$$

де K_1 – коефіцієнт, який враховує гранулометричний склад; $K_1 = 0,7$ – для супісків; $0,6$ – для легких суглинків; $0,55$ – для важких суглинків; $0,50$ – для глин.

2) За довідниками – щільність твердої частини ґрунту ρ_s та вміст повітря v_n у ґрунті, що ущільнений до величини $\rho_{d_{max}}$. Величини ρ_s приймають рівною $2,68 \text{ г/см}^3$ – для супісків; $2,7 \text{ г/см}^3$ – для легких суглинків; $2,71 \text{ г/см}^3$ – для важких суглинків; $2,72 \text{ г/см}^3$ – для глин.

Вміст повітря v_n для супісків становить 0,06–0,08; для легких суглинків – 0,05; для важких суглинків і глин – 0,04.

3) Максимальна щільність скелету ґрунту при стандартному ущільненні:

$$\rho d_{\max} = \frac{\rho_s(1 - v_n)}{1 + 0,01\rho_s W_{opt}} \quad (2.10)$$

4) За ДБН [2] призначаються найменші коефіцієнти ущільнення ґрунту K_y для елементів земляного полотна. За погодженням з керівником визначається розрахункова величина K_y .

5) Мінімальна потрібна щільність скелету ґрунту для різних елементів земляного полотна:

$$\rho d_{nomp} = K_y \times \rho d_{\max} \quad (2.11)$$

6) Коефіцієнт відносного ущільнення ґрунту:

$$K_{\text{вiд}} = \frac{\rho d_{nomp}}{\rho d_e} \quad (2.12)$$

7) Характерні вологості ґрунтів

$$\left. \begin{aligned} W_1 &= K_{W1} W_{opt} \\ W_2 &= K_{W2} W_L \\ W_3 &= K_{W3} W_L \end{aligned} \right\} \quad (2.13)$$

де $K_{W1} = 0,9$ – коефіцієнт (згідно з табл. 6.4 [2]) при вологості ґрунту меншій за W_{II} в проекті слід передбачити спеціальні заходи по його ущільненню (дозволення, ущільнення більш тонкими шарами);

K_{W2} , K_{W3} – коефіцієнти, які характеризують допустимий інтервал вологості, при якому можливе ущільненні W_2 і W_3 (згідно з табл. 6.5 [2]).

8) Максимальна вологість ґрунту в річному циклі:

$$W_{\rho\gamma} = \frac{W_n}{\gamma_n} \quad (2.14)$$

де γ_n – коефіцієнт, що характеризує вологість ґрунту в період польових обстежень у частках від максимальної величини.

Значення γ_n для різних регіонів України наведені в табл. 2.2;

W_n – вологість ґрунту в період проведення польових обстежень.

Таблиця 2.2

ДКЗ	Величини γ_n в річному циклі											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
II	0,93	0,97	1,0	1,0	0,91	0,76	0,70	0,77	0,78	0,82	0,87	0,90
III	0,96	0,98	1,0	1,0	0,95	0,86	0,79	0,83	0,84	0,86	0,91	0,94
IV	0,96	0,98	1,0	1,0	0,89	0,76	0,72	0,80	0,84	0,87	0,90	0,95
Прикарпаття та Карпати	0,96	0,98	1,0	1,0	0,96	0,90	0,85	0,86	0,86	0,88	0,90	0,93
Середнє для України	0,95	0,98	1,0	1,0	0,92	0,79	0,74	0,80	0,82	0,85	0,89	0,93

9) Вологість ґрунту в період будівництва земляного полотна:

$$W_s = \gamma_{ni} W_{pi} \quad (2.15)$$

де γ_{ni} – відносна вологість ґрунту в період будівництва у частках від максимальної згідно з даними табл. 2.2.

Ступінь зволоження визначають через відношення фактичної W_i і оптимальної вологостей за коефіцієнтом K_w :

$$K_w = \frac{W_i}{W_{opt}}$$

За отриманими значеннями W_i будують графік зміни вологості в річному циклі (див. рис. 5.1. [6]).

10) Середня щільність вологого ґрунту в період будівництва:

$$\rho = \rho d_{номп} (1 + W_{cp}) \quad (2.16)$$

де W_{cp} – середня вологість ґрунту в період будівництва (в частках одиниці).

