

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра „Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні
машини”**

А.В. Погребняк, А.В. Євтушенко

**СПОРУДЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ПОЛОТНА З
ВИКОРИСТАННЯМ СКРЕПЕРНИХ КОМПЛЕКТІВ**

Конспект лекцій з дисципліни

***«КОМПЛЕКСНА МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ
БУДІВЕЛЬНИХ І КОЛІЙНИХ РОБІТ»***

Харків 2008

Погребняк А.В., Євтушенко А.В. Спорудження земельного полотна з використанням скреперних комплектів: Конспект лекцій з дисципліни «Комплексна механізація і автоматизація будівельних і колійних робіт». - Харків: УкрДАЗТ, 2008. - 29 с.

Рекомендується для студентів спеціальності 7.090214 «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і устаткування» усіх форм навчання.

Лл. 11, табл. 4, бібліогр.: 3 назв.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри БКВРМ 8 жовтня 2007 р., протокол № 2.

Рецензент

проф. Б.М. Стефанов

А.В. Погребняк, А.В. Євтушенко

СПОРУДЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ПОЛОТНА З ВИКОРИСТАННЯМ
СКРЕПЕРНИХ КОМПЛЕКТІВ

Конспект лекцій з дисципліни

*«КОМПЛЕКСНА МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ
І КОЛІЙНИХ РОБІТ»*

Відповідальний за випуск Погребняк А.В.

Редактор Губарева К.А.

Підписано до друку 22.10.07 р.
Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 1,75. Обл.-вид.арк. 2,0.
Замовлення № Тираж 100 Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від. 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, пл. Фейєрбаха, 7

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	5
1.1 Призначення та класифікація скреперів.....	5
1.2 Базові машини скреперів.....	6
1.3 Ґрунти, які розробляються скреперами.....	6
2 ПРОВЕДЕННЯ СКРЕПЕРНИХ РОБІТ.....	9
2.1 Загальні положення з вибору типу скрепера.....	9
2.2 Способи виконання основних операцій робочого циклу.....	10
2.3 Технологічні схеми переміщення скреперів.....	13
3 ПРОДУКТИВНІСТЬ СКРЕПЕРІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	17
3.1 Порівняння скреперних поїздів із скреперами без штовхачів.....	19
3.2 Порівняння скреперних поїздів із скреперами з штовхачем.....	20
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	24
ДОДАТОК А.....	25

ВСТУП

Комплексна механізація та автоматизація важких та трудомістких робіт є основним фактором зростання продуктивності праці, покращення умов праці та підвищення всієї культури виробництва. Це здійснюється як шляхом створення нової, більш сучасної техніки, так і застосуванням нових, більш раціональних технологічних процесів удосконалення всього виробництва.

У транспортному будівництві широке застосування знаходять індустріальний метод, прогресивні технологічні процеси, конструкції та матеріали, які забезпечують зниження собівартості, зростання продуктивності праці, скорочення строків і підвищення якості будівництва.

Найбільш трудомісткими роботами на залізничному будівництві є земляні. Їх трудомісткість складає 40-50% від загальних затрат праці.

За коштами на земляні роботи припадає від 20 до 30% загальної вартості залізниці.

Враховуючи вищесказане, можна відмітити актуальність вирішення питань комплексної механізації земляних робіт, підвищення ефективності використання машин та робочого устаткування з метою зростання продуктивності праці, ресурсозбереження і зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Даний конспект лекцій призначений для студентів спеціальності 7.090214 будь-якої форми навчання.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Призначення та класифікація скреперів

Скрепери використовуються при спорудженні постійних та тимчасових земельних споруд – каналів з відсипанням ґрунту в приканальні дамби, відвали чи кавальєри; насипів залізничних та автомобільних доріг з транспортуванням ґрунту з бокових резервів чи кар'єрів або при розробці виїмок з транспортуванням їх у насип; під фундаменти будов та споруд з транспортуванням ґрунту у тимчасові відвали чи кавальєри; траншей для прокладання трубопроводів, колекторів, інших інженерних комунікацій з транспортуванням ґрунту у тимчасові відвали.

Скрепери також використовуються на планувальних роботах і у тому числі на вертикальному плануванні будівельних майданчиків та інших роботах.

За способом передачі тягового зусилля скрепери розподіляються на причіпні, напівпричіпні та саморухомі.

Тягове зусилля скреперів при завантажуванні ковша ґрунтом зростає при використанні тракторів-штовхачів або скреперних потягів.

За місткістю ковша скрепери розподіляються на скрепери малої (до 5 м³), середньої (5-10 м³) та великої місткості (більше 10 м³). Стандартами встановлено типорозмірний ряд за геометричною місткістю ковша (м³) для скреперів:

- причіпних – 3; 4,5; 8(7); 10; 15; 25;
- саморухомих – 8; 10; 15; 25; 40.

За способом заповнення ґрунтом бувають скрепери вільного та примусового навантаження. Найбільш якісним є вільне навантаження, яке здійснюється під впливом сили тяги при переміщенні машини.

За способом розвантаження бувають скрепери із вільним, напівпримусовим та примусовим розвантаженням. Зараз для скреперів будь-якої місткості використовується примусове розвантаження, яке здійснюється висуванням уперед задньої стінки ковша. Днище та стінки ковша із примусовим розвантажуванням гарно зачищаються від липкого ґрунту.

За способом керування скрепери бувають з гідравлічним та канатним обладнанням. У скреперів із канатним керуванням ківш піднімається примусово, а опускається за рахунок сили ваги, тому зусилля заглиблення обмежено, і ці скрепери зараз мають обмежене використання.

1.2 Базові машини скреперів

Причіпні скрепери використовують взагалі на базі гусеничних, напівпричіпних колісних тракторів, саморухомі – одновісних колісних тягачів.

Ефективність використання гусеничних або колісних машин визначається умовами роботи. Так, при розробці ґрунтів, що мають високу вологість, гусеничні машини, які у цих умовах мають більш високий коефіцієнт зчеплення з ґрунтом, більш ефективні, ніж колісні трактори.

Гусеничні трактори доцільно використовувати при розробці скельних, важких і міцних ґрунтів, а також на косогорах і при різкій зміні уклону місцевості.

Колісні машини мають пріоритет у швидкості та мобільності.

Вони ефективні при великій дальності транспортування ґрунту. Їх доцільно використовувати при умовах сухих зв'язних ґрунтів, на рівнинній місцевості, при розробці корисних речовин, будівельних матеріалів невисокої міцності, а також при необхідності ущільнювання ґрунтів.

1.3 Ґрунти, які розробляються скреперами

Вигляд та стан ґрунтів суттєво впливають на спосіб їх розробки та продуктивність скреперів. Найбільш ефективно скрепери розробляють піщано-глинисті ґрунти.

