#### Практична робота № 2

#### Вибір технічних засобів для виконання робіт з вертикального планування майданчика

#### Розробка ґрунту землерийно-транспортними машинами

|  |
| --- |
|  |

**Література**

* 1. КНУ РЕКНб. Збірник 1. «Земляні роботи» / Міністерство розвитку громад та територій України, 2021.
	2. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12)
	3. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів (СНиП 3.02.01-87, MOD)

До землерийно-транспортних машин відносяться грейдери, грейдери-елеватори, бульдозери, навантажувачі, скрепери. За їх допомогою виконується значна кількість основних, допоміжних та підготовчих процесів у найрізноманітніших умовах. Однак є ряд обмежень щодо застосування даних машин, пов'язані з геометричними розмірами і просторовою формою земляної споруди, дальністю транспортування ґрунту, вузькою спеціалізацією деяких типів машин.

*Грейдери* та *автогрейдери* використовуються для профілювання ґрунтових доріг з улаштуванням бічних канав, валів з бокових резервів, планування земляного полотна, укосів, зведення дорожніх насипів, дамб, влаштування дорожнього полотна і терас на крутих схилах, основи доріг. Грейдери можуть бути причіпними чи напівпричіпними. Вони працюють у ланці з гусеничними тракторами чи колісними тягачами. Автогрейдери – це самохідні машини на пневмоколісному ході. Грейдери здатні переміщати ґрунт на відстань до 20 м.

*Грейдери-елеватори* служать для пошарового різання і переміщення ґрунту при зведенні дорожніх насипів і дамб з використанням ґрунту з бічних резервів, розробки виїмок, влаштуванні каналів і котлованів. Грейдер-елеватор є землерийною машиною безперервної дії з транспортним пристроєм у вигляді стрічкового конвеєра або метальника. Грейдери-елеватори можуть переміщувати ґрунт у відвал чи транспортний засіб.

Однак на практиці найбільш часто застосовуваними для вертикального планування майданчиків є бульдозери та скрепери. Вони призначені для розробки ґрунту, його переміщення та розвантаження в насипі. Машини повертаються у вибій порожніми. Вартість робіт, що виконуються за допомогою бульдозерів і скреперів, у З-4 рази менше вартості робіт, що виконуються одноковшовими екскаваторами.

*Бульдозери* використовують для переміщення ґрунту з виїмки в насип на відстань до 100 м. При використанні потужних тракторів дальність може бути збільшена до 200-300 м. Спектр використання бульдозерів досить широкий. Вони можуть застосовуватися для зворотного засипання пазух траншей і котлованів ґрунтом, який складувався на брівці, зачистки дна котлованів після їх розробки іншими механізмами, розрівнювання і планування ґрунту, влаштування невеликих і неглибоких котлованів. При переміщенні ґрунту на значні відстані відвали бульдозерів з боків можуть бути обладнані окрилками.

Цикл роботи бульдозера складається з наступних операцій:

* різання та набір ґрунту;
* переміщення ґрунту;
* розвантаження.

Набір ґрунту здійснюється шляхом зняття земляної стружки. Він виготовляється на рівних ділянках, бажано при русі під ухил 10...20%, що дозволяє зрізати стружку ґрунту оптимальної товщини. Робота на схилі підвищує продуктивність у 1,5...2,5 рази. Переміщення ґрунту проводиться посуванням його відвалом бульдозера. Розвантаження ґрунту виконується одночасно з поверненням бульдозера до місця набору ґрунту (зазвичай заднім ходом).

*Скрепери* – це землерийно-транспортні машини циклічної дії. Вони можуть виконувати самостійну розробку ґрунту, а також його транспортування з виїмок у насипи. Експлуатаційні характеристики скрепера дозволяють використовувати їх для розробки котлованів і планування поверхонь. Скрепер як землерийно-транспортна машина може виконувати такі роботи: розробку та укладання ґрунту в земляні споруди різних типів, переміщення ґрунту на відстань від 100 до 5000 м, зняття та переміщення рослинного шару, пошарове розрівнювання ґрунту. Оптимальна дальність переміщення ґрунту скреперами наведена в табл. 1.