Усі розрахунки зводяться в таблицю (табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Фізичні характеристики ґрунту

Показник	Одиниця	Позначення	Числові значення	
			Задані	Визначені
1. Щільність скелету ґрунту	г/см ³	ρ_{de}	+	
2. Щільність твердої частини ґрунту	г/см ³	ρ_s	+	
3. Вологість границі текучості	%	W_1	+	
4. Оптимальна вологість ґрунту	%	W_{opt}		
5. Вміст повітря при максимальній щільності скелету ґрунту	частка одиниці	v_n	+	
6. Максимальна щільність скелету при стандартному ущільненні	г/см ³	$\rho_{d_{max}}$		+
7. Найменший коефіцієнт ущільнення ґрунту для елементів земляного полотна: -робочий шар (насип до 1,5 м) -частина насипу в шарі 1,5...6,0 м -нижня частина високого насипу -розрахункова величина	частка одиниці	K_y	+	
8. Мінімальна потрібна щільність скелету ґрунту	г/см ³	$\rho_{d_{потр}}$		+
9. Коефіцієнт відносного ущільнення ґрунту	частка одиниці	$K_{від}$		+
10. Вологість ґрунту за [2] $W_1 = K_{w1} W_{opt}$ $W_2 = K_{w2} W_L$ $W_3 = K_{w3} W_L$	%			+
11. Вологість ґрунту в період проведення польових обстежень	%	$W_{п}$	+	
12. Максимальна вологість ґрунту в річному циклі	%	$W_{рц}$		+
13. Середня щільність вологого ґрунту в період будівництва	г/см ³	ρ		+

За даними розрахунків приймається рішення щодо умов використання ґрунтів (необхідність додаткового зволоження або просушування ґрунту, розрахунок робочих об'ємів земляних робіт, дані для

розрахунку продуктивності машин і параметрів технології будівництва земляного полотна).

Рішення щодо необхідності додаткового зволоження або просушування ґрунту приймається на підставі порівняння коефіцієнта перезволоження з вимогами за [2].

Ці вимоги деякою мірою відрізняються, особливо в тій частині, яка характеризує вологість ґрунту як нормальну. З метою підвищення надійності інженерних рішень пропонується розглядати вимоги діючих нормативних документів в комплексі і приймати при цьому жорсткіші норми. При цьому нормальна вологість ґрунту встановлюється за даними табл. 2.4.

При природній вологості, що нижча від вказаної в табл. 2.4, ґрунт потребує додаткового зволоження. При вологості ґрунту, вищій за W_{\max} (2.18), ґрунт не може бути використаний для будівництва земляного полотна. При вологості ґрунту вищій за вказану в табл. 2.4, але нижчій від W_{\max} , ґрунт можна використовувати для будівництва з обов'язковим просушуванням.

Таблиця 2.4

Ґрунт	Вологість ґрунту у частках від оптимальної при коефіцієнті ущільнення		
	1,0 – 0,98	0,95	0,90
Супіски легкі та пілуваті	0,90-1,25	0,90-1,35	0,90-1,60
Супіски важкі пілуваті	0,90-1,15	0,90-1,20	0,90-1,40
Суглинки важкі та важкі пілуваті, глини	0,90-1,05	0,90-1,10	0,90-1,20

При природній вологості W_i , що нижче від W_1 або W_2 ґрунт потребує додаткового зволоження. При до зволоженні ґрунту необхідно враховувати втрати вологості на випаровування. Тому ґрунт необхідно до зволожувати не до оптимальної, а до потрібної вологості $W_{\text{потр}}$, яка визначається за формулою:

$$W_{\text{потр}}^i = W_o + (a_1 + a_2)T_{z-y}, \quad (2.17)$$

де a_1 , a_2 – коефіцієнти, що призначаються залежно від виду ґрунту, температури повітря та швидкості вітру за [дод. Б 6];

T_{z-y} – час між додатковими зволоженням та ущільненням ґрунту (частках доби).

Кількість води, що необхідна для додаткового зволоження,

т/м³:

$$P_B^i = (W_n + W_i) \rho_{dnnom} \quad (2.18)$$

Тривалість просушування ґрунту в частках доби

$$T_{np} = \frac{W_i - W_{opt}}{a_1 + a_2} \quad (2.19)$$

2.4. Проектування розподілу земляних мас

Мета проектування – встановлення джерел покриття потреб ґрунту для будівництва земляного полотна, визначення відстані транспортування ґрунту на різних ділянках траси та об'ємів земляних робіт, розбивка траси на ділянки з однорідними умовами будівництва земляного полотна.

Ці дані є основою для обчислення площі тимчасового відведення земель на період будівництва і затрат на їх рекультивуацію, визначення потреби в землерийних і транспортних машинах і механізмах для будівництва земляного полотна, встановлення потреб в матеріальних, трудових та енергетичних ресурсах для будівництва, техніко-економічної оцінки ефективності прийнятих рішень щодо будівництва земляного полотна.

Підсумкові документи проектування – відомість об'ємів земляних робіт і схема розподілу земляних мас.

Вихідними для проектування є дані про район будівництва, умови зволоження та поверхневий водовідвід; профільні об'єми робіт і коефіцієнт відносного ущільнення ґрунту; місця розташування ґрунтових кар'єрів; робочі відмітки насипів та виїмок, товщина рослинного шару ґрунту.