Стан піщаних ґрунтів – незв'язані між собою мінеральні частинки гірських порід розміром 0,05-2 мм. Піски легко пропускають воду і не мають пластичності. Розробка сухих сипучих пісків, шламів та інших малозв'язних ґрунтів скреперами з завантаженням за рахунок тягового зусилля тягача малоефективна, тому що різко знижується коефіцієнт наповнення ковша.

Глинисті ґрунти характеризуються наявністю часток розміром менше 0,005 мм. Глини мають більше 30% глинистих частинок, пластичні та маловологопроникні. Різновиди глин – суглинки, які містять від 10 до 30% глинистих частинок. Глинисті ґрунти природної вологості (12-20%) мають високу в'язкість і найбільш придатні для розробки скреперами. При різанні глин ножем скрепера утворюється суцільна стружка, що значно полегшує наповнення ковша скрепера за рахунок сили тяги.

До мінеральних ґрунтів, які підлягають розробці скреперами, відносяться лесові ґрунти, до складу яких входить пористий ґрунт буруватого чи сірого кольору, який містить до 70% пілеподібних часток, які зцементовані вапном.

Крім мінеральних, скреперами можна розробляти також ґрунти органічного (рослинного) походження: торф та чорнозем, які містять домішки піску та глини.

Ґрунти звичайно розробляють у природному заляганні. У цьому стані вони відрізняються найбільшою щільністю – 1,6-1,8 т/м³. При цьому межа природної вологості для пісків і глин у середньому складає 7-25%.

При роботі скреперів на дуже вологих ґрунтах значно знижується зчеплення ходової частини тягача з мокрим ґрунтом, тому тягач не може розвивати достатнього тягового зусилля і переміщення навантаженого скрепера. Також затруднено зачищення ковша від налиплого ґрунту, що знижує корисну місткість ковша. Тому не рекомендується використовувати скрепери, особливо з колісною тягою, для розробки дуже вологих ґрунтів, на заболочених ділянках та ділянках з високим рівнем ґрунтових вод.

При розробці скреперами ґрунт розпушується і збільшується в об'ємі. Коефіцієнт розпушення піщано-глинистих ґрунтів 1,1-1,35. Менші значення його відносяться до піщаних ґрунтів, більші – до глинистих.

Скрепери не рекомендується використовувати для розробки морених та крупноуламкових ґрунтів, які містять великі шматки та валуни, розмір яких перевищує глибину різання, а також для розробки мерзлих ґрунтів без попереднього розпушення.

Вигляд ґрунту та приведені якісні характеристики – основні фактори, які впливають на опір ґрунтів деформаціям при розробці їх скреперами і відповідно на продуктивність.

У таблиці 1 надано класифікацію ґрунтів за важкістю розробки скреперами, яка включає до себе основні показники ґрунтів згідно з нормами ЕНіР [1, 2].

Таблиця 1 – Класифікація ґрунтів за важкістю розробки скреперами

Вид ґрунту	Показники ґрунтів		Група ґрунту
	Щільність, т/м ³	Коефіцієнт розпушення ґрунту, Кр	
Пісок	1,6-1,7	1,1-1,2	II
Супісок	1,65-1,85	1,2-1,2	II
Суглинок легкий	1,7-1,75	1,2-1,3	I
Суглинок важкий	1,75-1,85	1,2-1,3	II
Глина жирна м'яка	1,75-1,95	1,2-1,3	II
Гравійно-галичні ґрунти з розміром часток до 80 мм	1,75	-	II
Лес	1,6-1,8	1,2-1,3	I-II
Чорнозем та каштановий ґрунт	1,2-1,3	1,2-1,3	I-II

У зв'язку з розширенням випуску промисловістю потужних розпушувачів з'явилась можливість розробки скреперами більш твердих порід, таких, як сланцеві і сухі глини, гіпси, мегрель, а також напівскельні породи. При цьому найбільша продуктивність досягається, коли розміри шматків розпушених порід складають не більше 2/3 найбільшої глибини різання для даного типу скрепера.

2 ПРОВЕДЕННЯ СКРЕПЕРНИХ РОБІТ

2.1 Загальні положення з вибору типу скрепера

Правильний вибір скрепера за місткістю ковша, способом заповнення і розвантаження ковша, а також вибір типу тагача визначається сферою раціонального використання скрепера. При цьому необхідно враховувати обсяги робіт і дальність транспортування, гідрогеологічні і ґрунтові умови, конструктивні параметри і конфігурацію земельних споруд, також технологічні особливості їх зведення. Загальні положення з вибору скрепера представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Загальні положення з вибору скрепера

Місткість ковша скрепера, м ³	Межі дальності транспортування ґрунту
Причіпні скрепери з гусеничним тягачем до:	
6	100-350
8	150-550
10	300-800
15	500-1500
Саморухомі скрепери до:	
8	300-1500
9-10	400-2500
15	з 3000
Більш 15	з 5000

Вибір типу скрепера залежить також від вигляду, конструктивних параметрів і конфігурації земельних споруд.

Найбільш характерні земельні споруди для розробки скреперами – виїмки і котловани без виступів і карманів у плані, а також різноманітні насипи з можливістю влаштування пологих в'їздів і з'їздів. При спорудженні виїмок скреперами з ковшом місткістю до 10 м³ мінімальна ширина дна каналу, котлована чи траншеї повинна бути не менше 3м, а ширина насипу по верху – 4,3 м. При місткості ковша скрепера більше 10 м³ мінімальна ширина дна виїмки і верху насипу повинна бути не менше 4,3 м.

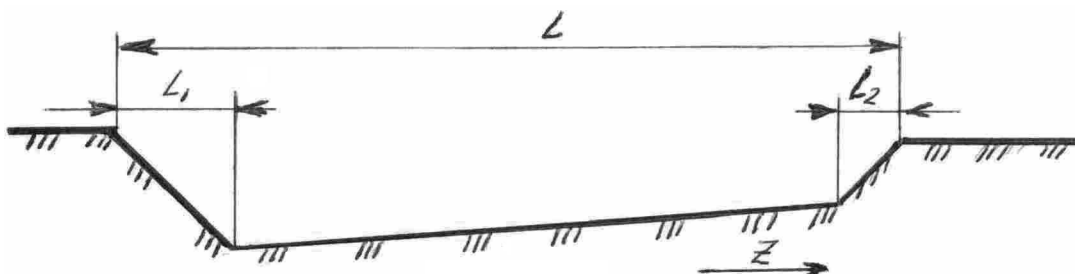
2.2 Способи виконання основних операцій робочого циклу

Повний технологічний процес роботи скрепера складається з такого: набір ґрунту, переміщення з ґрунтом, розвантаження ковша, повертання у забій порожняком, операції розвороту, повороту та інші.

