

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Транспортна інженерія»

(назва факультету)

Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»
(ступінь вищої освіти)

на тему: **Розробка секційного неповоротного відвала бульдозера**
за освітньою програмою **«Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні,
меліоративні машини і обладнання»**

зі спеціальності: 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ПМ1811


(підпис студента)

/ Олександр КАЛИТА /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/ Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:


(підпис)

/ Олександр ПОСМІТЮХА /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2022

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty of Transport Engineering

(faculty)

Department of Applied Mechanics and Materials Science

(department)

Explanatory Note
to Bachelor's Thesis

on the topic:

Development of a sectional non-rotating bulldozer blade

according to educational curriculum «Lifting and transport, construction, road, reclamation machines and equipment»

in the Speciality: 133 Industrial Engineering

(speciality and its code)

Done by the student of the group: ПМ1811 / Alexander KALITA /
(name, surname)

Scientific Supervisor:  / Kazimir HLAVATSKYI /
(position, name, surname)

Normative controller:  / Oleksandr POSMITIUKHA /
(position, name, surname)

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty of Transport Engineering

(faculty)

Department of Applied Mechanics and Materials Science

(department)

Explanatory Note
to Bachelor's Thesis

on the topic:

Development of a sectional non-rotating bulldozer blade

according to educational curriculum «Lifting and transport, construction, road, reclamation machines and equipment»

in the Speciality: 133 Industrial Engineering

(speciality and its code)

Done by the student of the group: ПІМ1811 / Alexander KALITA /
(name, surname)

Scientific Supervisor: / Kazimir HLAVATSKYI /
(position, name, surname)

Normative controller : / Oleksandr POSMITIUKHA /
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Транспортна інженерія

Кафедра: Прикладна механіка та матеріалознавство

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Освітня програма: Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
_____ **Сергій РАКША**
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»
(ступінь вищої освіти)

студенту Калиті Олександровичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: **Розробка просторової ножової системи з комбінованим розміщенням ножів для неповоротного відвала бульдозера**

Керівник роботи: Главацький Казимир Цезарович, к. т. н., доцент
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від "10" 11 2022 р. № 16ст

2. Строк подання студентом роботи: 20.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Базова машина – промисловий гусеничний трактор-25 тс; тип бульдозерного відвала - неповоротний;- ширина відвала – 4600 мм; тип ножової системи – традиційна і просторова комбінована; категорія ґрунту -I - IV.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: Технічне обґрунтування роботи.-

4.2 Основна частина: Силовий і конструктивний розрахунок бульдозера.

Технологічний процес виготовлення вісі.

4.3 Науково-дослідна частина: методика визначення параметрів ножової системи.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Загальний вигляд бульдозерного обладнання; складальне креслення робочого обладнання і його складових; результати науково-дослідної частини; розрахункові схеми; графіки; деталювання; технологія виконання робіт; інші графічні матеріали.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Технічне обґрунтування роботи	06.03.2022	
2	Силовий і конструктивний розрахунок бульдозера. Технологічний процес виготовлення вісі.	24.04.2022	
3	Методика визначення параметрів ножової системи	20.05.2022	
4	Підготовка графічної частини роботи	10.06.2022	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	20.06.2022	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	21.06.2022	

Студент

_____ (підпис)

Олександр КАЛИТА

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В записці всього 93 сторінок

Найменування роботи: Розробка секційного неповоротного відвала бульдозера.

Ілюстрації: схем 26; рисунків 10;
графіків 4; фотографій 40;
таблиць 23.

Ключові слова: бульдозер, ґрунт, робочий орган, робоче обладнання, сила, ножова система, продуктивність, безпечність, технологічність, дослідження, інтенсифікація, енергоємність, економічність.

Текст реферату:

Метою роботи є підвищення продуктивності бульдозерного обладнання за рахунок розробки нового технічного рішення – секційного відвала з використанням традиційної та просторової ножової системи (ПНС), а також ножової системи з виступними ножами (ВН) і бічними косинками (БК).

В результаті обґрунтовано і розроблено конструкцію секційного відвала з вказаними типами ножових систем, виконаний силовий та конструктивний розрахунок, запропонована технологія виконання робіт при копанні ґрунту, яка дозволяє збільшити продуктивність машини. Виконані дослідження ножової системи з ВН і БК. Запропонована структура технологічного процесу виготовлення вісі. Рекомендовані напрямки подальшого удосконалення робочого бульдозерного обладнання з ВН і БК.

ЗМІСТ

ВСТУП	- 5
1. ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	- 6
1.1. Загальний огляд і класифікація бульдозерів	- 6
1.2. Огляд і аналіз технічних рішень секційних відвалів-аналогів	- 13
1.3. Робочий процес бульдозерів	- 22
1.4. Використання бульдозерів при розробці мерзлих ґрунтів	- 24
1.5. Методи підвищення ефективності робочих процесів бульдозерів	- 29
1.6. Принципові технічні рішення секційного відвала бульдозера	- 33
2. СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БУЛЬДОЗЕРА	- 34
2.1. Тяговий розрахунок і продуктивність бульдозера	- 34
2.2. Основні параметри бульдозерів	- 39
2.3. Визначення максимальної і мінімальної глибини різання	- 48
3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК БУЛЬДОЗЕРА	- 52
3.1. Обґрунтування конструкції і розрахунок привода керування	- 52
3.2. Визначення розрахункових значень навантажень для перевірки міцності елементів конструкції бульдозера	- 58
4. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НОЖОВОЇ СИСТЕМИ	- 68
5. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВІСІ	- 72
5.1. Мета і задачі при раціональному проектуванні технологічного процесу механічної обробки вісі	- 72
5.2. Вибір заготовки	- 73
5.3. Кількість технологічних переходів	- 76
5.4. Режими обробки	- 79
5.5. Вибір верстата	- 80
5.6. Розрахунок сумарного часу на виготовлення деталі	- 85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	- 86
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	- 87
ДОДАТОК А. Карти технологічного процесу виготовлення осі	- 90

					ДІПТ. 630000. 301. КРПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка секційного неповоротного відвала бульдозера								
Розроб.	Калита									Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.	Главацький									4	93		
Реценз.										УДУНТ, гр. ПМ1811			
Н. Контр.	Посмітюха												
Затверд.	Ракша												

ВСТУП

Робота має на меті удосконалення та розробку ефективної конструкції секційного відвала з використанням традиційної та просторової ножової системи (ПНС) для неповоротного бульдозерного відвала на основі застосування косої різання та копання ґрунту.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення робочого обладнання (РО) землерийно-транспортних машин (ЗТМ) та розробки секційного відвала з використанням традиційної та ПНС бульдозерів з неповоротним відвалом, які повинні призвести до спільного результату – зниження енергоємності процесу копання ґрунту та зменшення коефіцієнта питомого опору копання.

ЗТМ називають машини з ножовим РО, що виконують одночасно пошарове відділення від масиву й переміщення ґрунту до місця укладання при своєму поступальному русі. Особливістю робочого процесу цих машин є те, що копання ґрунту відбувається внаслідок переміщення самої машини під дією тягового зусилля, що розвивається її рушієм. До цієї групи машин відносяться зокрема бульдозери. Бульдозерним обладнанням оснащують ЗТМ (бульдозери, автогрейдери), у яких це обладнання є основним. Бульдозери, як правило, оснащуються традиційними конструкціями бульдозерного обладнання з неповоротним чи поворотним відвалом.

