

Лабораторна робота № 2

РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ БУЛЬДОЗЕРА ПРИ ПЛАНУВАННІ МАЙДАНЧИКА

Мета роботи

1. Ознайомитись із будовою, принципом дії та призначенням бульдозерів.
2. Дослідити поняття робочий цикл бульдозера та навчитись його розраховувати.
2. Ознайомитись з основними робочими параметрами бульдозера та навчитись розраховувати опори, що виникають під час роботи та його продуктивність.

Завдання

1. Ознайомитися із конструкцією бульдозерів та варіантами їх застосування під час видобутку будівельних гірських порід.
2. Провести розрахунок основних технічних та експлуатаційних параметрів бульдозера згідно зі своїм варіантом завдання.
3. Оцінити вплив окремих параметрів технологічного процесу на основні експлуатаційні параметри бульдозера.
4. Побудувати графіки залежності експлуатаційних параметрів бульдозера від параметрів робочого процесу.
5. Скласти звіт з детальним описом виконання вище наведених завдань та сформулювати висновки.
6. Надіслати виконаний і оформлений відповідно вимог звіт на перевірку.

Основні теоретичні положення

Бульдозери призначені для пошарової розробки розкритих порід, або пухкої гірничої маси малої міцності з її подальшим переміщенням перед робочим органом (відвалом) по поверхні землі на невеликі відстані. Їх використовують при спорудженні виїмок і насипів, зворотній засипці траншей і котлованів, грубому

плануванні земляної поверхні, розрівнюванні відвалів, штабелюванні і переміщенні сипких матеріалів, підготовчих роботах, розпушенні порід середньої міцності, плануванні та покращенні якості транспортних шляхів, на розкривних роботах.

Ефективність роботи бульдозерів значною мірою залежить від прохідності базового трактора і його тягово-зчіпних властивостей. Бульдозери найчастіше виконують у вигляді навісного устаткування на пневмоколісних чи гусеничних тракторах 8 (рисунок 2.1, а).

Робоче устаткування у вигляді відвалу 5 з ножами 4 в його нижній частині навішують на трактор через два штовхальні бруси 2 (рисунок 2.1, б) або універсальну раму 3 (рисунок 2.1, в), які мають шарнірні з'єднання 1 з бічними балками ходових візків трактора або з кронштейнами його нижньої рами (при пневмоколісному тракторі). Разом зі штовхальними брусами і розкосами 6 (рисунок 2.1, а) відвал утворює жорстку систему, яка за допомогою одного або двох гідравлічних циліндрів 7 може підійматися і опускатися, повертаючись у вертикальній площині відносно шарнірів 1. При цьому робоча кромка ножів відвалу завжди залишається перпендикулярною до поздовжньої осі машини.

За другою схемою відвал з'єднують з універсальною рамою шарніром 12 (рисунок 2.1, в) і двома штовхачами 10, задні шарніри 9 яких закріплені в повзунах, що переміщуються по напрямних бічних балках підковоподібної універсальної рами і фіксуються в потрібних положеннях заставними штирями. Горизонтальний поворот відвала з відхиленнями в кожний бік на кут до $30...36^\circ$ виконують двома гідроциліндрами 11. Заміна розкосів 6 постійної довжини гвинтовими стяжками або гідроциліндрами, здатними змінювати свою довжину, забезпечує регулювання кута різання і поперечний перекіс відвала на кут до 12° у кожний бік (рисунок 2.1, г).

Відвали, що навішують на базовий трактор за такою схемою, називаються поворотними (у плані) на відміну від неповоротних відвалів, що навішують за схемою рисунка 2.1, б. Їх застосовують для засипки траншей і котлованів, на планувальних роботах, для очищення майданчиків, тощо. Кут різання регулюють однаковою зміною довжин обох розкосів, а для установки відвала з поперечним перекосом кожному розкосу задають різну довжину. З тією ж метою в схемі

поворотних відвалів змінюють положення шарнірів 9 (рисунок 2.1, в) по висоті повзунів. За рахунок поперечних перекосів відвала вдається скоротити кількість повторних проходжень при плануванні поверхонь з поперечними ухилами і на узгір'ях та підвищити тим самим продуктивність машини.