Набір ґрунту. Ця операція включає до себе різання ґрунту і наповнення ковша. Набір ґрунту здійснюється при переміщенні по прямій на першій передачі тягача. Набір ґрунту скрепером здійснюється при спільній роботі скрепера з трактором-штовхачем, використання яких для саморухомих скреперів обов'язково. При цьому товщина стружки зростає на 20-25%. Шлях набору ґрунту в супіщаних і суглинистих ґрунтах збільшується до 9-12 м, у глинистих – 14-18 м при нормативній довжині шляху набору 22-26 м. Відбувається наповнення ковша скрепера з “шапкою”. Швидкості руху тягача і штовхача повинні бути однаковими.

Залежно від виду та складу ґрунту використовують різноманітні способи різання ґрунту та розробки забою.

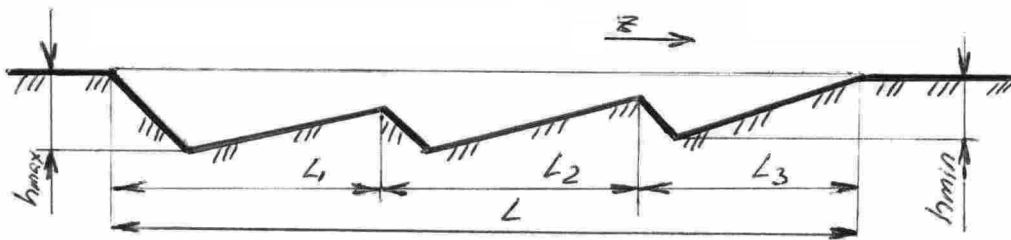
Звичайний спосіб. При цьому способі ґрунт зрізається зі зменшенням товщини стружки по мірі наповнення ковша, тобто з поступовим підняттям ножа скрепера до кінця набору (рисунок 1). Цей спосіб забезпечує постійність навантаження на двигун тягача протягом усього часу набору ґрунту. Він ефективний при роботі на глинистих ґрунтах.



L – довжина шляху набору ґрунту; L_1 – шлях заглиблення;
 L_2 – шлях виглублення; Z – напрямок руху

Рисунок 1 – Звичайний спосіб різання ґрунту

Найбільш широке розповсюдження у практиці скреперних робіт одержав гребінчастий спосіб різання ґрунту (рисунок 2).



L – довжина шляху набору ґрунту; L_1, L_2, L_3 – довжина шляху набору при першому, другому та третьому заглибленні; h – глибина різання; Z – напрям руху

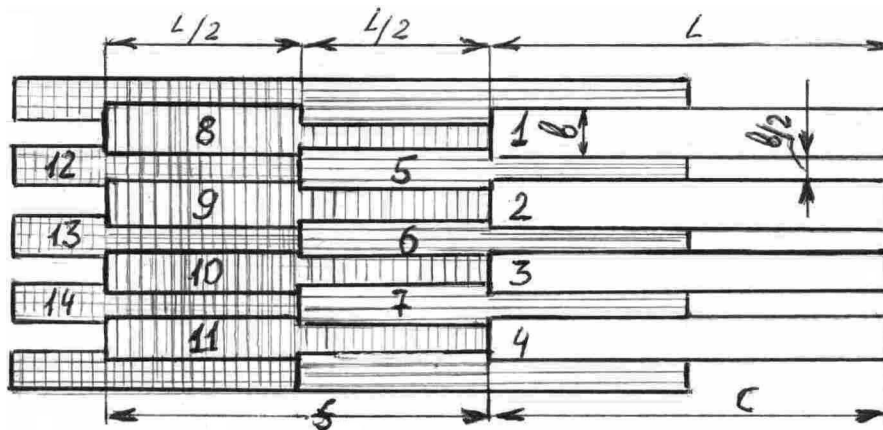
Рисунок 2 – Гребінчастий спосіб різання ґрунту

Ґрунт зрізається зі змінним заглибленням і поступовим підняттям ножа скрепера. На початку набору ґрунту ніж скрепера заглиблюється на максимально можливу глибину, яка допускається потужністю тягача. По мірі зростання навантаження на двигун величина заглиблення ножа зменшується. Операція повторюється кілька разів.

Такий спосіб скорочує шлях набору і час циклу, забезпечує максимальне використання сили тяги на усьому шляху зрізання. Цей спосіб використовується при розробці глинистих та супіщаних ґрунтів.

При ребристо-шаховому способі розробки забою (рисунок 3) ґрунт зрізається по ширині забою послідовними та паралельними проходками, які однакові по довжині і відстані, але зсунуті відносно сусіднього ряду таким чином, щоб смуга невідбраного ґрунту між проходками першого ряду (1-4) була рівною приблизно половині ширини захвату ковша скрепера. При першій проходці ґрунт зрізається на кожній смузі на всю ширину ножа скрепера. Розробку другої смуги (5-7) треба починати, відступивши від початку першої на половину довжини набору. При цьому перша половина шляху здійснюється на цілині, друга – на ребрах ґрунту, який залишився після перших проходок. Наповнення ковша зростає за рахунок різання у кінці набору більш вузької і товстої стружки.

Траншейний спосіб (рисунок 4) використовується при розробці малозв'язних ґрунтів (піщаний, супіщаний, лес). При цьому способі скрепер робить кілька проходок по одному місцю. Глибина траншеї не повинна перевищувати 0,5 м. Продуктивність зростає за рахунок економії часу набору, запобігання розсипанню ґрунту за бокові стінки, а також зниження обсягів призми волочіння перед ковшем.