Основним недоліком роботи бульдозерного обладнання з неповоротним відвалом є підвищена енергоємність копання і втрати ґрунту обабіч відвала через його конструктивні особливості. Використання бульдозерного обладнання з поворотним відвалом дає змогу використовувати косе різання та копання ґрунту, що дає змогу зменшити опір різанню та копанню.

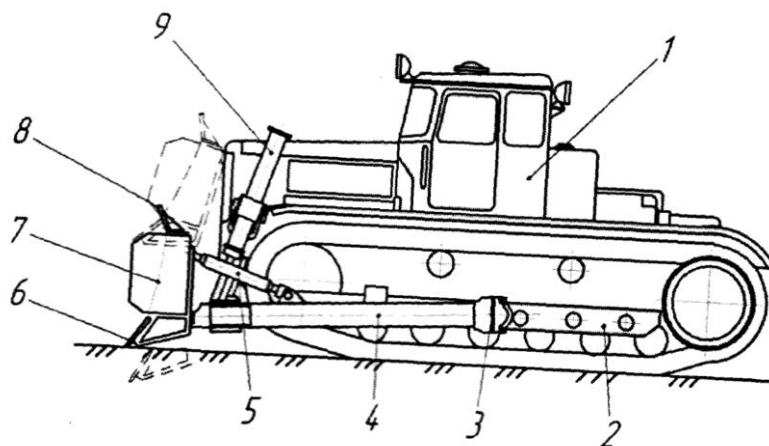
Актуальність роботи обумовлена тим, що секційний відвал та ПНС спрямовані на зниження енергоємності копання ґрунту за рахунок поліпшення нагромадження і переміщення ґрунту по відвалу і зменшення втрат ґрунту у бічні валики.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						5
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Загальний огляд і класифікація бульдозерів

Бульдозер являє собою базовий тягач, оснащений ножовим навісним робочим обладнанням, у яке входить відвал 7 з ножами 6, штовхаючі бруси 4, підкоси 5 і гідроциліндри 9 (рис. 1.1). Відвал виготовляють у вигляді коробчастої звареної конструкції з накладками міцності, привареними до тильної сторони. Штовхаючі коробчасті бруси 4 передніми кінцями шарнірно з'єднують з кронштейнами на тильній стороні відвала, а задніми - із упряжними шарнірами 3, плити яких приварені до балок гусеничних візків трактора. Підкоси з'єднують верхню частину відвала з кронштейнами штовхаючих брусів. Перестановкою підкосів можна змінювати кут різання у межах 45...60°. Внаслідок працемісткості операцій по перестановці підкосів їх замінюють гідроциліндрами.



1 - базовий трактор; 2 - ходові колеса; 3 – упряжні шарніри; 4 - штовхаючі бруси; 5 - підкоси; 6 - ножі; 7 - відвал; 8 - козирок; 9 – гідроциліндри;

Рис. 1.1. Конструктивна схема бульдозера з неповоротним відвалом

Бульдозерним обладнанням можна оснащувати інші землерийно-транспортні машини (автогрейдери, навантажувачі), у яких це обладнання є допоміжним. Бульдозери можуть розробляти талі і мерзлі попередньо розпушені ґрунти. Як базові машини для бульдозерів найчастіше використовують гусеничні трактори потужністю від 20 до 850 кВт, рідше – колісні трактори або тягачі потужністю 75...200 кВт.

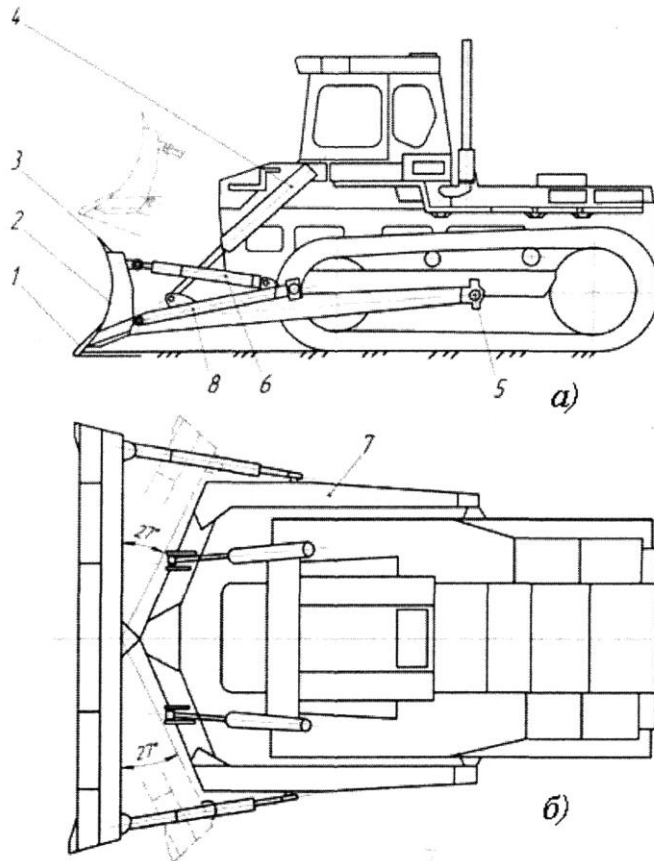
									Арк.
									6
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІПТ. 630000. 301. КРПЗ				

Для виконання підготовчих робіт на раму бульдозера навішують додаткові види робочого обладнання: кушорізи, розпушувачі, збирачі та ін. Потужні бульдозери також випускають у комплекті з розпушувачами. Бульдозер зрізає ґрунт і переміщує його по поверхні землі до місця укладання. Бульдозери застосовують для зведення насипів із бічних резервів, розробки виїмок, грубого планування поверхонь земляних споруд, для засипання ровів, траншей, обвалування споруджень, а також для підготовчих робіт - валки окремих дерев, зрізання чагарника, корчування пеньків і каміння. Бульдозери використовують також для розподілу ґрунту при роботі екскаваторів і самоскидів, формування штабелів сипких матеріалів (піску, щебню) і їхньої подачі до переробних агрегатів, для снігоочищення, формування терас на косогорах, виконання розкривних робіт у кар'єрах. На базі гусеничних тракторів також серійно випускають бульдозери з поворотним відвалом. У бульдозера цього типу замість штовхаючих брусів встановлена аркова рама, до вершини якої шарнірно приєднаний відвал (рис. 1.2). Краї відвала утримують штовхальники, з'єднані повзунами з бічними напрямними рами. Остання з'єднана з кронштейнами рами трактора. Відвал повертають у плані гідروциліндрами. Повзуни штовхальників при цьому змінюють положення на направляючих рами і фіксуються заставними штирями. Задні вушка штовхальників можна переставляти по висоті щодо повзунів, змінюючи у такий спосіб кут різання. Опускаючи вушко одного штовхальника і піднімаючи вушко іншого, можна одержати поперечний перекіс відвала. Керують відвалом за допомогою гідророзподільника.