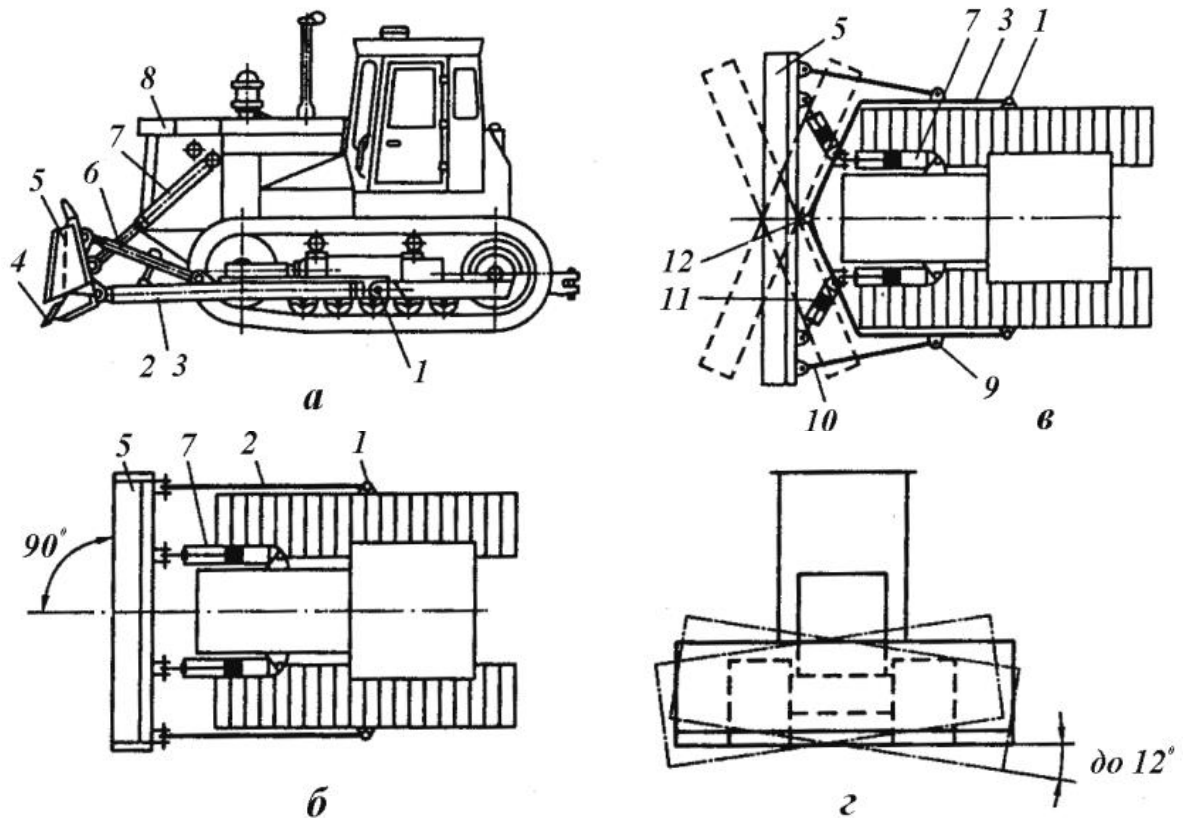


Рисунок 2.1. Бульдозер: а – вигляд збоку; б – вигляд у плані бульдозера з неповоротним відвалом; в – те саме, з поворотним; г – переко́с відвала

Інколи застосовують бульдозери з канатним підйомом відвалу. Порівняно з гідравлічними бульдозерами ці машини малоефективні, особливо при пошаровій розробці щільних порід, де сила тяжіння робочого устаткування виявляється недостатньою. Їх застосовують, головним чином, при розробці легких маломіцних порід, очищенні поверхонь, чи на інших роботах, де сила нормального тиску робочого органу на ґрунт не є визначальною.