L – довжина шляху набору ґранту; b – ширина різання; c – перший ряд проходок; d – другий ряд проходок; f – третій ряд проходок; 1-14 – проходки скрепера

Рисунок 3 – Ребристо-шаховий спосіб різання ґрунту

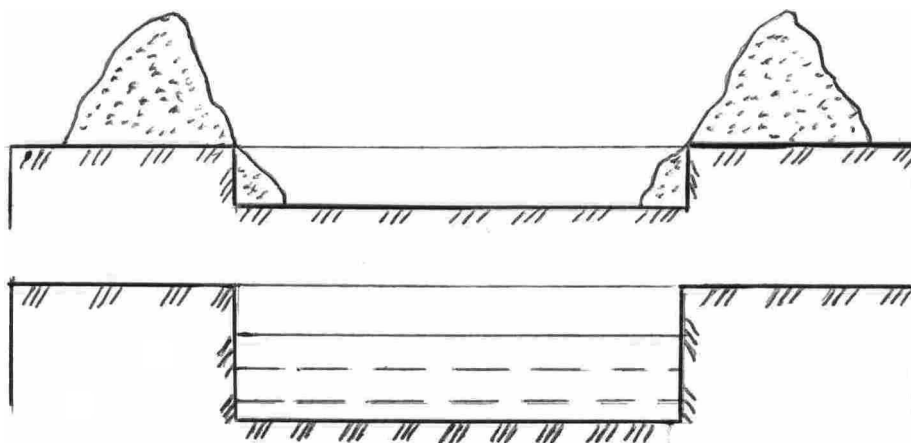


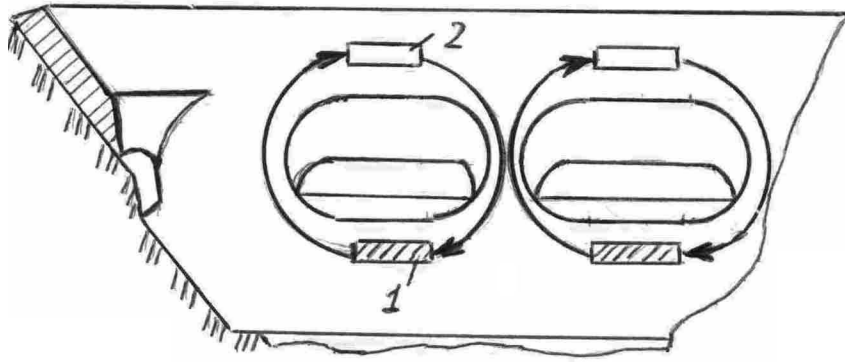
Рисунок 4 – Траншейний спосіб різання ґрунту

2.3 Технологічні схеми переміщення скреперів

Вибір раціональної схеми переміщення скреперів залежить від виду і розмірів земляних споруд, взаємного розташування виїмок, насипів, кавальєрів, резервів, відвалів ґрунту й інших умов. При цьому необхідно, щоб шлях транспортування ґрунту від забою до місця укладання був мінімальним. Для збільшення швидкості переміщення скрепера та скорочення тривалості циклу схема переміщення повинна мати мінімальну кількість крутих поворотів, для чого рекомендується будувати приставні в'їзди та з'їзди. Уклони в'їздів та з'їздів повинні бути максимально пологими, особливо у вантажному напрямку. При виборі схеми переміщення необхідно, щоб фронт робіт у виїмках і насипах був достатнім для забезпечення навантаження і розвантаження скрепера по прямій, без поворотів.

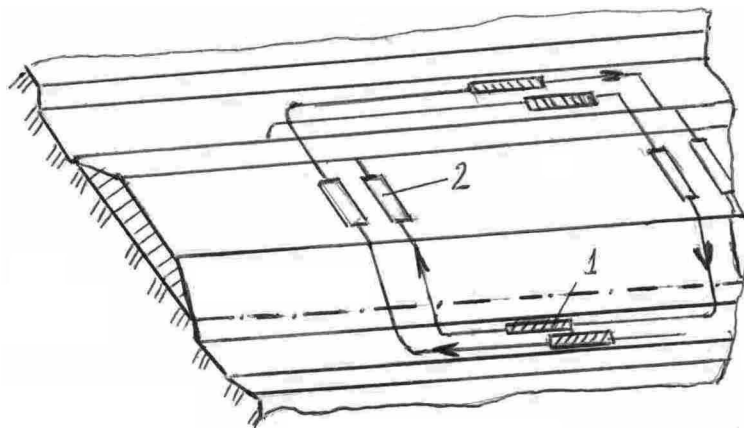
Є такі раціональні схеми переміщення скреперів: еліптична, спіральна, вісілкою, зигзагом, поперечно-човникова, поздовжньо-човникова. Еліптична схема (рисунк 5) переміщення використовується при спорудженні насипів з одно- чи двосторонніх резервів висотою до 2м, при обладнанні виїмок глибиною 2 м з укладанням ґрунту у дамби, насипи або кавальєри з одно- чи двостороннім відсипанням, а також при планувальних роботах. Для того щоб був рівномірний знос ходової частини тягача, його повороти треба робити поперемінно у різні сторони. При цьому способі не потрібно обладнання в'їздів та з'їздів. Є такі еліптичні схеми переміщення: з розвантаженням і навантаженням скрепера у поперечному напрямку відносно осі споруди; з навантаженням і розвантаженням скрепера у поздовжньому напрямку паралельно осі споруди; з навантаженням при переміщенні у поперечному напрямку (комбіновані схеми).

Спіральна (рисунк 6) схема переміщення використовується при будівництві широких насипів із двосторонніх резервів висотою до 3 м або широких виїмок. Ширина насипу чи виїмки повинна бути рівною або більшою довжини шляху розвантаження скрепера. Продуктивність зростає за рахунок скорочення дальності перевезення ґрунту. Не потребує в'їздів та з'їздів.