Універсальний відвал (рис. 1.3) використовують для планувальних робіт у ґрунтах з порушеною структурою.

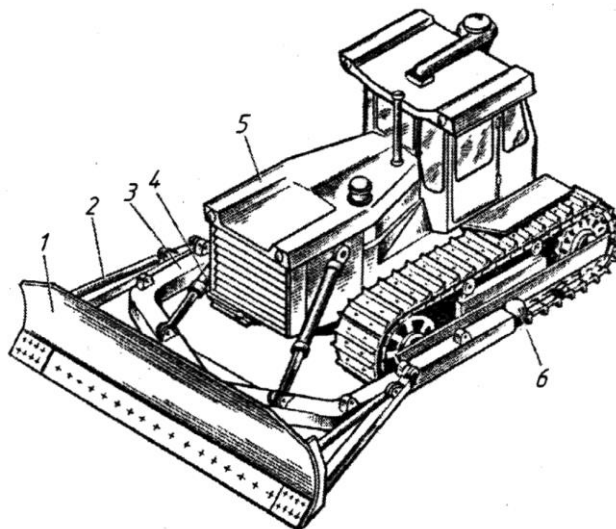
Залежно від умов роботи застосовують різні відвали бульдозерів (рис. 1.4). У прямого простого відвала (рис. 1.1) є пряма утворююча, невеликі вигнуті бічні щитки і ножі для зменшення зносу щитків. Ножі відвала звичайно складаються з двох, трьох частин і оснащені виступаючими вперед змінними кутовими ножами. Такими відвалами розробляють міцні ґрунти.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						7
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



a - вид збоку; *б* - вид зверху; 1 - ножі; 2 - відвал; 3 - козирок; 4 - гідроциліндри підйому і опускання відвала; 5 - опорний шарнір; 6 - гідроциліндри перекосу відвала (гідро розкіс); 7 - універсальна рама; 8 – штовхальник відвалів встановлюють з внутрішньої сторони гусеничних візків;

Рис. 1.2. Бульдозер з поворотним відвалом (вид збоку і зверху)

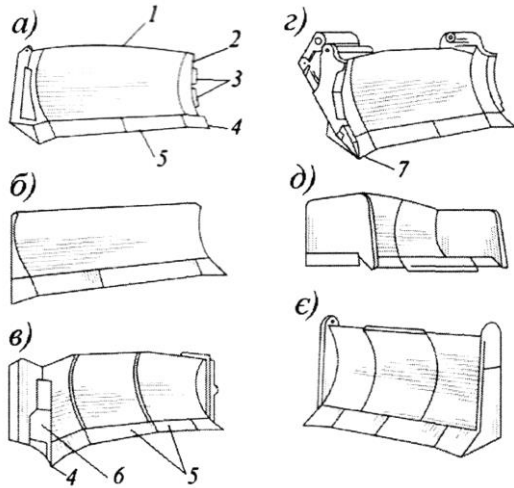


1 - відвал; 2 - штовхач з розкосом; 3 - рама; 4 - гідроциліндр підйому і опускання відвала; 5 - трактор; 6 – шарнір;

Рис. 1.3. Загальний вигляд бульдозера

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Сферичний відвал (рис. 1.4, в) застосовують для розробки м'яких і середньої міцності ґрунтів. Вигнута у плані форма відвала передбачена для косоного різання ґрунтів, при якому зменшується опір різанню і можна збільшити на 10...12% довжину відвала. За рахунок виступаючих вперед кінців відвала о'єм переміщуваного ґрунту збільшується на 20...25% у порівнянні з прямим відвалом.



a - прямий; *б* - універсальний; *в* - сферичний;
г - з бічними розпушувальними зубами;
д - совковий для збирання; *е* - короткий прямий відвал; 1 - лобовий лист разом з козирком; 2 - бічні щитки; 3 - бічні ножі; 4 - кутові; 5 - середні ножі; 6 - відкрилки; 7 - висувні зуби;

Рис. 1.4. Форми відвалів бульдозера

Відвал з бічними зубами для розпушення (рис. 1.4, г) використовують для розробки міцних кам'янистих ґрунтів бульдозерами великої потужності. Зуби висувуються гідроциліндрами нижче ножів на 20...30 см.

Відвал з виступаючими ножами, в якому є кілька виступаючих ножів, що різуть ґрунт зі значно меншими зусиллями особливо в міцних ґрунтах.

Совковий відвал (рис. 1.4, д) має бічні щитки, що знижують втрати ґрунту при переміщенні і виступаючу вперед частину ножа для кращого врізання у ґрунт. Застосовують його для розробки мало зв'язких ґрунтів у випадку переміщення їх на великі відстані.

Короткі прямі відвали (рис. 1.4, е) постачають амортизаторами та призначають для бульдозерів-штовхальників, що штовхають при роботі землерійно-транспортні машини для одержання більшого зусилля.

Крім зазначених типів відвалів існують додаткові види змінного робочого обладнання для обробки укосів насипів, розпушування ґрунту, видалення чагарнику та ін. Використання їх значно підвищує універсальність бульдозерів.

Робочий процес бульдозера складається з операцій копання, переміщення і розрівнювання ґрунту. Ґрунт, що вирізається із забою, накопичується перед відвалом, формуючи призму ґрунту, яку називають призмою волочіння.

Далі відвал виглиблюють і бульдозер переміщає ґрунт до місця укладання. Потім бульдозер розрівнює призму ґрунту. Розрівнювати ґрунт можна переднім і заднім ходом машини. При транспортуванні ґрунту частина його втрачається. Втрати, що залежать від дальності переміщення, можуть доходити до 30% і більше від об'єму призми волочіння.

Залежно від умов роботи, потужності і типу тягача гусеничні бульдозери працюють на швидкостях 2,4...6,0 км/год., на колісних тягачах - 3,5...8,0 км/год., а переміщують ґрунти відповідно на швидкостях 4...8 і 6...12 км/год., (холостий хід - 10...12 і 20...25 км/год.).