Формування завдання та порядок його виконання

У рамках даної лабораторної роботи необхідно виконати розрахунок основних параметрів бульдозера та параметрів робочого процесу бульдозера на

основі індивідуальних вихідних даних (таблиця 2.1). Також потрібно проаналізувати вплив деяких параметрів робочого процесу бульдозера на його експлуатаційні характеристик та побудувати графіки цих залежностей.

Таблиця 2.1

Вихідні дані до виконання роботи

Варіант	Марка машини	Кут захвату органа різання, град	Довжина робочої (ріжучої) частини ножа відвалу, м	Максимальне опускання відвалу, м	Експлуатацій на вага, Н	Робоча швидкість руху, км/год	Висота відвалу, м	Кут різання, град.	Відстань переміщення гірничої маси, м
1	ДЗ-37	80	2,1	0,18	38000	4,54-6,78	0,65	60	32
2	ДЗ-29	70	2,56	0,22	63700	3,31-5,29	0,95	55	16
3	ДЗ-42	90	2,52	0,22	68670	2,14-3,22	0,95	55	19
4	ДЗ-37	80	2,1	0,16	38000	4,54-6,78	0,65	60	19
5	ДЗ-29	70	2,56	0,18	63700	3,31-5,29	0,95	55	18
6	ДЗ-42	90	2,52	0,14	68670	2,14-3,22	0,95	55	33
7	ДЗ-37	80	2,1	0,15	38000	4,54-6,78	0,65	60	25
8	ДЗ-29	70	2,56	0,22	63700	3,31-5,29	0,95	55	28
9	ДЗ-42	90	2,52	0,24	68670	2,14-3,22	0,95	55	28
10	ДЗ-37	80	2,1	0,15	38000	4,54-6,78	0,65	60	36
11	ДЗ-37	80	2,1	0,13	38000	4,54-6,78	0,65	55	22
12	ДЗ-29	70	2,56	0,16	63700	3,31-5,29	0,95	60	27
13	ДЗ-42	90	2,52	0,14	68670	2,14-3,22	0,95	55	15
14	ДЗ-37	80	2,1	0,16	38000	4,54-6,78	0,65	55	28
15	ДЗ-29	70	2,56	0,21	63700	3,31-5,29	0,95	60	16
16	ДЗ-42	90	2,52	0,2	68670	2,14-3,22	0,95	55	38
17	ДЗ-37	80	2,1	0,19	38000	4,54-6,78	0,65	55	23
18	ДЗ-29	70	2,56	0,22	63700	3,31-5,29	0,95	60	24
19	ДЗ-42	90	2,52	0,21	68670	2,14-3,22	0,95	55	35
20	ДЗ-37	80	2,1	0,17	38000	4,54-6,78	0,65	55	21
21	ДЗ-37	80	2,1	0,17	38000	4,54-6,78	0,65	60	24
22	ДЗ-29	70	2,56	0,14	63700	3,31-5,29	0,95	55	17
23	ДЗ-42	90	2,52	0,23	68670	2,14-3,22	0,95	55	37
24	ДЗ-37	80	2,1	0,19	38000	4,54-6,78	0,65	60	38