Головні критерії проектування:

Мінімальна вартість робіт з будівництва земляного полотна (мінімальна відстань транспортування ґрунту);

-максимально повне використання об'єму ґрунту виїмок для відсіпки насипів;

-мінімальна площа тимчасового відведення земель для будівництва земляного полотна

Проектування розподілу земляних мас ведемо у певній послідовності:

-підраховуємо загальні об'єми ґрунту в насипах (з урахуванням коефіцієнта відносного ущільнення) та виїмках з урахуванням робіт з видалення рослинного шару ґрунту та його заміни;

-проаналізувавши різницю в робочих об'ємах ґрунту насипів та виїмок. Приймаємо рішення створити кар'єр

-побудувавши інтегральну криву розподілу земляних мас і встановивши згідно з неї границі зон постачання ґрунту з виїмок для відсипки насипів і відстань його транспортування;

-побудувавши графік дальності транспортування ґрунту з кар'єрів і виїмок, уточнивши границі зон постачання ґрунту, встановивши остаточно відстань транспортування ґрунту, границі ділянок з однорідними умовами робіт доцільної розробки ґрунту в кар'єрах, площу тимчасового відведення земель під кар'єри та притрасові резерви ґрунту;

-будуємо схему розподілу земляних мас.

За допомогою таблиці 2.5 будуємо графік робочих об'ємів земляних робіт (див. стор. 133 [6]) та інтегральну криву розподілу земляних мас (див. стор. 134 [6]) на міліметровому папері.

2.5. Уточнення фактичних об'ємів земляних робіт

Будівельні геометричні розміри поперечного профілю земляного полотна у насипу (виїмці), які необхідні для підрахунків робочих об'ємів земляних робіт з урахуванням видалення шару рослинного ґрунту та його заміни, визначають за наступними вихідними даними:

- профільні об'єми робіт в насипах $V_{п}^н$ та у виїмках $V_{п}^в$;
- висота насипу h_n , глибина виїмки h_v ;
- товщина рослинного шару $\Delta h_{р.ш.}$;
- категорія ділянки дороги, що будується;
- ширина насипу або виїмки - B (згідно з [4]);
- закладення укосів - m (згідно з [4]);
- середня глибина кювету, яку можна прийняти як - $h_k = 0,3 - 0,5$ м;
- ширина кювету, яку можна прийняти як - $b_k = 0,3 - 0,5$ м;
- висота валика знятого рослинного шару h з.р.г. = $0,5$ м;
- ширина берми $D = 1,5$ м.

Будівельні геометричні розміри поперечного профілю земляного полотна визначають у такій послідовності:

1) поправка до ширини земляного полотна, м

$$\Delta B_{р.ш.} = 2\Delta h_{р.ш.} \times m$$

2) Ширина поперечного профілю

- в основі насипу (по низу)

$$B_H^H = B + 2mh_n + \Delta B_{p.ш.}$$

- для виїмки поверху

$$B_B^B = B + 2(2mh_k + b_k) + 2mh_B - \Delta B_{p.ш.}$$

3) Ширина зняття рослинного шару ґрунту (відстань між валиками знятого рослинного ґрунту), м

- для насипу

$$B_{p.г.}^H = B_H^H + 2D;$$

-для виїмки

$$B_{p.г.}^B = B_B^B + 2D$$

4) Ширина валика знятого рослинного ґрунту, м

$$b_{з.р.г.} = L_{p.г.} \frac{\Delta h_{p.ш.}}{2h_{з.р.г.}}$$

Визначення робочих об'ємів ґрунту при спорудженні земляного полотна має за мету уточнення об'ємів земляних робіт з урахуванням конкретних умов будівництва, які частіше за все відрізняються від проектних. Для цього:

1) визначають об'єм ґрунту рослинного шару, м³, який знімають безпосередньо в основі насипу та по верху виїмки для кожної ділянки дороги (на кожному пікеті):

- для насипу

$$V_{p.г.}^{пк.} = B_H^H \Delta h_{p.ш.} L$$

-для виїмки

$$V_{p.г.}^{пк.} = B_B^B \Delta h_{p.ш.} L$$

де L - довжина ділянки, на пікеті L = 100 м.

2) підраховують загальні робочі об'єми

- в насипах

$$V_p^H = (V_{п.}^H + V_{p.г.}^H) K_{від}$$

- у виїмках

$$V_p^B = V_{п.}^B - V_{p.г.}^B$$

Підрахунок робочих об'ємів ведуть у табличній формі.

Проектування розподілу та переміщення земляних мас

Проектування розподілу земляних мас виконують на основі ві-

домостей про робочі об'єми ґрунтів на пікетах, напрями та відстані транспортування ґрунту. Проектування виконують в табличній формі або за допомогою інтегральної кривої розподілу земляних мас. У курсовому проєкті доцільно вирішувати питання щодо розподілу земляних мас за допомогою інтегральної кривої. Побудову її виконують в такій послідовності.

1) За даними відомості робочих об'ємів ґрунтів у вигляді гістограми будують графік робочих об'ємів земляних робіт. По осі абсцис відкладають ПК, а вздовж осі ординат попикетні робочі об'єми ґрунту в м³ (стовпчиками на кожному пікеті), причому об'єми насипів приймають з від'ємним знаком (донизу), а виїмок - з додатним знаком (доверху).