*Таблиця 1*

**Дальність переміщення ґрунту скрепером**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ємність ковша, м3 | 12 | 15 | 20 | 30 | 50 |
| Відстань переміщення, м,  не більше | 300 | 500 | 700 | 1000 | 3000...5000 |

Робочим органом скрепера є ківш з ножовим пристроєм, який здійснює пошарове різання ґрунту та одночасний набір його в ківш. Під час підіймання та закриття ковша машина переходить у транспортний стан. Вивантаження ґрунту проводиться в процесі руху скрепера: пошарово, шляхом нахилу ковша скрепера або переміщення задньої стінки ковша – вільним або примусовим розвантаженням.

Скрепери поділяються на причіпні, напівпричіпні та самохідні. Їх основні технологічні параметри: вантажопідйомність, ширина і глибина різання, товщина шару, що відсипається.

При розробці супісків та суглинків ковші скреперів можуть завантажуватися «з шапкою». Легкі ґрунти без валунів розроблюються відразу, щільніші – попередньо розпушують. При розробці сухих сипких ґрунтів скреперний ківш завантажують зазвичай лише на 60... 70%.

Для повного і швидкого заповнення ґрунтом ковша скреперів традиційної конструкції використовують трактори-штовхачі, які дозволяють збільшити зусилля різання ґрунту ножем ковша і підвищити коефіцієнт його наповнення. Для підвищення продуктивності розроблені скрепери з примусовим завантаженням ковша, двомоторні скрепери, скреперні потяги. Вони дозволяють працювати без штовхачів, що знижує вартість розробки ґрунту.

Цикл роботи скрепера включає такі операції:

* набір ґрунту ковшем скрепера;
* переміщення навантаженого скрепера до насипу;
* розвантаження ковша з розрівнюванням та частковим ущільненням;
* повернення порожнім ходом до виїмки.

Залежно від конкретних умов — протяжності фронту робіт, об’єму переміщуваних земляних мас, взаємного розташування насипів і виїмок, ухилу території, що сплановується, — застосовують різні схеми руху скреперів.

При проведенні земляних робіт значне поширення отримали *одноковшові фронтальні навантажувачі*. Це пов'язано з тим, що сучасні моделі цих землерийно-транспортних машин за своєю мобільністю, маневреністю і простотою конструкції перевершують одноковшові екскаватори. Застосування навантажувачів дозволяє механізувати такі процеси:

* зняття та переміщення рослинного шару ґрунту;
* підготовка вибою;
* зачистка дна виїмок;
* зрізання ґрунту в земляних спорудах;
* розробка та транспортування ґрунту;
* навантаження ґрунту;
* рух на відстань до 200 м;
* пошарове розрівнювання ґрунту;
* планування ґрунту;
* зворотне засипання виїмок та пазух.

Залежно від складності розробки та виду машин, що застосовуються для розробки, ґрунти ділять декілька груп. Групи ґрунту вказуються в довідково-нормативній літературі або визначаються за табл. 2 та 3. При розробці бульдозерами ґрунти поділяють на три групи (І, ІІ, ІІІ). Ґрунти III групи попередньо розпушують за допомогою розпушувачів, що встановлюються на бульдозер. При цьому використовують один, два або три зуби-розпушувачі.