Варіант	Марка машини	Кут захвату органу різання, град	Довжина робочої (ріжучої) частини ножа відвала, м	Максимальне опускання відвала, м	Експлуатацій на вага, Н	Робоча швидкість руху, км/год	Висота відвала, м	Кут різання, град.	Відстань переміщення гірничої маси, м
25	ДЗ-29	70	2,56	0,14	63700	3,31-5,29	0,95	55	24
26	ДЗ-42	90	2,52	0,18	68670	2,14-3,22	0,95	55	21
27	ДЗ-37	80	2,1	0,15	38000	4,54-6,78	0,65	60	23
28	ДЗ-29	70	2,56	0,22	63700	3,31-5,29	0,95	55	27
29	ДЗ-42	90	2,52	0,21	68670	2,14-3,22	0,95	55	34
30	ДЗ-37	80	2,1	0,2	38000	4,54-6,78	0,65	60	30
31	ДЗ-37	80	2,1	0,14	38000	4,54-6,78	0,65	55	24
32	ДЗ-29	70	2,56	0,22	63700	3,31-5,29	0,95	60	24
33	ДЗ-42	90	2,52	0,23	68670	2,14-3,22	0,95	55	34
34	ДЗ-37	80	2,1	0,16	38000	4,54-6,78	0,65	55	32
35	ДЗ-29	70	2,56	0,22	63700	3,31-5,29	0,95	60	38
36	ДЗ-42	90	2,52	0,18	68670	2,14-3,22	0,95	55	35
37	ДЗ-37	80	2,1	0,15	38000	4,54-6,78	0,65	55	33
38	ДЗ-29	70	2,56	0,19	63700	3,31-5,29	0,95	60	36
39	ДЗ-42	90	2,52	0,17	68670	2,14-3,22	0,95	55	33
40	ДЗ-37	80	2,1	0,2	38000	4,54-6,78	0,65	55	26
41	ДЗ-37	80	2,1	0,14	38000	4,54-6,78	0,65	60	29
42	ДЗ-29	70	2,56	0,2	63700	3,31-5,29	0,95	55	16
43	ДЗ-42	90	2,52	0,23	68670	2,14-3,22	0,95	55	22
44	ДЗ-37	80	2,1	0,2	38000	4,54-6,78	0,65	60	21
45	ДЗ-29	70	2,56	0,21	63700	3,31-5,29	0,95	55	26

Примітка: ДЗ-29 – гусеничний; ДЗ-37 – колісний; ДЗ-42 – гусеничний.

Порядок виконання роботи

Розрахунок конструктивних параметрів

Перед подальшим розрахунком потрібно ознайомитись з основними лінійними розмірами від яких залежать робочі параметри бульдозерного устаткування (рис. 2.2).