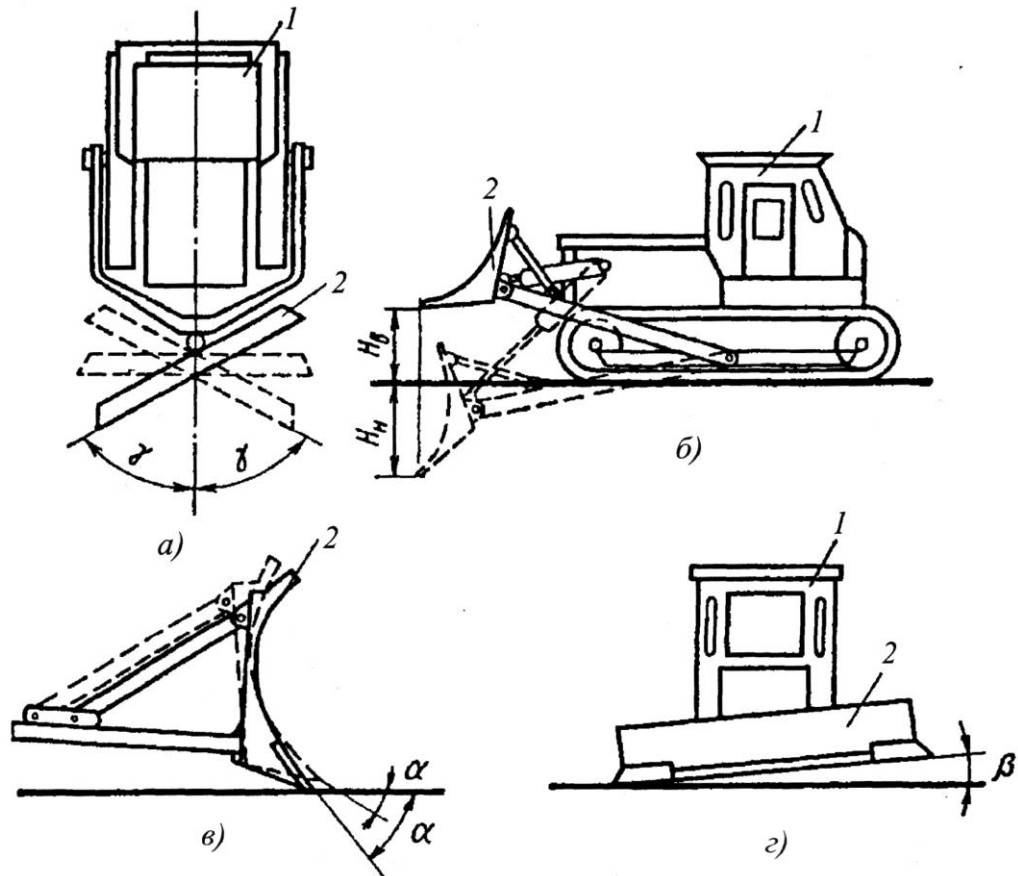
Бульдозери прийнято класифікувати за наступними ознаками: потужністю двигуна або тяговому зусиллю, типу ходового обладнання, способу установки відвала, типу привода керування робочим органом (рис. 1.5). Класифікація бульдозерів за першою ознакою приведена у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Класифікація бульдозерів за номінальним тяговим зусиллям і потужністю двигунів

Типи бульдозерів	Тягове зусилля, кН	Потужність, кВт
Малогабаритні	Не менше 30	<20
Легкі	30...140	20...50
Середні	140...200	>50...100
Важкі	200...300	>100...200
Надважкі	>300	>200

Важкі і надважкі бульдозери застосовують для виконання земляних робіт великих обсягів, а також у районах зі складними кліматичними і ґрунтовими умовами легкі і середні - для робіт у транспортному, житловому і сільськогосподарському будівництві (рис. 1.6, рис. 1.7).



a - в горизонтальній площині; *б* - у верхньому і нижньому положеннях;
в - зміна кута різання; *г* - у вертикальній площині; 1 - базова машина; 2 – відвал;

Рис. 1.5. Схема установок відвала бульдозера

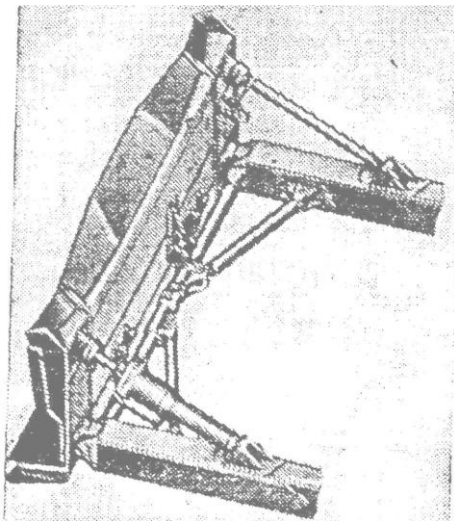


Рис. 1.6. Прямий відвал з регульованими підкосами, підкосним гідроциліндром і горизонтальними підкосами

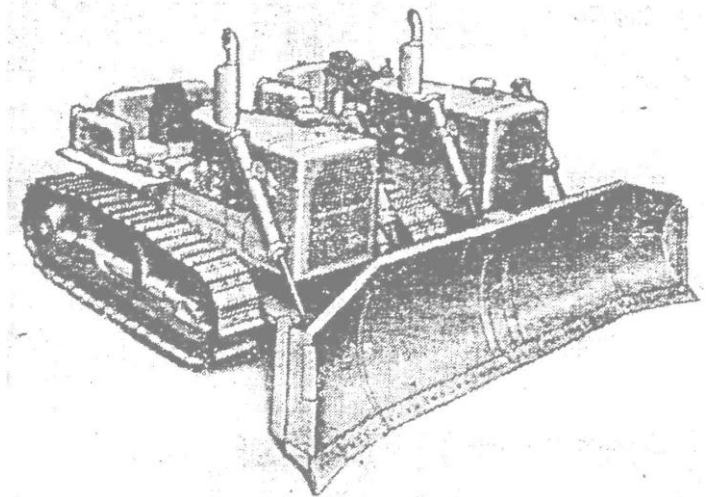


Рис. 1.7. Спарені трактори потужністю по 294 кВт з одним відвалом

За типом ходового обладнання бульдозери підрозділяють на гусеничні і пневмоколісні. У першому випадку базовими машинами є гусеничні трактори, а в

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

другому - пневмоколісні тягачі і колісні трактори. Бульдозери на гусеничному ході мають високу прохідність, при цьому типі ходового обладнання тягове зусилля при одній і тій же потужності більше, ніж у пневмоколісних. Пневмоколісні більш маневреніші і швидкохідні, їх ходова частина у експлуатаційних умовах більш довговічна (рис. 1.8, рис. 1.9).

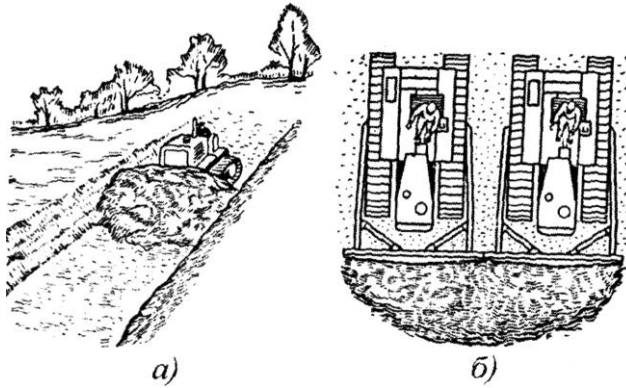


Рис. 1.8. Робота бульдозерів в траншеї а) і робота спарених бульдозерів б)