*Таблиця 2*

**Розподіл немерзлих ґрунтів на групи**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Найменування та характеристика ґрунту | Середня щільність у природному стані, кг/м3 | Розробка ґрунту |
| Ексакаватором | Скрепером  | Бульдозером  | Грейдером  | Грейдером-елеватором |
| одноковшовим  | траншейним ланцюговим  | траншейним роторним |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* |
| **Глина**:жирна м'яка без домішок | 1800 | II | II | II | II | II | II | II |
| з домішкою щебеню, гравію, гальки або будівельного сміття до 10% за об’ємом | 1750 | II | II | II | II | ІІІ | ІІІ | – |
| із домішками понад 10% за обсягом | 1900 | ІІІ | – | ІІІ | II | II | – | – |
| карбонна м'яка | 1950 | ІІІ | – | ІІІ | II | III | III | III |
| важка ломова сланцева, тверда карбонна. | 1950...2150 | IV | – | IV | – | III | – | – |
| **Грунт рослинного шару:**без коренів та домішок | 1200 | I | I | I | I | I | I | I |
| з корінням чагарнику та дерев | 1200 | I | II | II | I | II | – | – |
| з домішкою щебеню, гравію або будівельного сміття | 1400 | I | II | II | I | II | – | – |
| **Пісок:**без домішок, а також з домішкою щебеню, гравію, гальки або будівельного сміття до 10% за об’ємом | 1600 | I | II | II | II | II | II | III |
| те ж саме, з домішкою понад 10 % за об’ємом  | 1700 | I | – | II | II | II | – | – |
| барханний і дюний | 1600 | II | – | – | – | III | III | – |
| **Суглинок:** легкий та лесовий без домішок | 1700 | I | I | I | I | I | I | I |
| те ж, з домішкою щебеню, галькою або будівельного сміття до 10 % за об’ємом. | 1700 | I | II | II | I | I | I | – |
| те саме, з домішкою понад 10% за об’ємом | 1750 | II | – | II | II | II | – | – |
| важкий без домішок і з домішкою щебеню, гравію, гальки або будівельного сміття до 10 % за об’ємом | 1750 | II | II | III | II | II | II | II |
| те саме, з домішкою понад 10% за об’ємом | 1950 | III | – | IV | – | II | – | – |
| **Супісок:**без домішок, а також із домішкою гравію, гальки, щебеню або будівельного сміття до 10 % за об’ємом | 1650 | I | II | II | II | II | II | II |
| те саме, з домішкою понад 10% за об’ємом | 1850 | I | – | II | II | II | – | – |

Під час розробки скреперами ґрунти поділяють на чотири групи (I, II, III, IV). IV група включає важкі глинисті ґрунти, що містять валуни та каміння розміром не більше 300 мм. Ґрунти, розробка яких ускладнена, попередньо розпушують на товщину шару, що може бути забезпечена роботою трактора з навісними розпушувачами.

*Таблиця 3*

**Розподіл мерзлих ґрунтів на групи**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування та характеристика ґрунту | Розробка | Розпушування ґрунту | Нарізка прорізною баровою машиною |
| одноковшевим екскаватором попередньо розпушеного ґрунту | траншейними екскава-торами | бульдозером попередньо розпушеного ґрунту | бульдозерами-розпушувачами | клин-молотом |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* |
| **Глина**:жирна м'яка і м'яка без домішок | ІІІм | ІІІм | Ім | ІІм | ІІІм | ІІм |
| з домішкою щебеню, гравію, гальки або будівельного сміття | ІІІм | ІІІм | ІІІм | ІІІм | ІVм | ІVм |
| важка ломова сланцева, тверда | ІІІм | ІVм | ІІІм | ІVм | ІVм | ІІІм |
| **Ґрунтово-рослинний шар**:без домішок | Ім | Ім | Ім | Ім | Ім | Ім |
| з домішкою щебеню, гравієм або будівельного сміття | Ім | ІІм | ІІм | ІІм | ІІм | ІІІм |
| **Пісок**:без домішок | Ім | ІІм | Ім | Ім | Ім | Ім |
| з домішкою щебеню, гравія, гальки або будівельного сміття | Ім | ІІм | ІІм | ІІм | ІІм | ІІІм |
| **Суглинок:** легкий та лесовий без домішок | ІІм | Ім | Ім | Ім | ІІм | ІІм |
| те ж, з домішкою щебеню, галькою або будівельного сміття. | ІІм | ІІм | ІІІм | ІІІм | ІІІм | ІVм |
| важкий без домішок | ІІІм | ІІІм | ІІм | ІІІм | ІІІм | ІІм |
| важкий з домішками і з домішкою щебеню, гравію, гальки або будівельного сміття  | ІІІм | ІVм | ІІІм | ІVм | ІІІм | ІVм |
| **Супісок:**легкий без домішок | Ім | Ім | Ім | Ім | Ім | Ім |
| з домішкою гравію, гальки, щебеню або будівельного сміття | Ім | ІІм | ІІм | ІІм | ІІм | ІІІм |
| важкий без домішок | Ім | ІІІм | Ім | ІІм | ІІм | Ім |
| важкий з домішками і з домішкою щебеню, гравію, гальки або будівельного сміття  | Ім | ІVм | ІІм | ІІІм | ІІм | ІІІм |