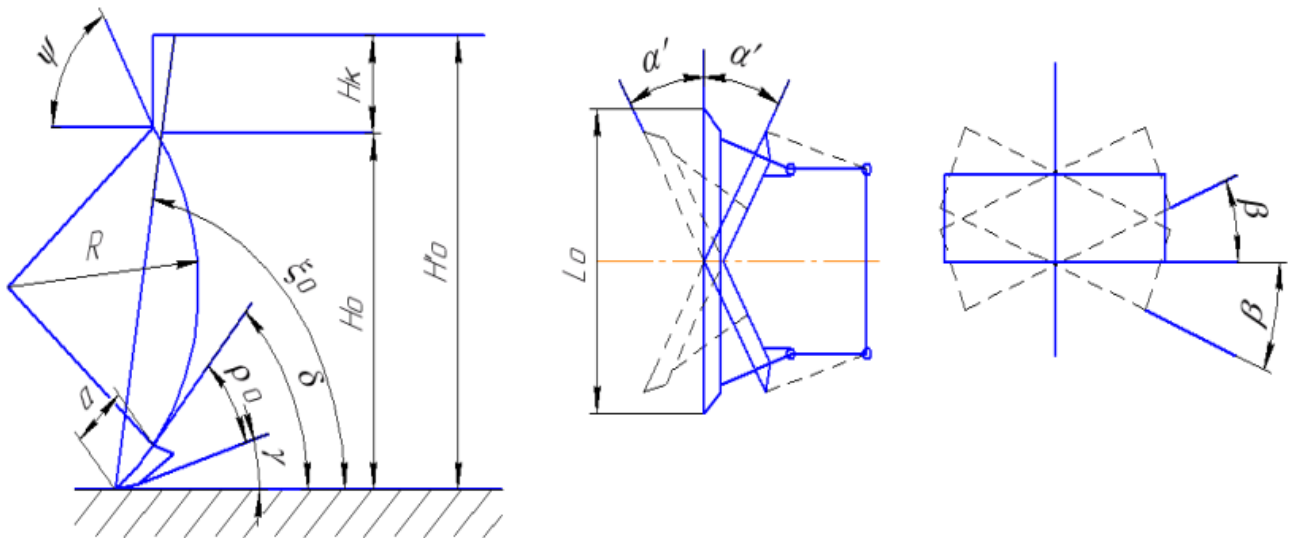


Рис.2.2. Схема до розрахунку бульдозера: δ – кут різання; ϵ_0 – кут нахилу; R – радіус кривизни відвала ($R = 0,85H_0$); H_0 – висота відвала; H'_0 – висота відвала з козирком; L_0 – довжина відвала; α' – кут повороту відвала в плані; β – кут перекосу

Тягове зусилля тягача з бульдозерним обладнанням, Н:

$$T_T = G_6 \cdot \varphi_{зч}$$

де G_6 – експлуатаційна вага бульдозера, Н;

$\varphi_{зч}$ – коефіцієнт зчеплення рушіїв з опорною поверхнею (для гусеничних $\varphi_{зч} = 0,9$, для колісних $\varphi_{зч} = 0,7$).

Висота козирка, м:

$$H_K = 0,15H_{\text{від}}$$

Повна висота відвалу, м:

$$H'_0 = H_{\text{від}} + H_K$$

Тяговий розрахунок бульдозера

Під час будівництва та експлуатації кар'єрних доріг, бульдозерному устаткуванню доводиться долати різні опори, які відрізняються як за значенням, так і за величиною.

Під час роботи устаткування, робочим органом якого є відвал з ножем, за розрахункове положення приймається момент закінчення набирання гірничої маси перед відвалом. Сила тяги, необхідна для роботи бульдозера, і потужність двигуна визначаються за сумою опорів, що долаються цією машиною. В процесі роботи бульдозер долає різні опори.

Сумарний опір руху машини ΣW_i , кН:

$$\sum_{i=1}^5 W_i = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5$$

де W_1 – опір руху від різання поверхні масиву відвалом, кН;

W_2 – опір руху від переміщення призми гірської маси перед відвалом, кН;

W_3 – опір руху машини від тертя породи при переміщенні угору по відвалу, кН;

W_4 – опір руху машини від переміщення породи вбік вздовж відвалу, кН;

W_5 – опір переміщенню візка дорожньої машини, кН.

Опір руху від різання (зрізання) поверхні масиву відвалом, кН:

$$W_1 = F \cdot k$$

де F – площа поперечного перерізу стружки, м^2 ;

k – питомий опір породи різанню (для слабких порід приймаємо $k = 60 \text{ кН/м}^2$).

Формула для знаходження площі перерізу стружки, м^2 :

$$F = L \cdot h$$

де L – довжина робочої (ріжучої) частини ножа відвала, м ;

h – величина максимального опускання відвалу бульдозера, м .

Опір руху від переміщення призми породи перед відвалом, кН:

$$W_2 = F_m \cdot \sin\alpha$$

де α – кут захвату ножа, град;

F_m – сила тертя призми породи по опорній поверхні, кН.

Ця сила визначається за формулою, кН:

$$F_m = G_{\text{пр}} \cdot f_1$$

де $G_{\text{пр}}$ – вага породи в призмі волочіння, кН;

f_1 – коефіцієнт тертя породи об поверхню масиву (приймаємо $f_1 = 0,6$).

Вага розміщеної перед відвалом породи в призмі волочіння визначається за формулою, кН:

$$G_{\text{пр}} = \frac{L_1 \cdot H^2}{2 \cdot \text{tg}\varphi} \cdot g \cdot \delta \cdot k_{\text{гр}}$$

де L_1 – довжина призми породи (приймають рівною довжині ріжучої частини ножа відвала), м;

H – висота відвала (разом з козирком), м;

φ – кут природного укосу породи (для маломіцних порід приймаємо $\varphi = 32^\circ$);

g – прискорення вільного падіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

δ – щільність ґрунту. Приймаємо $\delta = 1,5 \text{ т/м}^3$;

$k_{\text{гр}}$ – коефіцієнт, який враховує характер породи і співвідношення розмірів висоти і довжини відвалу (приймаємо $k_{\text{гр}} = 0,8$).