2) За даними відомості та графіку робочих об'ємів земляних робіт будують інтегральну криву розподілу земляних мас, яка будується шляхом послідовного додавання з відповідним знаком попикетних об'ємів насипів (зі знаком "-") та виїмок (зі знаком "+") - підсумований робочий об'єм ґрунту $\Sigma v = \Sigma v_{(-)} + \Sigma v_{(+)}$ на інтегральній кривій низхідні ділянки відповідають насипам (-), а висхідні виїмкам (+); різниця двох суміжних ординат графіку означає, у прийнятому масштабі об'єму земляних робіт на ділянці між двома суміжними ординатами. Будь-яка горизонтальна січна на інтегральній кривій розподілу земляних мас характеризує баланс земляних мас, тобто рівність об'ємів ґрунту, який розробляється у виїмці та переміщується у насип.

3) Використовуючи властивості горизонтальної січної розбивають інтегральну криву по довжині траси на характерні ділянки, причому січні проводять таким чином, щоб максимально забезпечити баланс земляних мас па ділянках насипів за рахунок об'єму ґрунту, який розробляють у виїмках.

4) Аналіз характерних ділянок, які отримані на інтегральній кривій, дозволяг визначити їх границі з однорідними умовами робіт: встановити границі зон постачання ґрунту з виїмок для відсипки насипів; у разі явно недостатнього об'єму ґрунту виїмок необхідно проаналізувати можливість використання ґрунту бічних резервів для відсипки насипу або улаштування зосереджених кар'єрів; за надлишкових об'ємів ґрунту виїмок - передбачити місця розташування кавальєрів і їх об'єми.

5) Робочий об'єм на ділянках балансу мас визначають як різ-

ницю відміток (об'ємів) горизонтальної січної і найвищої (найнижчої) точки інтегральної кривої. Робочий об'єм на ділянках де влаштовується тільки насип або тільки виїмка визначають як різницю між відмітками (об'ємами) початку і кінця зазначених ділянок.

б) Для характерних однотипних ділянок визначають середні дальності поздовжнього транспортування ґрунту: при роботі скреперів, за (п. 1.2.11 [1]), дальність переміщення ґрунту дорівнює половині всього переміщення (в обидва кінці) за один цикл; тобто довжині ділянки; при роботі бульдозерів - відстані між центрами ваги виїмки і насипу (відвалу); при роботі екскаваторів, за, дальність транспортування ґрунту автосамоскидом із зосереджених ґрунтових кар'єрів або в кавальєр визначають за.

7) Провідні машини вибирають за таблицею 5.9, в якій наведені рекомендовані засоби механізації дорожньо-будівельних робіт при спорудженні земляного полотна в залежності від різновиду ґрунту, висоти пасипу та глибини виїмки, середньої дальності транспортування ґрунту на ділянках.

Провідні машини за умовами виробництва

Види робіт та умови будівництва	Відстань переміщення ґрунту, м		Типи провідних машин
Зняття рослинного шару тушу	До 50 м		Бульдозери
	50...100		Бульдозери, причіпні скрепери
Насипи з бічних резервів	Висотою до 1,5 м	До 20 .	Бульдозери
	1,5...3,0 м	До 50	Бульдозери для нижньої частини насипу, скрепери - для верхньої ча-
Насипи із виїмок та кар'єрів	До 500		Причіпні скрепери
	500...1000		Причіпні та самохідні скрепери
	1000...3000		самохідні скрепери, екскаватори з тракторними причепами
	Понад 3000		Екскаватори з тракторними причепами або автосамоскидами

8) Усі результати проведеного аналізу і розрахунки за попередніми пунктами заносять у таблицю (див. рис. В.1), яку розміщують

безпосередньо під інтегральною кривою.

9) Складають відомість оплачуваних земляних робіт за формою таблиці 2.5. Всі значення робочих об'ємів повинні бути заокруглені до десятків.

Проектування розподілу земляних мас

За даними відомості робочих об'ємів ґрунту у вигляді гістограми будують графік робочих об'ємів земляних робіт та інтегральну криву розподілу земляних мас по підсумованому робочому об'єму. Використовуючи властивості горизонтальної січної розбивають інтегральну криву по довжині траси на ділянки. Ділянки як приклад 2, 4, 5 - мають баланс земляних мас: ґрунт з виїмок використовують для відсіпки насипів. Ділянки 1 та 3 ділянки насипів, ділянка 6 - виїмка. За підрахованими робочими об'ємами на ділянках, визначимо, що ґрунт з 6-ї ділянки, з виїмки, можна використовувати для влаштування насипів на 1 та 3 ділянках. Для надлишкового об'єму ґрунту виїмки передбачаємо кавальєр, згідно завдання.