#### Вибір скреперних та бульдозерних комплектів для виконання робіт з вертикального планування майданчиків

Вибір скреперного чи бульдозерного комплекту починається з вибору основної машини, тобто скрепера або бульдозера, залежно від середньої дальності переміщення ґрунту.

Потім для обраної машини визначається загальна трудомісткість робіт:

|  |  |
| --- | --- |
| $$T\_{маш∙зм}=\frac{H\_{ч}∙V}{8∙O\_{в}}$$ | (1) |

де *V* – об’єм земляних робіт, м3; *Н*ч – норма часу, маш⋅год (вибирається з [1]); *О*в – одиниця виміру по [1]; 8 – тривалість зміни, год.

Змінна продуктивність машини розраховується за формулою

|  |  |
| --- | --- |
| $$П\_{зм}=\frac{V}{T\_{маш∙зм}}$$ | (2) |

 або

|  |  |
| --- | --- |
| $$П\_{зм}=\frac{8∙O\_{в}}{H\_{ч}}$$ | (3) |

Необхідну кількість машин розраховуємо як:

|  |  |
| --- | --- |
| $$N=\frac{T\_{маш∙зм}}{t∙n}$$ | (4) |

де *t* – тривалість робіт, дні; *п* – кількість змін.

Для скреперних комплектів необхідно також визначити кількість тракторів-штовхачів. Рекомендоване число скреперів, що обслуговуються одним трактором-штовхачем, наводиться в табл. 4.

*Таблиця 4*

**Число скреперів, що обслуговуються одним
 трактором-штовхачем**

|  |  |
| --- | --- |
| Відстань переміщення ґрунту, м | Ємність ковша скрепера, м3 |
| причепних | самохідних |
| до 6 | 8...10 | 8...10 | 15 |
| 100 | 2 | 2 | — | — |
| 250 | 4 | 3 | 2 | — |
| 500 | 5 | 4 | 3 | 4...5 |
| 750 | — | 6 | 4 | 7...8 |
| 1000 і більше | — | — | 6 | 9...12 |

#### Приклад розв’язку завдань щодо вибору скреперних та бульдозерних комплектів

**Задача** **1**. Вибрати комплект машин для вертикального планування майданчика за такими вихідними даними: об’єм планування 38 633 м3; середня відстань переміщення ґрунту 232 м; ґрунт II групи; термін виконання земляних робіт 40 днів; роботи виконуються у дві зміни.

*Розв’язок*. Виходячи із середньої відстані переміщення ґрунту 232 м та вище наведених рекомендацій можна прийняти як скреперний, так і бульдозерний комплекти. Таким чином, розглянемо обидва варіанти.

А. Скреперний комплект.

1. Відповідно до [1] вибираємо причіпний скрепер марки м з ємністю ковша 12 м3. При цьому приймаємо, що остаточне планування майданчика виконуватиметься бульдозером марки Caterpillar D5K XL.

Відповідно до [1] на 1000 м3 ґрунту II групи *Н*ч = 16,92 + 2,41 =
= 19,33 маш⋅год, *О*в = 1000 м3.