Опір руху машини від тертя породи при переміщенні угору по відвалу, кН:

$$W_3 = T_1 \cdot \cos\gamma$$

де T_1 – проекція сили тертя призми породи по відвалу на вертикальну площину і вісь абсцис, кН:

γ – кут різання, град.

Проекція сили тертя, кН:

$$T_1 = N \cdot f_2$$

де f_2 – коефіцієнт тертя породи по металу (приймаємо $f_2 = 0,4$);

N – зусилля переміщення породи, кН:

$$N = W_2 \cdot \sin \gamma$$

де W_2 – опір руху від переміщення призми породи перед відвалом, кН;

γ – кут різання, град.

Опір руху машини від переміщення породи вбік уздовж відвалу, кН:

$$W_4 = T_2 \cdot \cos \alpha$$

де α – кут захвату ножа, град;

T_2 – проекція сили тертя призми породи по відвалу на горизонтальну площину і вісь абсцис, кН:

$$T_2 = N \cdot f_2$$

де N – зусилля переміщення породи, кН;

f_2 – коефіцієнт тертя породи по металу (приймаємо $f_2 = 0,4$).

Опір переміщенню візка дорожньої машини, кН:

$$W_5 = G_m \cdot f$$

де G_m – експлуатаційна вага дорожньої машини, кН;

f – коефіцієнт опору коченню машини (приймаємо $f = 0,3$).

Визначення необхідної потужності двигуна бульдозера

Необхідна потужність двигуна тягача N_d (кВт) визначається за формулою:

$$N_d = \frac{\sum_{i=1}^5 W_i \cdot V}{3,6 \cdot \eta}$$

де V – робоча швидкість руху машини під час роботи, км/год;

η – коефіцієнт корисної дії трансмісії машини ($\eta = 0,85$).

Перевірка правильності вибору тягача за умови тягового зусилля

Після визначення необхідної потужності тягача залежно від умов експлуатації бульдозера встановлюється правильність вибору тягача за відношенням, кН:

$$T_{зч} \cdot k_d \geq \sum_{i=1}^5 W_i$$

де $T_{зч}$ – сила зчеплення рушія машини з опорною поверхнею, кН;

k_d – коефіцієнт динамічності ($k_d = 1,5$).

Сила зчеплення рушія машини з опорною поверхнею, кН:

$$T_{зч} = m \cdot \varphi_{зч} \cdot g$$

де m – маса машини, кг;

$\varphi_{зч}$ – коефіцієнт зчеплення рушіїв з опорною поверхнею (для гусеничних $\varphi_{зч} = 0,9$, для колісних $\varphi_{зч} = 0,7$)

Розрахунок продуктивності бульдозера

Продуктивність бульдозера визначається за формулою, м³/змін:

$$П_{зм} = \frac{T \cdot q \cdot k_B}{t_{ц}}$$

де T – тривалість зміни ($T = 8$ год);

k_B – коефіцієнт використання робочого часу (приймаємо $k_B = 0,8$);

q – об'єм породи, що переміщується за один цикл, м³;

$t_{ц}$ – тривалість робочого циклу, год.

Об'єм ґрунту, що переміщується за один цикл, м³:

$$q = \frac{H^2 \cdot L \cdot \sin \alpha \cdot K_{вт}}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 \cdot K_p}$$

де H – висота відвалу (з козирком), м;

L – довжина ріжучої частини ножа відвала, м;

α – кут захвату ножа, град;

$K_{вт}$ – коефіцієнт втрат породи при переміщенні бульдозером;

φ_0 – кут природного укосу породи (для слабких порід приймаємо $\varphi_0 = 32^\circ$);

K_p – коефіцієнт розпушення породи ($K_p = 1,1 \dots 1,3$).

Коефіцієнт втрат ґрунту при переміщенні бульдозером:

$$K_{вт} = 1 - 0,005 \cdot l_{гр}$$

де $l_{гр}$ – відстань переміщення породи, м.