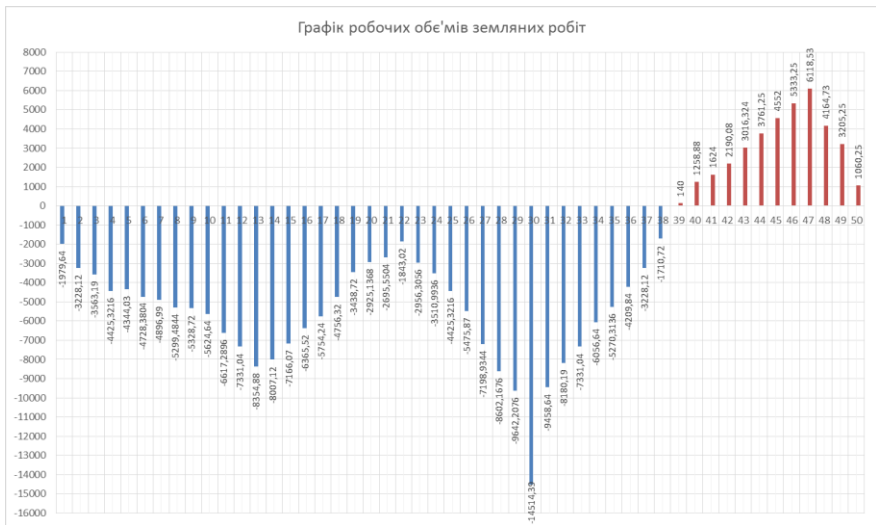


Рисунок 2.5 – Приклад графіку робочих об'ємів земляних робіт

Таблиця 2.5

Уточнені об'єми робіт

Км	пк	+	Профільний		Ширина		Відстань		Об'єм рос-		Коеф.	Робочий		Сумар.			
			об'єм		поперечного		між валика-		линого			відн.	об'єм		робочий		
			грунту, м ³		профілю, м		ми, м		шару, м ³		уціл.		грунту, м ³			об'єм	
			насип	виїмка	насип	виїмка	насип	виїмка	насип	виїмка		насип	виїмка	насип	виїмка		грунту
			V	V	V ^н	V ^в	V ^{пг}	V ^{пг}	V пк.пг	V пк.пг		K	V н.р	V в.р	м ³		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			

Таблиця 2.6

Відомість оплачувальних робіт

№ ділянки	ПК +		Довжина ділянки	Загальний обсяг робіт, м ³		Робочий об'єм ґрунту насипу, м ³			Об'єм ґрунту в кавальєр	Всього оплачуваних робіт, м ³	Розподіл об'ємів робіт по ведучих машинах, м ³			
	Початок	Кінець				Загалом	У тому числі				Скрепери самохідні	Автосамоскиди	Екскаратори	
							з виїмки	з кар'єру						
	1	2				3	4	насип			виїмка	7	8	9
1														
2														
3														

2.6. Проектування технології будівництва земляного полотна

Вибір параметрів технологічних процесів, марок провідних до-рожніх машин, вирішення організації робіт здійснюються на основі аналізу рішень, прийнятих під час проектування розподілу земляних мас з урахуванням термінів проведення робіт по спорудженню земляного полотна. Для цього підраховують:

1) мінімальний змінний об'єм робіт для кожного типу провідних машин, $m^3/зміну$:

$$V_{izm.min} = \frac{\sum V_{ip}}{T_{зм}}, \quad (2.20)$$

де V_{ip} - сумарний об'єм ґрунту, який підлягає розробці однією провідною машиною на всіх ділянках, m^3 .

2) Тривалість робіт за директивним строком для кожного типу провідної машини на кожній з ділянок, в змінах

$$T_{іdur} = \frac{\sum V_{ip}}{V_{izm.min}}, \quad (2.21)$$

де, $\sum V_{ip}$ - об'єм ґрунту, який підлягає розробці на кожній ділянці, або об'єм робіт на ділянці, m^3 .

3) Змінний об'єм ґрунту для кожної ланки певного типу провідних машин $V_{іскр.зм}$ або $V_{іекс.зм}$, тобто їх продуктивність визначається в залежності від:

- продуктивність однієї машини;
- попередньо визначеного мінімального змінного об'єму робіт;
- правил комплектування машин;
- забезпечення фронтом робіт машин, які виконують підготовчі роботи та подальші технологічні функції, при цьому довжина ділянки відсіпки шару ґрунту за зміну повинна бути в межах 50 – 200 м і визначається залежністю:

$$L_{зм} = \frac{V_{izm}}{h_y \cdot k_y \cdot B_{відс.}}, \quad (2.22)$$

де $B_{відс.}$ – ширина відсіпки шарів ґрунту в насип, можна визначити як середню ширину земляного полотна в поперечному профілі з додаванням по 0,2-0,5м по ширині насипу з кожного боку.

4) Відповідно до змінного об'єму робіт $V_{ізм}$. Визначають факти-

чну тривалість робіт:

$$T_{i\text{факт.}} = \frac{V_{ip}}{V_{i\text{зм}}}, \quad (2.23)$$

До основних параметрів робочих процесів спорудження земляного полотна відносять:

5) Об'єм рослинного шару, який треба усунути:

$$V_{p.z.} = L_{p.z.} \cdot \Delta h_{p.ш.} \cdot L_i, \quad (2.26)$$

де L_i – довжина ділянки.