2. Визначаємо загальну трудомісткість робіт за формулою (1):

$$T\_{маш∙зм}=\frac{19,33∙38 633}{8∙1000}=93,35 (маш∙зм)$$

3. Змінну продуктивність скрепера визначаємо за формулою (3):

$$П\_{зм}=\frac{8∙1000}{19,33}=413,9 (м^{3}/зм)$$

4. Кількість скреперів визначаємо за формулою (4):

$$N=\frac{93,35}{40∙2}=1,17$$

5. Згідно з проведеним розрахунком приймаємо два скрепери.

Крім того, вибираємо машину для розпушування ґрунту у виїмці та розрівнювання в насипі: для розпушування ґрунту другої групи приймаємо бульдозер марки Caterpillar D5K XL; для ущільнення ґрунту – самохідний каток з гладкими вальцями Caterpillar CS423E. Обраний бульдозер також виконуватиме остаточне планування майданчика.

В результаті отримуємо скреперний комплект:

* скрепер Caterpillar 621G - 2 шт.;
* бульдозер Caterpillar D5K XL - 2 шт.;
* каток Caterpillar CS423E - 1 шт.

Разом: 5 машин.

Технічні характеристики скрепера, бульдозера, трактора-штовхача, катка вибираємо з довідково-нормативної літератури.

6. Загальна трудомісткість робіт скреперного комплекту становитиме:

$$T\_{маш∙зм}=n∙t∙N=2∙40∙5=400 (маш∙зм)$$

Трудомісткість розробки 1 м3 ґрунту:

$$T\_{1}=\frac{T\_{маш∙зм}}{V}=\frac{93,35}{38 633}=0,002 (маш∙зм/м^{3})$$

Б. Бульдозерний набір.

1. Відповідно до [1] приймаємо бульдозер Komatsu D65E-12. Для нього норма часу за [1] становитиме:

*Н*ч = 5,95 + 22,2⋅4,85 = 113,62 маш⋅год; *О*в = 1000 м3.

2. Визначаємо загальну трудомісткість робіт за формулою (1):

$$T\_{маш∙зм}=\frac{113,62∙38 633}{8∙1000}=548,69 (маш∙зм)$$

3. Змінну продуктивність бульдозера визначаємо за формулою (3):

$$П\_{зм}=\frac{8∙1000}{113,62}=70,41 (м^{3}/зм)$$

4. Кількість бульдозерів розраховуємо за формулою (4):

$$N=\frac{548,69}{40∙2}=6,86$$

5. Відповідно до проведеного розрахунку приймаємо 7 бульдозерів. Крім того, для ущільнення ґрунту приймаємо причіпний каток Komatsu JV25CW-2.

В результаті отримуємо бульдозерний комплект:

* бульдозер Komatsu D65E-12 – 7 шт.;
* каток Komatsu JV25CW-2 – 1 шт.

Разом: 8 машин.

Технічні характеристики бульдозера та катка вибираємо з довідково-нормативної літератури.

6. Загальна трудомісткість розробки та переміщення ґрунту по бульдозерному комплекту складе:

$$T\_{маш∙зм}=n∙t∙N=2∙40∙7=560 (маш∙зм)$$

Трудомісткість розробки 1 м3 ґрунту:

$$T\_{1}=\frac{T\_{маш∙зм}}{V}=\frac{548,69}{38 633}=0,014 (маш∙зм/м^{3})$$

**Задача 2**. Вибрати комплект машин для вертикального планування майданчика за такими вихідними даними: об’єм планування 14 053,94 м3; середня дальність переміщення ґрунту 98,25 м; ґрунт – пісок без домішок, із середньою щільністю в природному стані 1600 кг/м3; роботи виконуються у дві зміни; тривалість робіт 27,5 дні.

*Розв’язок*.

Так як середня відстань переміщення ґрунту 98,25 м, то вибираємо бульдозерний комплект.