1 – набір ґрунту; 2 – розвантаження ґрунту

Рисунок 5 – Еліптична схема переміщення скреперів

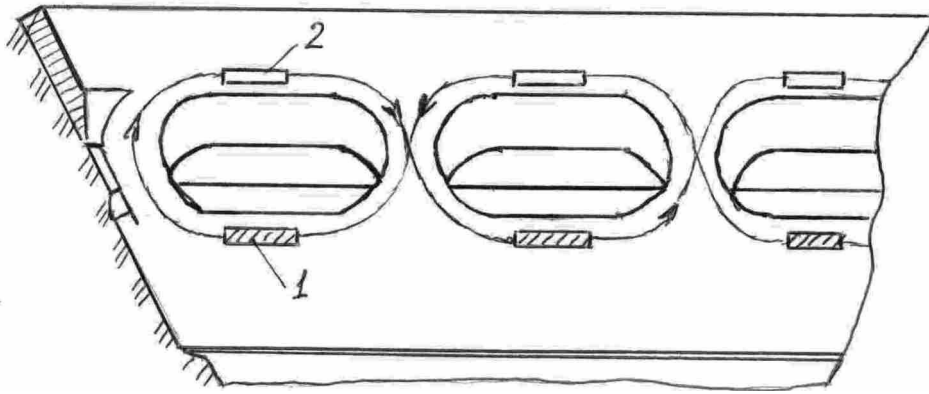


1 – набір ґрунту; 2 – розвантаження ґрунту

Рисунок 6 – Спіральна схема переміщення скреперів

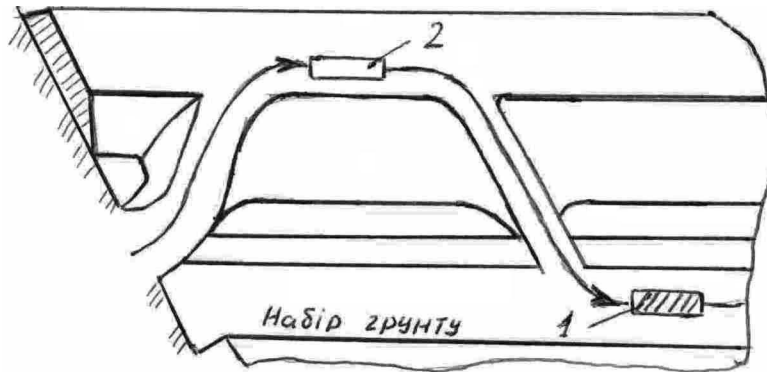
Схема переміщення вісілкою (рисунок 7) використовується для тих же робіт, що й еліптична, на дальність перевезення 100-300 м. Продуктивність машин зростає на 3-5% за рахунок скорочення кількості поворотів. Немає одностороннього зносу ходової частини машини.

Для зведення насипу висотою до 6 м із бокових резервів, довжиною захвату 300 м і більше використовується схема переміщення зигзагом (рисунок 8). Продуктивність збільшується на 15% за рахунок відсутності кругових поворотів і скорочення дальності перевезення ґрунту.



1 – набір ґрунту; 2 – розвантаження ґрунту

Рисунок 7 – Схема переміщення скрепера вісіркою



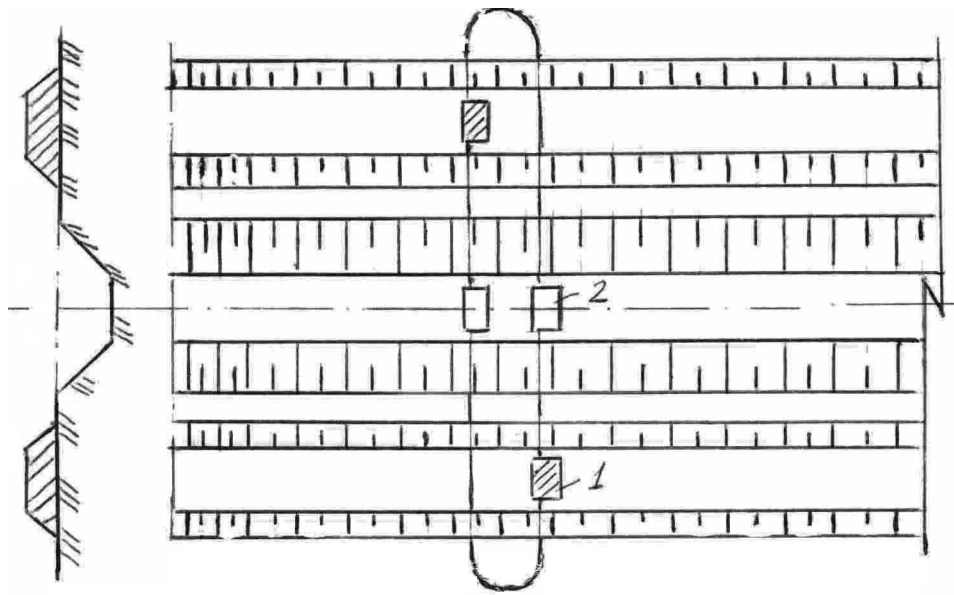
1 – набір ґрунту; 2 – розвантаження ґрунту

Рисунок 8 – Схема переміщення скрепера зигзагом

Поперечно-човникова (рисунок 9) схема переміщення використовується при будівництві насипів та дамб висотою 1,5 м, при роботі з двосторонніх резервів або при спорудженні виїмок глибиною до 1,5 м з укладанням ґрунту у дамби, кавальєри. Набір ґрунту проводиться перпендикулярно до осі виїмки чи резерву.

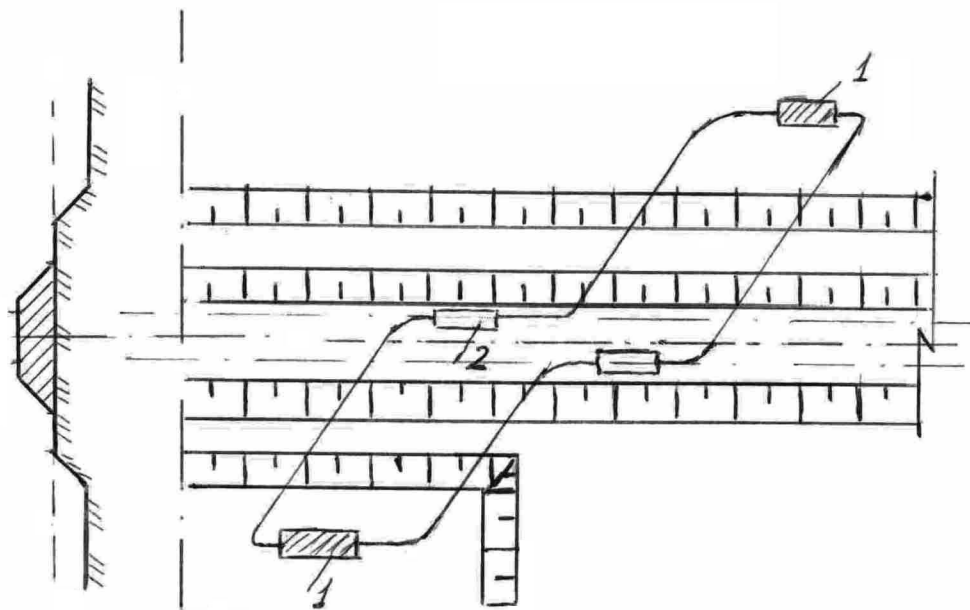
При цій схемі довжина шляху зменшується порівняно з еліптичною схемою переміщення, що збільшує продуктивність на 20-25%.

Поздовжньо-човникова (рисунок 10) схема переміщення використовується при будівництві насипів висотою до 5-6 м із закладанням відкосів крутизною не більше 1:2 із двосторонніх резервів. При цьому зменшується шлях холостого пробігу скрепера, робиться добре торування насипу.



1 – набір ґрунту; 2 – розвантаження ґрунту

Рисунок 9 – Поперечно-човникова схема переміщення скрепера



1 – набір ґрунту; 2 – розвантаження ґрунту

Рисунок 10 – Поздовжньо-човникова схема переміщення скрепера

3 ПРОДУКТИВНІСТЬ СКРЕПЕРІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

Для підвищення технічної продуктивності скрепера необхідно збільшити місткість ковша K_n та змінити довжину рейсу T_p . Для збільшення місткості ковша використовують особливі способи: встановлюють на скреперному ножі знімні зуби та совкові ножі; здійснюють набір ґрунту при переміщенні під уклін $10-15^\circ$, що збільшує наповнення ковша (таблиця 3); використовують послідовну зміну заглиблення ковша.