б) Площа доущільнення насипу (при висоті насипу до 1,5 м.), м²:

$$F_{o.n.} = B_n^u \cdot L \quad (2.27)$$

7) Група ґрунту за складністю розробки, яку встановлюють згідно [3].

8) Об'єм розпушеного ґрунту верхнього шару при розробці виїмок, м³

$$V_{роз.} = B_6^e \cdot L_i \cdot h_{роз.}, \quad (2.28)$$

7) Товщина шару ґрунту при ущільненні його котками на пневматичних шинах, см:

$$h_y = 0,45 \frac{W_i}{W_{opt}} \sqrt{Q} \quad (2.29)$$

де W_i – вологість ґрунту в період ущільнення;

Q – навантаження на колесо котка, кг (для 25 т котків – 3125 кг, для 12 т – 1500 кг).

8) Щільність скелету ґрунту на початку роботи котків, яку визначають за формулою:

$$\rho_{d_0} = \frac{\rho_{d_0} K_1 K_2}{K_p}, \quad (2.30)$$

де K_1 – коефіцієнт що враховує спосіб ведення робіт: при бульдозерних роботах дорівнює 1,0; при скреперних – 1,2; при транспортуванні ґрунту автомобілями – самоскидами – 1,05 ;

K_2 – коефіцієнт який враховує регулювання руху землерійно – транспортних машин по ширині земляного полотна: робота без регулювання руху дорівнює 1,0; з регулюванням руху – 1,07;

K_p – коефіцієнт розпушення ґрунту, що у середньому дорівнює 1,3.

9) Максимальна щільність скелету двофазного ґрунту

$$\rho'd_{\max} = \frac{\rho_s}{1 + 0,01W'_i\rho_s}, \quad (2.31)$$

де W'_i – вологість ґрунту під час ущільнення.

10) Необхідна кількість проходів котка по одному сліду

$$N = \frac{1}{\beta} \ln \frac{\rho'd_{\max} - \rho d_0}{\rho'd_{\max} - \rho d_{\text{номп}}}. \quad (2.32)$$

де β – параметр який для пневмокотків масою більше 20 т дорівнює 0,25, а менше 20 т – 0,2.

11) Об'єм ґрунту, для розробки кюветів

$$V_k = 2(b_k + mh_k)h_k L. \quad (2.33)$$

12) Площа планування верха земляного полотна для ділянок з різними провідними машинами, м²

$$F_{zn} = BL \quad (2.34)$$

13) Площа планування укосів насипів (виїмок), м²

$$F_{ук} = 2L_{ук} \cdot L$$

де $L_{ук}$ довжина укосу насипу:

$$L_{ук} = (h_n + \Delta h_{p.ш.}) \sqrt{1 + 4m^2}$$

довжина зовнішнього укосу виїмки:

$$L_{ук} = (h_g + h_k - \Delta h_{p.ш.}) \sqrt{1 + 4m^2}$$

14) Необхідна кількість проходів котка по одному сліду:

$$N = \frac{1}{\beta} \ln \frac{\rho^1 d_{\max} - \rho d_0}{\rho^1 d_{\max} - \rho d_{\text{номп}}}. \quad (2.35)$$

де ρd_{\max} – максимальна щільність скелету двофазного ґрунту, г/см³;

β – параметр, що залежить від типу та маси котка. під час ущільнення; для пневмокотків масою більше 20т дорівнює 0,25, а для менше 20т – 0,2.

$\rho d_{\text{потр}}$ — щільність скелету ґрунту на початку роботи котків, г/см³.

2.7. Розробка і складання технологічної карти із спорудження земляного полотна

Для врахування умов робіт при виконанні певних технологічних операцій треба визначити норми часу деяких машин :

1) Норма часу бульдозера

- для зняття рослинного шару і переміщення ґрунту.

2) Норма часу самохідного скрепера для розробки і переміщення ґрунту.

3) Норма часу котка на пневмоколісному ході при ущільненні шарів ґрунту в насипах.

4) Норму часу для автосамоскида при ремонті і утриманні землевозних доріг.

5) Змінну продуктивність автосамоскида.

6) Тривалість підготовчих робіт, а саме по зніманню рослинного шару призначають в залежності продуктивності бульдозера з врахуванням фактичної тривалості робіт, які проводяться ланками з провідними машинами.

7). Тривалість планувальних робіт призначають в залежності від продуктивності роботи автогрейдера, як провідної машини на ділянках насипів (виїмок) висотою (глибиною) до 1,0 м або екскаватора-планувальника на ділянках насипів (виїмок висотою (глибиною) понад 1,0 м, а також з врахування фактичної тривалості робіт по улаштуванню земляного полотна на ділянці.

2.8. Розробка технологічних карт на роботи по зведенню земляного полотна

На основі вимог нормативних документів та технологічної послідовності виконання операцій складають технологічну карту на виконання робіт.