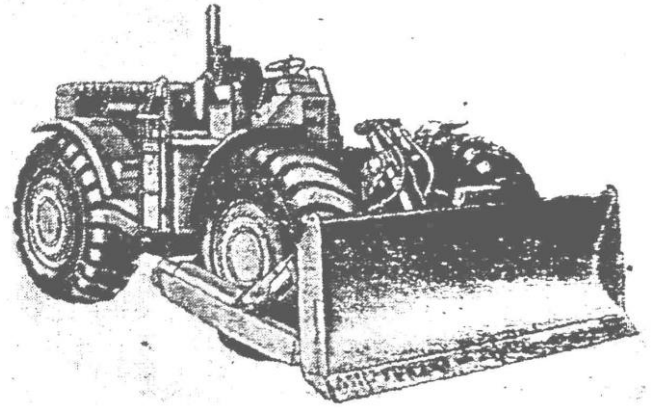


Рис. 1.9. Колісний бульдозер потужністю 294 кВт з шарнірно-з'єднаною рамою

За способом установки відвала бульдозери розділяють на машини з неповоротними і поворотними відвалами. До першого відносять бульдозери, в яких у процесі роботи змінюється тільки кут різання, інші ж кути залишаються постійними. В бульдозерів з поворотними відвалами змінюються всі кути встановлення. Діапазони зміни кутів установки відвалів приведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Кути установки відвала бульдозера

Тип бульдозера	Кути установки відвала, град		
	захоплення λ	зарізання Θ	різання α
З неповоротним відвалом	90	0	50...60
З поворотним відвалом	60...90	0	
Універсальний	60...90	3...8	50...60

Зі зміною встановлених кутів змінюється характер руху і висота підйому ґрунту по відвалу. Бульдозери з неповоротними відвалами використовують для розробки зв'язних ґрунтів з непорушеною структурою, а з поворотними відвалами

і універсальні - для розробки незв'язних ґрунтів, виконання планувальних і снігоприбиральних робіт, засипання траншей, каналів, котлованів та інших виїмок.

1.2 Огляд і аналіз технічних рішень секційних відвалів-аналогів

Перше технічне рішення-аналог представляє собою двосекційний відвал снігоприбиральної машини, секції якого з'єднані між собою двома циліндричними шарнірами та виконані симетрично-дзеркально відносно подовжньої вертикальної площини симетрії (рис. 1.10), [22].



Рис. 1.10. Двосекційний відвал снігоприбиральної машини

Двосекційний відвал для снігу – це надійне навісне обладнання виконане з високоякісного металу, який швидко та якісно допоможе розчистити засипні снігом, піском або сміттям дороги та території.

Завдяки V – подібній формі, такий відвал можна застосовувати на вузьких ділянках, так як він має п'ять робочих положень: прямо, праворуч, ліворуч, клином або захоплюючи та формуючи снігову масу. У цьому кут повороту становить 27 градусів, [22].

Устаткування виконане з конструкційної сталі, нижня частина виготовлена із змінної гуми завтовшки 40 мм.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						13
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час роботи відвал повністю прилягає до поверхні, при цьому не ушкоджує бордюри, люки або огорожі, оскільки передбачена пружинна система нижнього краю, що запобігає пошкодженню таких елементів.

Основні характеристики: ширина 2500 мм; висота 980 мм; глибина 1160 мм; вага 580 кг; кут повороту 27 градусів, [22].

Друге технічне рішення-аналог представляє собою двосекційний відвал бульдозера Caterpillar D6K LGP (рис. 1.11), [23].

На рисунку 1.11 представлений варіант двосекційного поворотного відвала з шарнірним з'єднанням секцій. При цьому секції виконані не симетрично, а саме: одна із секцій є частиною відвала, з'єднана з іншою за допомогою циліндричних шарнірів, вісь яких наближена до вертикалі і гідромеханізму повороту, та має можливість фіксованого безперервного повороту відносно іншої в сторону зони призми ґрунту перед відвалом на гострий кут.



Рис. 1.11. Двосекційний поворотний відвал бульдозера Caterpillar D6K LGP

На рисунку 1.12 представлений варіант виконання двосекційного неповоротного відвала з шарнірним з'єднанням секцій, аналогічний тому, що

					ДІПТ. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Особливістю виконання даного бульдозерного обладнання, завдяки бічній секції, згортання ґрунту можна зробити на одну сторону відвала, через що витрати самого ґрунту та часу на роботу можна зменшити.

Цей відвал буде добре справлятися з кам'янистим ґрунтом, це добре для очищення території будівництва доріг, будівельних майданчиків і т. д.

Друге технічне рішення-аналог, таке ж, як двосекційний відвал бульдозера Caterpillar D6K LGP (рис. 1.11), [23], та варіанти його фотографій в різних ракурсах, взяті з іншого джерела інформації, представлені на рисунку 1.13, [24].

Бульдозер D6N LGP від компанії Caterpillar, що має рядний шестициліндровий двигун Cat C9 з технологією ACERT, відрізняється підвищеною потужністю, видатною надійністю, довговічністю, високою чутливістю до навантаження та забезпечує необхідні експлуатаційні показники.

Технічні характеристики: тип відвала – поворотний; об'єм відвала – 3,16 м³; ширина – 4080 мм, [24].

Машини розрахована на високі ударні навантаження та скручують зусилля. Найбільш навантажені вузли виконані із застосуванням кування, що значно збільшує термін служби.

Паралелограмний, фіксований тристійковий розпушувач може бути обладнаний зубами як прямої так і загнутої форми.

Машини розраховані на високі ударні навантаження та скручують зусилля. Найбільш навантажені вузли виконані із застосуванням кування, що значно збільшує термін служби.

Паралелограмний, фіксований тристійковий розпушувач може бути обладнаний зубами як прямої так і загнутої форми.

Caterpillar D6N LGP обладнаний ходовою частиною System One, що дозволяє суттєво скоротити витрати на обслуговування машини. Конструкція машини передбачає установку захисного огороження для верхньої частини рами опорних котків, що оберігає від негативного впливу абразивних матеріалів. Плавність ходу та висока стійкість бульдозера досягаються за рахунок використання балансирующего

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

бруса, що монтується під основною рамою. Трубчаста конструкція рами гусеничних візків дозволяє краще протистояти деформаціям.