Для зменшення довжини рейсу необхідно так організувати переміщення скрепера, щоб довжина шляху між місцем набору та місцем розвантаження ґрунту була найменшою із усіх можливих.

Таблиця 3 – Вплив кутів нахилу α скреперного забою на продуктивність скрепера із ковшем $8m_3$

Параметри	$\alpha=0$	%	$\alpha=11$ °	%	$\alpha=16-18^\circ$	%
Шлях копання, м	5,3	10	34	64	17,5	33
Товщина стружки, см	3,7	10	8	216	13	350
Коефіцієнт наповнення ковша (по щільному тілу)	0,89	10	0,92	112	1,0	121

Зростання наповнення ковша для скреперів з тяговим завантаженням досягається за рахунок використання тракторів-штовхачів на гусеничному ході.

Кількість скреперів $N_{ск}$, яку може обслуговувати трактор-штовхач, можна розрахувати за формулою

$$N_{ск} = \frac{T_p}{3,6 \cdot l_{коп} \left(\frac{K'_y}{v'_c} + \frac{K''_y}{v''_c} \right) + t_r}, \quad (1)$$

де T_p – тривалість циклу роботи скрепера, с;

$l_{коп}$ – шлях копання, м;

V_k, V_o – швидкості переміщення штовхача при копанні та відході, км/год;

T_T – час на підхід штовхача до скрепера, $T_T = 40-60$ с;

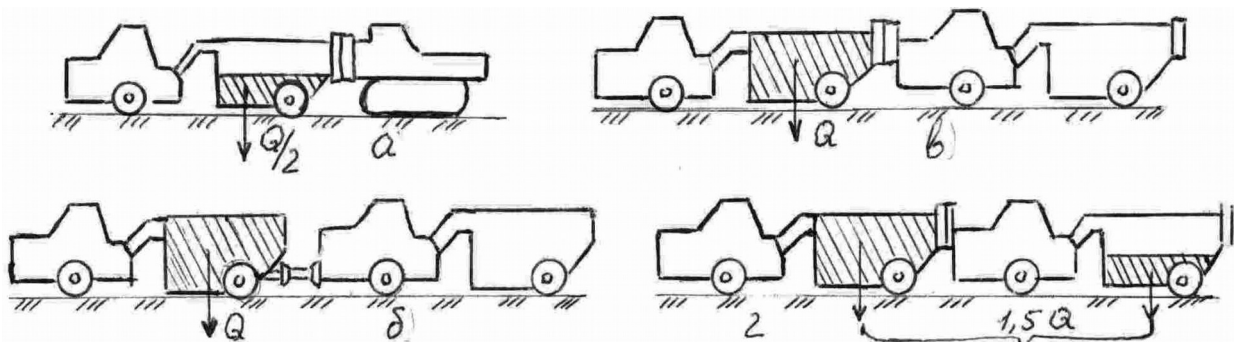
K_y', K_y'' – коефіцієнти урахування розгону та уповільнення [3].

Формула (1) враховує, що штовхач супроводжує скрепер при наборі ґрунту, а потім повертається до початку ділянки набору для обслуговування іншого скрепера.

Спосіб копання скреперами з використанням тракторів-штовхачів на гусеничному ході (рисунок 11,а) має ряд суттєвих недоліків:

- відсутня синхронність переміщення за рахунок різних характеристик двигунів та ходових обладнань пневмоколісного тягача скрепера і гусеничного штовхача;

- підштовхування не реалізує можливе тягове зусилля; необхідна спеціальна доповнююча машина.



а – при роботі з штовхачем; б – за системою “тягни-штовхай”; в – за системою “завжди разом”; г – за системою “тільки тягни”; Q – маса ґрунту у ковші (на рисунку заштриховано)

Рисунок 11 – Схеми завантаження ковшів скреперів у середині шляху копання

Одним із важливих резервів підвищення продуктивності скреперів є використання потягів (рисунок 11,б-г). Робота скреперних потягів при копанні ґрунту може організуватися за трьома системами:

перша – при копанні два скрепери з’єднуються разом і допомагають один одному завантажувати ківш (система “**тягни-штовхай**”);

друга – з послідовною зміною скреперів, тобто при копанні до першого завантаженого скрепера підходить другий, перший

тягне другого і допомагає йому завантажитися, після завантаження другого перший відходить, а до другого підходить третій і т.д. (система “тільки тягни”);

третя – скрепери завжди з’єднані, при копанні і при транспортуванні ґрунту (система “завжди разом”).

Кожна із систем характеризується різним заповненням ковша і додатковим часом на з’єднання у потязі, у порівнянні з одиночними скреперами (таблиця 4).

Таблиця 4 – Порівнювальні дані різноманітних систем

Система	“Тягни-штовхай”	“Тільки тягни”	“Завжди разом”
Збільшення наповнення ковша	Значне	Максимальне	Значне
Додатковий час на з’єднання скреперів	Мінімальне	Невелике	Нема
Зменшення швидкості транспортування ґрунту	Нема	Нема	Зменшується

Для попереднього вирішення питання про доцільність заміни скреперними поїздами скреперів без штовхачів і з штовхачами пропонується **метод визначення критеріїв ефективності скреперних поїздів.**

3.1 Порівняння скреперних поїздів із скреперами без штовхачів

Доцільність використання скреперного поїзда визначається тим, що додаткові маневри цих скреперів перекриваються збільшенням продуктивності за рахунок якісного заповнення ковша.

Введено позначення: $t_{\text{доп}}$ – додатковий час на маневри при скреперних потягах (сюди також входить час на додатковий шлях

тяги чи штовхання); δ – коефіцієнт збільшення наповнення ковша при скреперних поїздах; q – місткість ковша скрепера; $K_{\text{нап}}$ – коефіцієнт наповнення ковша (за щільним тілом) без використання скреперних поїздів; T – час рейсу скрепера без використання скреперних потягів.