Послідовність заповнення карти у наступній послідовності:

- у графі 1 наводять нумерацію робочих процесів у технологічній послідовності (1, 2,...,п);

- у графі 2 перераховують технологічні процеси, які необхідно виконати для створення конструктивного елемента або шару;

- у графу 3 вносять джерело посилань по обґрунтуванню продуктивності машин та механізмів, із зазначенням номера групи і норми

- у графі 4, вказують вид робіт, які відповідають назві груп, та до наведених технологічних операцій; згідно вихідних даних та за розрахунками;
- у графі 5 описують склад робіт, вказаний за відповідною групою.
- у графу 6 записують вимірник, розрахунків;
- у графі 7 вказують марки машин, та технологічні режими їх використання, наводять схеми руху провідних і допоміжних машин;
- у графу 8 вносять попередньо розраховані об'єми робіт;
- у графу 9 заносять норму часу;
- у графу 10 записують змінну продуктивність машин;
- у графі 11 визначають кількість машино-змін (з точністю до сотих часток).

№ п/п	Технологічні операції	Джерело даних	Вид робіт	Склад робіт	Вимірник	Машини і механізми (схема руху)	Об'єм робіт на ділянці			Норма часу	Змінна продуктивність			Кількість машино-змін		
							№2	№4	№6		№2	№4	№6	№2	№4	№6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Загальну кількість машино-змін необхідних для виконання окремих видів робіт визначають як:

$$N^{заг. маш.-зм.} = \frac{V_{ip.}}{\Pi_i} \quad (2.36)$$

Після нормування технологічних операцій за видом робіт на кожній ділянці земляного полотна визначають склад механізованої дорожньої ланки. (див. додаток В [6])

№ п/п	Машини і механізми	Загальна кількість машино-змін	Кількість машин	Коефіцієнт використання машини в зміні	Час роботи машини в зміні, год.
1	2	3	4	5	6

- у графі 1 наводять послідовну нумерацію машин і механізмів;

- у графі 2 вказують тип і марки машин;
- у графу 3 заносять загальну кількість машино-змін для влаштування певної ділянки;
- у графі 4 визначають кількість машино-змін в одну зміну за залежністю

$$N_{i\text{маш.-зм.}} = \frac{N_{\text{заг. маш.-зм.}}}{T_{\text{іфакт.}}} \quad (2.36)$$

- у графі 4 кількість машино-змін в зміну треба заокруглити до цілих величин кількості машин $N_{i\text{маш.-зм.}}$;
- у графі 5 коефіцієнт використання машин визначають як

$$K_{\text{вик. маш.}} = \frac{N_{i\text{.маш.-зм.}}}{N_{i\text{маш.}}} \quad (2.37)$$

- у графі 6 час роботи машин визначають за залежністю.

$$T_{\text{зм. маш.}} = K_{\text{вик. маш.}} T_z \quad (2.38)$$

Розробка і складання технологічних карт на роботи по зведенню земляного полотна

На лінійно-календарному графіку подається послідовність роботи бригад та витрати часу на спорудження земляного полотна по кожній ділянці. Горизонтальна вісь графіка – траса дороги, вертикальна – термін будівництва земляного полотна та період будівництва.

Для побудови графіка необхідно:

- згрупувати ділянки з однорідними умовами робіт та визначити послідовність будівництва земляного полотна кожною з бригад на відповідних ділянках;
- згідно з обсягами робіт та виробністю бригад визначити термін роботи кожною з них на відповідній ділянці;
- по вісі ординат відкласти термін спорудження насипів і розробки виїмок на кожній ділянці.

Термін робіт з будівництва насипів висотою до 1,5 м позначається лініями. Термін робіт з розробки виїмок стовпчиками (висота стовпчика означає необхідний час на розробку виїмки).

Термін робіт зі спорудження високих насипів позначається системою уступів. Ширина уступу характеризує довжину робіт при будівництві (200...500 м). .

Перехід бригад з однієї ділянки на іншу позначається пунктиром.

За погодженням з керівником проекту на графіку позначаються місяця розташування штучних споруд і директивні терміни робіт з їх будівництва.

2.9. Висновки

У розділі студент повинен у стислій формі зробити висновки щодо прийнятих інженерних рішень, підсумувати необхідні ресурси для спорудження полотна, нанести результуючі техніко-економічні показники будівництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойчук В. С. Довідник дорожника. К. : Урожай, 2002. 557 с.
2. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина 1. Проектування Частина 2. Будівництво. [Чинний від 2015-09-21]. Вид. офіц. Київ, Мінрегіон України, 2015. 113 с.
3. ДБН-Д 22-27-99 Ресурні елементні кошторисні норми. Автомобільні дороги. Київ, 2000. 70 с.
4. ДСТУ-Н Б В.2.3-32:2016 Настанова з улаштування земляного полотна автомобільних доріг. [Чинний від 2016-02-19]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 88 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1-1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2011. 130 с.
6. Технологія будівництва автомобільних доріг в прикладах (для курсового та дипломного проектування) : навчальний посібник / Савенко В. Я. та ін. К., 2003. 377 с.