Тривалість робочого циклу, год:

$$t_{\text{ц}} = \frac{1}{1000} \left(\frac{l_{\text{н}}}{V_{\text{н}}} + \frac{l_{\text{гр}}}{V_{\text{гр}}} + \frac{l_{\text{р}}}{V_{\text{р}}} + \frac{l_{\text{х}}}{V_{\text{х}}} \right) + 2 \cdot t_{\text{пв}}$$

де $l_{\text{н}}$ – відстань набирання породи (приймаємо $l_{\text{н}} = 3,5-5,5$ м);

$l_{\text{р}}$ – відстань розвантаження породи (приймаємо $l_{\text{р}} = 2,5-4,5$ м);

$l_{\text{х}}$ – відстань холостого ходу, м;

$V_{\text{н}}$ – швидкість руху при набірні породи (приймаємо $V_{\text{н}} = 2,2$ км/год);

$V_{\text{гр}}$ – швидкість руху з породою (приймаємо $V_{\text{гр}} = 2,6$ км/год);

$V_{\text{р}}$ – швидкість руху при розвантаженні (приймаємо $V_{\text{р}} = 2,6$ км/год);

$V_{\text{х}}$ – швидкість холостого ходу (приймаємо $V_{\text{х}} = 8,6$ км/год);

$t_{\text{пв}}$ – час на поворот трактора в кінці ділянки, приймаємо $t_{\text{пв}} = 0,01$ год.

Відстань пересування бульдозера холостим ходом, м:

$$l_{\text{х}} = l_{\text{н}} + l_{\text{гр}} + l_{\text{р}}$$

Індивідуальні завдання за темою лабораторної роботи

Завдання 1. Проаналізувати вихідні дані та результати розрахунків і запропонувати ряд технологічних рішень, які дозволять збільшити продуктивність заданої машини за наявних умов експлуатації.

Завдання 2. Дослідити залежність коефіцієнта втрати породи при переміщенні бульдозером $K_{\text{вт}}$ від відстані транспортування $l_{\text{гр}}$ і побудувати графік цієї залежності.

Завдання 3. Дослідити залежність об'єму породи що переміщується за один цикл q від кута захвату ножа відвалу α і побудувати графік цієї залежності.

Завдання 4. Дослідити залежність опору руху від зрізання породи відвалом W_1 від величини максимального опускання відвалу бульдозера h і побудувати графік цієї залежності.

Вимоги до структури звіту:

Звіт по виконанню лабораторної роботи має розпочинатись з титульного аркуша, на якому мають бути вказані: назва навчального закладу; назва кафедри на яку подається звіт; назва дисципліни; порядковий номер лабораторної роботи; назва лабораторної роботи; прізвище та ініціали виконавця лабораторної роботи; прізвище та ініціали викладача.

Пояснювальна записка звіту повинна містити назву, мету і завдання наведені в описі лабораторної роботи. Студент самостійно має знайти і навести короткі теоретичні відомості за темою лабораторної роботи (теоретичні відомості рекомендується ілюструвати схематичними зображеннями, графіками, схемами, тощо). По завершенню теоретичної частини студент повинен вказати свій варіант та навести перелік вихідних даних до виконання роботи. Наступним кроком є власне виконання завдання з детальним описом виконання розрахунків. Після виконання розрахункової частини лабораторної роботи необхідно розписати порядок виконання індивідуального завдання (включно з необхідними графічними додатками) і базуючись на отриманих результати сформулювати висновок до лабораторної роботи.

Загальні вимоги до оформлення звіту:

Формат – вертикальний, А4;

Розмір літер – 14;

Шрифт – Times New Roman;

Міжрядковий інтервал – 1,5;

Об'єм звіту – не обмежений;

Відступ абзацу – 1,0 см;

Вирівнювання – по ширині;

Поля зліва – 2,5 або 3 см;

Поля праворуч – 1 см;

Поля внизу і вгорі – 2 см.