Тоді доцільність використання скреперних потягів за системами “тягни-штовхай” і “тільки тягни” визначиться нерівністю

$$\frac{K_{\text{нап}} \cdot q}{T} < \frac{K_{\text{нап}} \cdot q \cdot \delta}{T + t_{\text{дон}}} \quad (2)$$

або

$$\frac{T}{K_{\text{нап}} \cdot q} > \frac{T}{K_{\text{нап}} \cdot q \cdot \delta} + \frac{t_{\text{дон}}}{K_{\text{нап}} \cdot q \cdot \delta} \quad (3)$$

Введемо поняття ρ -коефіцієнт збільшення продуктивності ρ

$$\rho = \left(1 - \frac{1}{\delta} - \frac{t_{\text{дон}}}{T \cdot \delta} \right) \cdot 100\% \quad (4)$$

Тоді умова доцільності використання скреперних поїздів замість скреперів без штовхача запишеться $\rho > 0$.

3.2 Порівняння скреперних поїздів із скреперами з штовхачем

Умова доцільності використання скреперів у цьому випадку визначається меншою вартістю виїмки 1 м^3 ґрунту, тобто

$$\frac{C_{\text{скр}}(T + t_{\text{дон}})}{K_{\text{нап}} \cdot q \cdot \delta} < \left(\frac{C_{\text{срн}} + \frac{C_{\text{тол}}}{n}}{K_{\text{нап}} \cdot q} \right) \cdot T \quad (5)$$

або

$$\frac{T + t_{\text{дон}}}{K_{\text{нап}} \cdot q \cdot \delta} < \left(1 + \frac{C_{\text{тол}}}{n \cdot C_{\text{скр}}} \right) \quad (6)$$

звідси

$$1 - \frac{1}{\delta} - \frac{t_{\text{дон}}}{T \cdot \delta} + \frac{C_{\text{тол}}}{n \cdot C_{\text{скр}}} > 0 \quad (7)$$

де $C_{\text{тол}}$, $C_{\text{скр}}$ – вартість машино-години штовхача і скрепера; n – кількість скреперів на один штовхач.

Згідно з формулою (4) економічність використання скреперних поїздів замість скреперів із штовхачами визначається за формулою

$$\rho + \frac{C_{\text{тол}} \cdot 100}{n \cdot C_{\text{скр}}} \% > 0 \quad (8)$$

Таким чином, для виявлення доцільності використання скреперних потягів рекомендується у першу чергу визначити коефіцієнт збільшення продуктивності ρ .

Якщо скреперні потяги порівнюються із скреперами без штовхачів, доцільність їх використання визначається нерівністю $\rho > 0$.

Якщо скреперні потяги порівнюються із скреперами з штовхачами, умови економічності використання цих поїздів визначаються збільшенням ρ на величину $100 C_{\text{тол}} / C_{\text{скр}} \cdot n$.

Природньо, у цьому випадку ρ може бути від'ємною, але величина $\rho + \frac{C_{\text{тол}} \cdot 100}{n \cdot C_{\text{скр}}}$ – позитивною.

У системі „завжди разом“ величина $t_{\text{доп}}$ визначається зменшенням швидкості переміщення при спарених скреперах. У цьому випадку при одиночних скреперах

$$T = \frac{2 \cdot 3,6 \cdot L}{60 \cdot v_{\text{її}}} + t_{\text{çããð}} + t_{\text{ðãçãð}}, \quad (9)$$

де L – довжина транспортування, м;

$t_{\text{разгр}}$ – час розвантаження ковша, хв;

$t_{\text{загр}}$ – час завантаження ковша, хв;

$V_{\text{од}}$ – швидкість переміщення одиночних скреперів, км/год.

При спарених скреперах час рейсу T визначається за формулою

$$T + t_{\text{доп}} = \frac{2 \cdot 3,6 \cdot L}{60 \cdot v_{\text{її}}} + 2 \cdot t_{\text{çããð}} + t_{\text{ðãçãð}}, \quad (10)$$

де $V_{сп}$ – швидкість переміщення спарених скреперів ($V_{сп} < V_{од}$), км/год.

З формул (9) та (10) додатковий час визначаємо за формулою

$$t_{дон} = \frac{72 \cdot L}{60} \cdot \left(\frac{1}{v_{сп}} - \frac{1}{v_{од}} \right) + t_{загр} . \quad (11)$$

Економічність системи “завжди разом” визначається можливістю роботи одного оператора із дистанційним керуванням.

Розглянемо приклад визначення економічності для системи “тільки тягни”.

ПРИКЛАД

При роботі **без штовхача** коефіцієнт наповнення ковша $K_{нап1} = 0,6$; час копання $t_{коп1} = 20$ с; час рейсу скрепера $T=500$ с.

При роботі **з штовхачем** $K_{нап2} = 1,3$; $t_{коп2} = 30$ с.

При роботі скреперних поїздів за системою “**тільки тягни**” $K_{нап3}=1,2$; $t_{коп3}=50$ с.

Кількість скреперів на один штовхач $n=3$; відношення $\frac{C_{тол}}{C_{скр}} = 0,8$.

Отже, при роботі скреперних поїздів коефіцієнт збільшення ковша $\delta = \frac{K_{нап3}}{K_{нап1}} = \frac{1,2}{0,6} = 2$, а на додатковий час на маневри $t_{дон} = t_{коп3} - t_{коп1} = 50 - 20 = 30$ с.

Тоді за формулою (7)

$$\rho = \left(1 - \frac{1}{2} - \frac{30}{500 \cdot 2} \right) \cdot 100\% = 47\% ,$$

тобто продуктивність у порівнянні зі скрепером без штовхача збільшується приблизно у два рази.

У разі використання трактора-штовхача $\delta = \frac{\hat{E}_{i\ddot{a}r\ 3}}{\hat{E}_{i\ddot{a}r\ 2}} = \frac{1,2}{1,3} = 0,93$, а

$$t_{дон} = t_{коп3} - t_{коп2} = 50 - 30 = 20 \text{ с.}$$

Тоді за формулою (4)

$$\rho = \left(1 - \frac{1}{0,93} - \frac{20}{500 \cdot 0,93}\right) \cdot 100\% = -11\%,$$

тобто при скреперних поїздах продуктивність зменшиться на 11%. Однак за формулою (8)

$$\rho + \frac{\tilde{N}_{оіє} \cdot 100}{i \cdot \tilde{N}_{нео}} = -11 + \frac{0,8 \cdot 100}{3} = 16\%,$$

тобто вартість 1м^3 при використанні скреперних поїздів зменшиться на 16% порівняно з роботою скреперів з трактором-штовхачем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Единые нормы и расценки. Сб.2. Земляные работы. Вып.1. – М.: Стройиздат, 1998. – 207 с.
- 2 Руководство по производству земляных работ скреперами. – М.: Стройиздат, 1976. – 91с.
- 3 Фиделев А.С. Строительные машины зарубежных стран. – К.: Вища школа, 1984. – 128 с.