Додаток
Варіанти ґрунтових умов

№ варіанта	Гранулометричний склад - вміст частинок в % за крупністю									Основні фізичні характеристики				
	10÷2	2÷1	1÷0,5	0,5÷0,25	0,25÷0,1	0,1÷0,05	0,05÷0,01	0,01÷0,005	<0,005	ρ_s , г/см ³	ρ , г/см ³	W, %	W _L , %	W _P , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	—	5	8,0	12,0	32,0	25,0	10,0	8,0	—	2,65	1,90	11,1	—	—
2	—	1,0	3,0	16,5	18,5	24,0	27,5	9,5	—	2,65	1,97	15,4	—	—
3	5,0	11,0	14,0	27,0	12,0	13,5	11,0	6,5	—	2,67	2,02	14,0	—	—
4	—	1,0	3,0	6,5	23,5	29,0	22,5	14,5	—	2,75	1,97	12,4	—	—
5	5,0	7,0	12,0	27,0	25,0	12,0	7,0	3,5	1,5	2,76	2,05	13,7	—	—
6	—	2,0	8,0	12,0	35,0	23,0	10,0	8,0	2,0	2,67	2,01	14,9	—	—
7	5,0	12,0	17,0	27,0	15,0	12,0	7,0	3,4	1,6	2,56	2,05	14,7	—	—
8	4,0	23,0	28,9	29,0	4,8	4,0	4,0	2,3	—	2,66	2,08	10,0	—	—
9	2,0	4,5	5,0	24,5	28,5	25,5	8,5	3,5	—	2,63	1,92	16,8	—	—
10	2,0	15,0	13,0	28,0	10,0	14,0	14,0	4,0	—	2,60	1,97	14,0	—	—
11	5,0	6,0	21,0	27,0	15,0	16,0	4,0	6,0	—	2,66	1,98	14,2	—	—
12	2,0	10,0	17,0	20,0	23,0	14,0	9,0	3,0	2,0	2,66	1,98	15,6	—	—
13	5,0	7,0	12,0	27,0	25,0	12,0	7,0	5,0	—	2,64	2,06	10,7	—	—
14	—	15,0	20,0	27,0	23,0	10,0	3,0	2,0	—	2,65	2,00	14,0	—	—
15	2,0	8,0	10,0	26,5	20,0	23,5	10,0	—	—	2,66	2,10	10,0	—	—
16	10,0	35,0	30,0	20,0	5,0	—	—	—	—	2,65	2,12	8,0	—	—
17	15,0	15,0	31,0	19,0	15,0	5,0	—	—	—	2,65	2,16	6,0	—	—
18	—	20,0	19,0	19,0	20,0	10,0	7,0	3,0	2,0	2,66	1,98	15,6	—	—
19	—	2,0	3,0	12,0	35,0	23,0	15,0	8,0	2,0	2,67	2,00	14,8	—	—
20	1,2	18,0	23,0	18,6	23,0	15,0	0,9	0,1	0,8	2,69	1,97	15,0	—	—
21	—	11,0	13,0	16,5	23,5	9,0	12,5	14,5	—	2,70	1,95	15,4	—	—
22	15,0	17,0	17,0	27,0	15,0	2,0	2,0	3,5	1,5	2,71	2,10	13,7	—	—
23	—	5,0	13,0	17,0	25,0	18,0	10,0	8,0	4,0	2,62	2,05	14,4	—	—
24	5,0	12,0	11,0	27,0	18,0	12,0	10,0	3,4	1,6	2,53	2,10	14,1	—	—
25	4,0	23,0	18,9	29,0	9,8	9,0	4,0	2,3	—	2,67	2,00	10,6	—	—
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,67	1,90	26,3	27,0	21,0
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,70	1,90	29,0	30,0	19,0
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,71	1,92	30,0	41,0	24,0
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,71	1,89	25,8	26,9	20,0
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,72	1,88	33,9	35,0	23,0
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,73	1,96	29,2	53,2	31,3
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,72	1,71	21,0	31,0	19,0

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,71	1,85	24,0	35,0	22,0
34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,68	1,83	29,3	31,0	22,5
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,69	1,95	23,5	35,0	22,0
36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,70	2,10	20,0	21,0	15,0
37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,72	1,93	31,0	37,0	23,0
38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,76	1,88	20,0	47,0	22,0
39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,69	1,95	29,0	35,0	21,0
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,70	1,94	29,6	35,0	22,0
41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,67	1,90	26,3	27,0	21,0
42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,70	1,90	29,0	30,0	19,0
43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,71	1,92	30,0	41,0	24,0
44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,71	1,89	25,8	26,9	20,0
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,72	1,88	33,9	35,0	23,0
46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,70	1,97	21,0	21,0	11,0
47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,63	1,93	33,0	37,0	20,0
48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,76	1,98	29,0	47,0	22,0
49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,49	1,99	24,0	35,0	21,0
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,71	1,84	23,6	31,0	22,0
XУ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,57	1,95	26,3	29,0	21,0