Рис. 1.13. Двосекційний поворотний відвал бульдозера Caterpillar D6K LGP

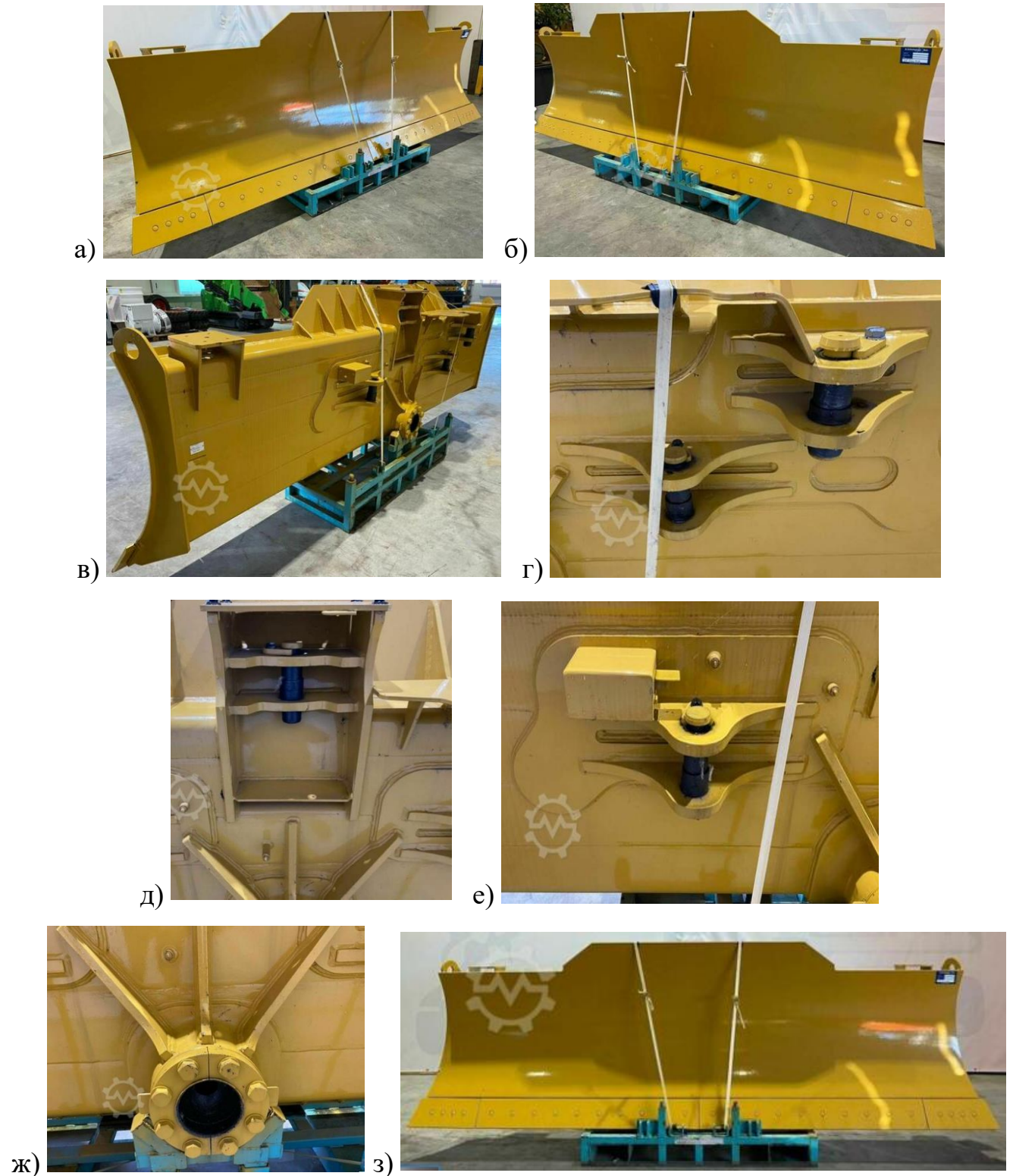
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІП. 630000. 301. КРПЗ

Арк.

17

Третє технічне рішення-аналог представляє собою бульдозерний поворотний відвал та особливості його конструкції, (рис. 1.14), [25].



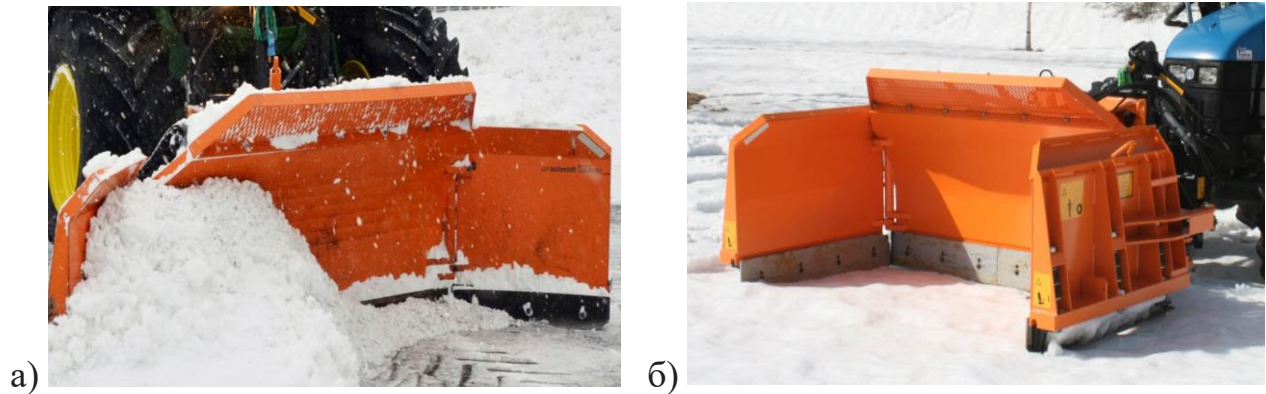
а, б – ліва/права частина відвалу; в – задня частина відвалу; г – ліві провухини для кріплення розкосів; д – провухина для тяги заглиблення відвалу; е – права провухина для кріплення розкосів; ж – секція для регулювання горизонтального положення відвалу; з – передня частина відвалу;

Рис. 1.14. Відвал бульдозера поворотний

						ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

Відвал бульдозера поворотний (рис.1.14) має універсальність в тому, що може регулювати горизонтальне положення (рис. 1.14, ж.). Завдяки провушині зверху (рис.1.14, д) відвал може краще заглиблюватися в ґрунт.

Четвертий технічне рішення-аналог є клиновидний снігоприбиральний відвал, (рис. 1.15).



в)