1. Основною машиною є бульдозер марки Komatsu D65E-12, технічні характеристики бульдозера в даному випадку вибираємо по каталогу:

• тип відвалу – з регульованим перекосом;

• довжина відвалу – 3,42 м;

• висота відвалу – 1, м;

• керування – гідравлічне;

• потужність – 132 кВт;

• марка трактора – D65E-12;

• маса бульдозерного обладнання – 2,6 т.

Для знаходження загальної трудомісткості робіт визначаємо групу ґрунту залежно від трудомісткості його розробки механізованим способом. По [1] чи табл. 2 приймається ґрунт II групи. Норма часу на 1000 м3 ґрунту II групи становитиме:

*Н*ч = 5,95 + 9,83⋅4,85 = 53,63 маш⋅год; *О*в = 1000 м3.

2. Визначаємо загальну трудомісткість робіт за формулою (1):

$$T\_{маш∙зм}=\frac{53,63∙14 053,94}{8∙1000}=94,21 (маш∙зм)$$

3. Для одного бульдозера визначаємо тривалість роботи в днях з формули (4):

$$t=\frac{T\_{маш∙зм}}{N∙n}=\frac{94,21}{1∙2}=47,11 (днів)$$

Проводимо коригування кількості бульдозерів та тривалості робіт. В результаті приймаємо два бульдозери, тоді роботи виконуватимуться менш ніж за 27,5 дні.

4. У бульдозерний комплект крім провідної машини входить каток для ущільнення ґрунту в насипі. Для ущільнення незв'язного ґрунту (пісок) у насипу вибираємо самохідний каток на пневмошинах Komatsu JW30-2 (найбільш ефективними для незв'язних грунтів є машини вібраційної або динамічної дії, наприклад JV25CW-2, JV40CW-2), Розпушування ґрунту не проводиться.

Отримуємо бульдозерний комплект:

• бульдозер Komatsu D65E-12 - 2 шт.;

• каток ДУ-30 - 1 шт.

Разом: 3 машини.

#### Варіанти завдань

**Задача 1**. Підібрати тип, марку та кількість машин для планування майданчика у зазначені терміни за умов, що наведені у табл. 5.

*Таблиця 5*

**Вихідні дані**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар.  | Тривалість робіт *Т*, дні  | Середня відстань переміщення *L*ср, м  | Вид ґрунту  | Кількість змін на добу  | Об’єм планування V, м3 |
| 1 | 14 | 295 | Супісок | 2 | 9250 |
| 2 | 20 | 70 | Супісок | 1 | 10 000 |
| 3 | 8 | 45 | Суглинок | 2 | 5 400 |
| 4 | 13 | 123 | Суглинок | 1 | 12100 |
| 5 | 15 | 340 | Глина | 2 | 13110 |
| 6 | 22 | 164 | Пісок | 2 | 10100 |
| 7 | 25 | 181 | Пісок | . 1 | 9 500 |
| 8 | 17 | 105 | Пісок | 1 | 7 200 |
| 9 | 12 | 84 | Супісок | 1 | 6 900 |
| 10 | 30 | 200 | Глина | 2 | 15 680 |
| 11 | 17 | 179 | Пісок | 1 | 7 460 |
| 12 | 15 | 82 | Суглинок | 2 | 9 600 |

**Задача 2**. Підібрати комплект машин для планування майданчика та визначити трудомісткість робіт із планування майданчика за умов, зазначених у табл. 6.

*Таблиця 6*

**Вихідні дані**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № вар.  | Об’єм планування V, м3 | Середня відстань переміщення *L*ср, м | Група ґрунту |
| 1 | 6 500 | 85 | I |
| 2 | 12 375 | 125 | II |
| 3 | 8 915 | 292 | II |
| 4 | 3 421 | 45 | III |
| 5 | 9100 | 98 | II |
| 6 | 13 272 | 153 | I |
| 7 | 11450 | 202 | I |
| 8 | 24 590 | 340 | II |
| 9 | 8114 | 183 | II |
| 10 | 5 500 | 290 | I |
| 11 | 4 375 | 67 | III |
| 12 | 13 457 | 200 | I |