ДОДАТОК А

ТЕСТОВІ ЗАПИТАННЯ

1 Яким комплектом машин зводять насипи із резервів і розробляють виїмки, переміщуючи ґрунт у кавальєри, при робочих відмітках до 6 м?

А - бульдозерним;

Б - скреперним;

В - екскаваторно-відвальним;

Г - екскаваторно-транспортним;
Д - грейдерно-елеваторним.

2 Яким комплектом машин розробляють виїмки і кар'єри з переміщенням ґрунту у насип при будь-яких робочих відмітках (довжина перевезення до 500 м чи до 3000 м)?

А - бульдозерним;
Б - скреперним;
В - екскаваторно-відвальним;
Г - екскаваторно-транспортним;
Д - грейдерно-елеваторним.

3 На якому рисунку наведена поздовжньо-човникова схема переміщення скреперів?

4 На якому рисунку наведена еліптична схема переміщення скреперів?

5 На якому рисунку наведена схема переміщення скреперів вісіркою?

6 На якому рисунку наведена схема переміщення скреперів зигзагом?

7 На якому рисунку наведена поперечно-човникова схема переміщення скреперів?

8 На якому рисунку наведена спіральна схема переміщення скреперів?

9 Яка схема переміщення скреперів використовується при зведенні насипу з одно- чи двосторонніх резервів висотою до 2 м, улаштуванні виїмок з укладанням ґрунту у дамби, насипи чи кавальєри, а також при планувальних роботах?

А – еліптична;
Б – спіральна;
В – вісіркою;
Г – зигзагом;
Д – поперечно-човникова;
Е – поздовжньо-човникова.

10 Яка схема переміщення скреперів використовується при зведенні широких насипів із двосторонніх резервів висотою до 3 м чи широких виїмок (ширина насипу чи

виїмки повинна бути рівною чи більшою за довжину шляху розвантажування скрепера)?

- А – еліптична;
- Б – спіральна;
- В – вісіркою;
- Г – зигзагом;
- Д – поперечно-човникова;
- Е – поздовжньо-човникова.

11 Яка схема переміщення скреперів використовується для таких же робіт, що й еліптична схема (довжина перевезень ґрунту 100-300 м), але не має одностороннього зносу ходової частини машини?

- А – еліптична;
- Б – спіральна;
- В – вісіркою;
- Г – зигзагом;
- Д – поперечно-човникова;
- Е – поздовжньо-човникова.

12 Яка схема переміщення скрепера використовується при спорудженні насипу висотою до 6 м із бокових резервів і довжині захвату 300 м (продуктивність збільшується на 15% за рахунок відсутності кругових поворотів і скорочення дальності перевезення ґрунту)?

- А – еліптична;
- Б – спіральна;
- В – вісіркою;
- Г – зигзагом;
- Д – поперечно-човникова;
- Е – поздовжньо-човникова.

13 Яка схема переміщення скрепера використовується при спорудженні насипу і дамб висотою менше 1,5 м, при роботі із двосторонніх резервів, чи спорудженні виїмок глибиною до 1,5 м з укладанням ґрунту у дамби, кавальєри (набір ґрунту відбувається перпендикулярно до осі виїмки чи резерву)?

- А – еліптична;
- Б – спіральна;
- В – вісімкою;
- Г – зигзагом;
- Д – поперечно-човникова;
- Е – поздовжньо-човникова.

14 Яка схема переміщення скреперів використовується при спорудженні насипу висотою до 5-6 м із закладанням відкосів не крутіше 1:2 із двосторонніх резервів (при цьому скорочується шлях холостого пробігу, є гарне коткування насипу)?

- А – еліптична;
- Б – спіральна;
- В – вісімкою;
- Г – зигзагом;
- Д - поперечно-човникова;
- Е - поздовжньо-човникова.

15 На якому рисунку представлено гребінчастий спосіб різання ґрунту скреперами?

16 На якому рисунку представлено звичайний спосіб різання ґрунту скреперами?

17 На якому рисунку представлено траншейний спосіб різання ґрунту скреперами?

18 На якому рисунку представлено ребристо-шаховий спосіб різання ґрунту скреперами?

19 При якому способі різання ґрунтів скреперами ґрунт зрізається із зменшенням товщини стружки по мірі наповнення ковша (використовується при розробці глинистих ґрунтів)?

- А - гребінчастому;
- Б - звичайному;
- В - траншейному;
- Г - ребристо-шаховому.

20 При якому способі різання ґрунтів скреперами ґрунт зрізається зі змінним заглибленням і поступовим підніманням

ножа скрепера (використовується при розробці глинистих та супіщаних ґрунтів)?

- А - гребінчастому;
- Б - звичайному;
- В - траншейному;
- Г - ребристо-шаховому.

21 При якому способі різання ґрунтів скреперами ґрунт зрізається за шириною забою послідовними і паралельними проходками, однаковими за довжиною, але із відстанню до сусіднього ряду?

- А - гребінчастому;
- Б - звичайному;
- В - траншейному;
- Г - ребристо-шаховому.

22 При якому способі різання ґрунтів скреперами скрепер робить кілька проходок по одному місцю (використовується при розробці малозв'язних ґрунтів)?

- А - гребінчастому;
- Б - звичайному;
- В - траншейному;
- Г - ребристо-шаховому.

23 Для зростання продуктивності скрепера необхідно збільшувати _____ ковша і _____ тривалість рейсу.

24 На рисунку 11 представлено схеми завантаження ковшем скреперів у середині шляху копання. Яка з цих схем являє собою систему «тягни-штовхай»?

25 На рисунку 11 представлено схеми завантаження ковшем скреперів у середині шляху копання. Яка з цих схем являє собою систему «завжди разом»?

26 На рисунку 11 представлено схеми завантаження ковшем скреперів у середині шляху копання. Яка з цих схем являє собою систему «тільки тягни»?

27 На рисунку 11 представлено схеми завантаження ковшем скреперів у середині шляху копання. Яка з цих схем являє собою систему «робота з штовхачем»?

28 Як називається система, при якій при копанні два скрепери з'єднуються разом і допомагають один одному завантажити ковш?

- А - «тільки тягни»;
- Б - «тягни-штовхай»;
- В - «завжди разом»;
- Г - «робота з штовхачем».

29 Як називається система, при якій відбувається послідовна заміна скреперів?

- А - «тільки тягни»;
- Б - «тягни-штовхай»;
- В - «завжди разом»;
- Г - «робота з штовхачем».

30 Як називається система, при якій при копанні до першого навантаженого скрепера підходить другий, перший тягне, а другий допомагає йому навантажитися?

- А - «тільки тягни»;
- Б - «тягни-штовхай»;
- В - «завжди разом»;
- Г - «робота з штовхачем».