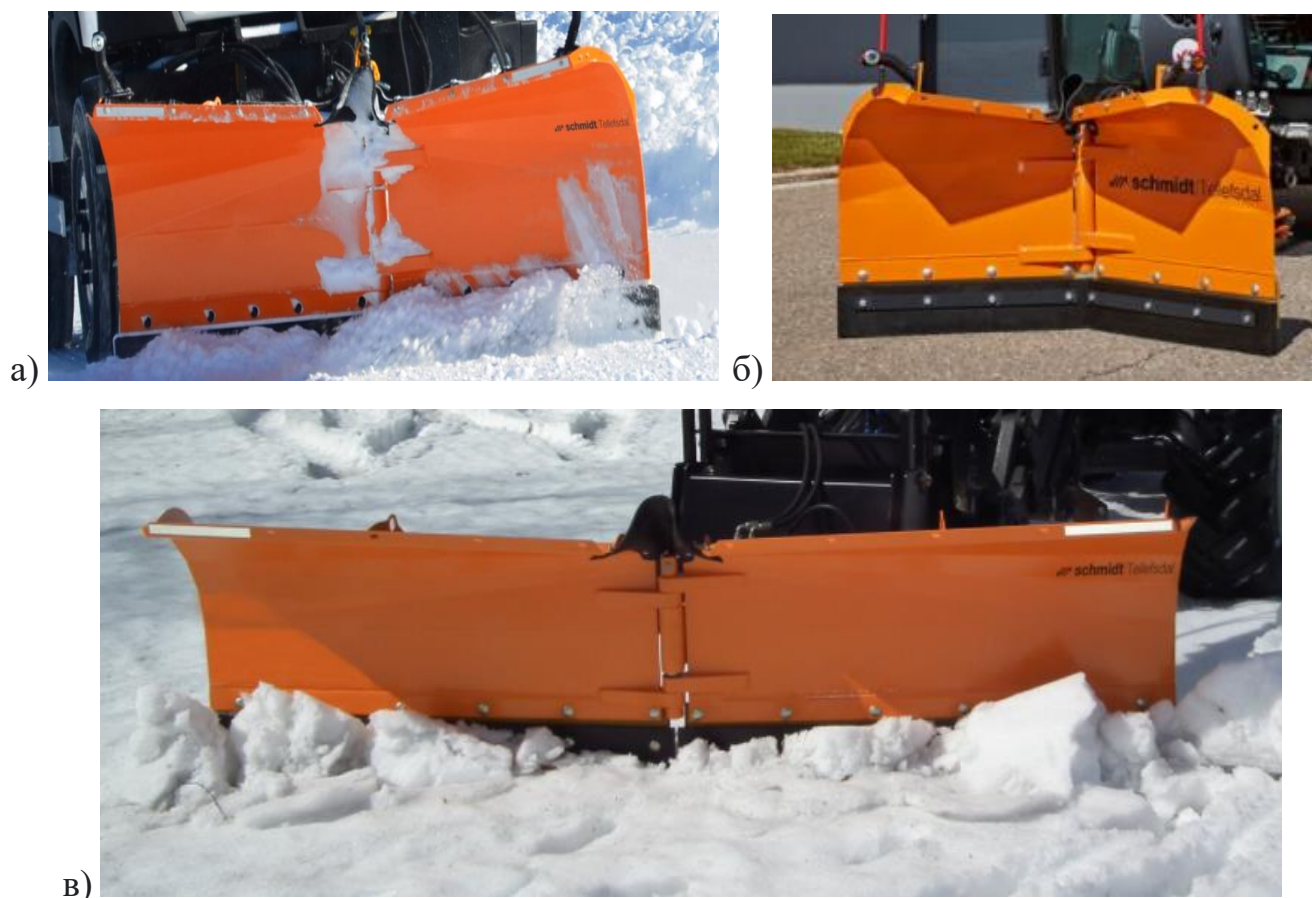
а, б – П – подібний відвал; в – відвал в розгорнутому стані;
Рис. 1.15. Клиновидний снігоприбиральний відвал

Система захисту від пошкодження забезпечує безпечне подолання перешкод. Кожна з пружних секцій відвала переміщається назад при контакті з перешкодою, а після подолання, секція повертається в робоче положення за допомогою гумової пружини.

Відвал повертається в обох напрямках на кут 30° або 35° . Бічні секції повертаються вперед на кут до 90° , утворюючи П-подібну форму для збирання снігу або зменшення габаритів по ширині. Центральна рама маятникового типу повертається на $\pm 2,5^{\circ}$. Для монтажу на базове шасі використовується підвіска у

формі паралелограма. Центральна та бічні секції можуть мати різну ширину залежно від індивідуальних вимог замовника, [26].

П'яте технічне рішення-аналог є снігоприбиральній відвал VPL (рис. 1.16).



а – ліве положення відвала; б – відвал метелик; в – прямий неповоротний відвал;

Рис. 1.16. Снігоприбиральній відвал VPL

Складається з двох секцій, з'єднаних посередині А-подібною шарнірною рамою. Така конструкція дозволяє здійснювати ефективне прибирання навіть щільного снігу. Геометрична форма та гострий кут атаки відвалу забезпечують оптимальний викид снігу, а широкий вибір робочих ножів дозволяє використовувати відвал у будь-яких умовах, [27].

Види бульдозерних відвалів та їх класифікація. Сучасні бульдозери здатні виконувати досить багато різнопланових завдань, завдяки навісному обладнанню, основним з яких є відвал. Залежно від конструкції бульдозера, відвал може бути як стаціонарним, так і знімним, деякі моделі також оснащені системою повороту відвала в горизонтальній площині.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Основні типи бульдозерних відвалів:

1) неповоротний напівсферичний відвал – це найбільш універсальний відвал, підходить для всіх видів земних робіт, на ґрунтах всіх категорій, але завжди матиме меншу продуктивність, ніж спеціалізований тип відвалу; цей тип оснащується бічними щоками, для збільшення обсягу переміщеної призми ґрунту;

2) неповоротний сферичний відвал (рис. 1.17), який складається з трьох основних частин – центральної та бічних; бічні секції встановлені під кутом, що дозволяє зміщувати ґрунт із центром відвалу а П-подібна форма забезпечує мінімальний відсоток втрати матеріалу, що переміщується;



Рис. 1.17. Неповоротний сферичний відвал

3) неповоротний прямий відвал (рис. 1.18) в основному служить для виконання планувальних робіт, підготовки будівельних майданчиків, засипки траншей і котлованів;



Рис. 1.18. Неповоротний прямий відвал

					ДІТ. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

4) поворотний прями́й відвал (рис. 1.19) відрізняється зміною у плані; основне застосування - експлуатація та будівництво доріг;

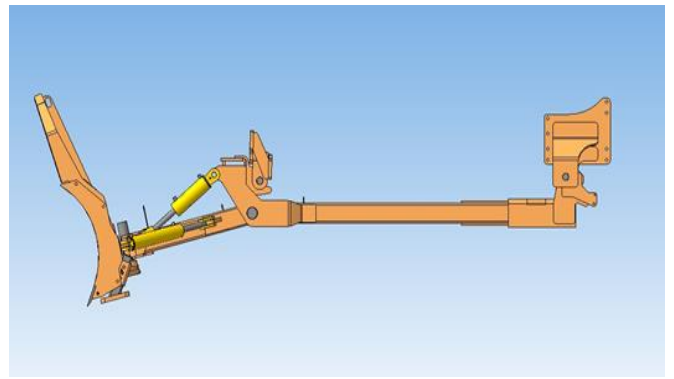


Рис. 1.19. Поворотний прями́й відвал

5) неповоротний відвал з гідроперекосом, де гідроперекіс застосовується для зміни положення відвала у вертикальній площині і завдяки цьому бульдозер зберігає прямолінійний рух при зміні ухилів і щільності ґрунту.

1.3 Робочий процес бульдозерів

Бульдозери призначені для розробки і переміщення ґрунту на невеликі відстані, його укладання, розрівнювання і планування. Використовуються бульдозери для зведення насипів і розробки виїмок з переміщенням ґрунту на відстань до 100 м, для копання і переміщення ґрунту при плануванні будівельних майданчиків, у випадку видалення рослинного шару зі смуги відводу на будівництві доріг і в основах різних земляних споруд, при проведенні підготовчих робіт, на розкритті кар'єрів будівельних матеріалів, розробці піщаних і гравійних кар'єрів, засипанню траншей і котлованів, підсипанню ґрунту до штучних споруджень, розрівнюванні ґрунту, поданого іншими машинами, плануванню будматеріалів на будівельних майданчиках і штабелюванні їх на складах, зачищенні укосів дамб, насипів, каналів. Бульдозери застосовуються також як штовхачі у скреперних загонах і для інших допоміжних робіт, таких, як розчищення і планування транспортних шляхів для скреперів і самоскидів, зачисні роботи у комплекті з екскаваторами, очищення доріг від снігу, валці дерев, корчуванні пеньків. Особливо ефективна робота бульдозерів при малій дальності

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

транспортування ґрунту, наприклад, при зведенні насипів з бічних резервів, при будівництві каналів, коли розроблений ґрунт укладається в дамби або кавальєри.

До підготовчих робіт відносяться наступні: зняття рослинного шару, розчищення смуги від лісу, чагарнику, каменів. Рослинний покрив на смузі відводу при будівництві доріг знімається поперечними проходами від осі дороги в сторони. Товщина шару ґрунту, що видаляється, звичайно складає 10...12 см. Якщо при великій ширині смуги весь шар не може бути видалений за один поперечний прохід, спочатку видаляють ґрунт із країв, а потім із середньої частини смуги відводу.

Валку дерев можна робити на стіну лісу і від стіни лісу. В першому випадку ліс спилюється у крайніх смугах просіки і дерева валять під кутом 40...45⁰ на розчищену смугу. Цей спосіб застосовується в густому лісі. В рідких насадженнях валка дерев проводиться другим способом уздовж просіки з наступним трелюванням і обробленням. При валці дерев бульдозерист нахилиє стовбур піднятим відвалом від себе, потім другим підходом підрізає корені і транспортує дерево за межі смуги, що розчищається. При великих діаметрах дерев (40...50 см) для збільшення висоти упору відвала в дерево здійснюється підсипання призми висотою до 1...1,5 м, а при міцній розгалуженій кореневій системі приходиться збільшувати число підходів для підрізування коренів. Корчування пеньків і збирання каменів при малих їхніх розмірах йде одночасно зі зняттям рослинного шару. Великі пеньки вимагають попереднього підрізування коренів, а камені - обкопуються. При різній крупності каменів і пеньків спочатку видаляються більш великі, а потім всі інші разом з рослинним шаром. На косогорах і схилах пеньки, каміння, рослинний покрив віддаляються вниз по схилу.

При виконанні об'ємних земляних робіт робочий цикл бульдозера складається із зарізання і набору ґрунту, переміщення призми волочіння, розвантаження ґрунту і холостого ходу. Можливі наступні схеми розробки ґрунту.

1. Пряма розробка, при якій бульдозер протягом ряду робочих циклів рухається човниковим способом до одержання заданого рівня поверхні.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Застосовується при розробці траншей шириною; рівною ширині відвала, засипанню ярів, зрізання пагорбів.

2. Бічна розробка, при якій бульдозер після транспортування призми ґрунту повертає вліво або вправо, робить відсипання і задній хід, а потім повертається у вихідне положення. Застосовується при зрізання бугрів, засипанні ям і траншей, при планувальних роботах та ін.

3. Розробка ґрунту ступенями, коли кожен наступний прохід виконується зі зсувом вбік стосовно попереднього на ширину відвала. Застосовується при зведенні насипів з бічних резервів.

4. Зрізання горбів, пагорбів і окремих нерівностей, а також засипанням траншей, ярів, переміщенням зрізаного ґрунту під кутом.

5. Зрізання укосів, глибоких виїмок рухом під ухил у виїмку з наступним переміщенням зрізаного ґрунту в насип.

6. Зведення земляного полотна переміщенням ґрунту з бічних резервів у насип, спорудження напівнасипів і напіввиїмок, переміщення ґрунту з виїмок у кавальєри.

7. Розробка каналів поперечними човниковими ходами. Застосовується при глибині каналів до 2 м і крутості укосів до 20° .

8. Планувальні роботи на горизонтальних або похилих площадках у ділянках земляного полотна за рахунок перерозподілу ґрунту з виступів у западини. Точність планування забезпечується при ручному керуванні до 10 см. Хороша якість планування досягається при перекритті проходів на 30...40. см. Після закінчення планування виконується чистове загладжування поверхні заднім ходом з вільно опущеним відвалом.

1.4 Використання бульдозерів при розробці мерзлих ґрунтів

Поширено способи розробки мерзлих ґрунтів, засновані на їхньому запобіганні від промерзання або за рахунок відтаювання. Відтаювання мерзлих ґрунтів здійснюється за допомогою використання електричної енергії, пари, води,

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						24
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а також вогневим способом. Для цих методів відтаювання характерні висока вартість, складність підготовчих робіт і значна тривалість самого процесу.

Конструкція машин для руйнування міцних і мерзлих ґрунтів залежить від прийнятого способу руйнування: механічного; газодинамічного, гідравлічного, електрофізичного або хімічного.

У будівництві одержав поширення механічний спосіб руйнування мерзлих і міцних ґрунтів, заснований на концентрованому впливі на ґрунт робочого інструмента клиновидної форми під дією статичних або динамічних навантажень. Цей спосіб ефективний при виконанні великих обсягів земляних робіт. Руйнування мерзлих і міцних ґрунтів механічними способами здійснюється різними органами. Для цього використовуються: перекіс бульдозерного відвала; виступаючі на відвалі середні ножі, що дозволяють сконцентрувати зусилля впровадження на невеликій ділянці ножа; рухливі керовані середні ножі або рухливі середні частини відвалів; відвали, обладнані спеціальними кутовими ножами для кращого впровадження в ґрунт; робочі органи з накладенням на ріжучі зуби механічних коливань.

Ефективним пристроєм для руйнування мерзлих ґрунтів, встановленим на бульдозерному обладнанні є виступаючий середній ніж (ВСН) (рис. 1.20, з). При роботі бульдозера з ВСН Поліпшується впровадження ножа в ґрунт, підвищується стійкість у процесі руху при копанні і покращуються умови набору призми волочіння. Аналогічний ефект може бути отриманий при використанні складених відвалів з висувною середньою частиною, що забезпечує механічне регулювання висування кромки ріжучого центрального ножа, щодо основної ріжучої кромки, в залежності від властивостей розроблюваного ґрунту. Висування середньої частини ножа здійснюється гідроциліндрами керування, встановленими на тильній стороні відвала. Оптимальні умови копання досягаються при ширині виступаючого ножа 0,25...0,30 ширини відвала.

У ряді будівельних організацій Московської, Горьковської, Ростовської областей, Криму, Казахстану і Узбекистану виготовлене і випробуване обладнання ВСН до відвалів бульдозерів ДЗ-29А (Д-535), ДЗ-42 (Д-606), ДЗ-53 (Д-686), ДЗ-54

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						25
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(Д-687А). Випробування в різних кліматичних зонах на ґрунтах різної міцності показали, що застосування бульдозерів із ВСН підвищує технічну продуктивність на 15...30% при зниженні годинної витрати палива на 5...7%. Виготовлення ВСН здійснюється в умовах трестів, керувань механізації, дорожньо-будівельних керувань і пересувних механізованих колон, що мають ремонтно-механічні майстерні.

Установка спеціальних кутових ножів на бульдозерних відвалах при наявності перекосу також сприяє гарному впровадженню робочого органа у мерзлий і міцний ґрунт (рис. 1.20, с).

У вітчизняній і закордонній практиці широко використовуються об'ємні кутові ножі (прямокутні, скошені, фігурні) і виконані з високоміцної сталі штампуванням або литтям. В умовах експлуатаційних організацій дорожнього будівництва виготовлення ножів можна здійснити куванням або зварюванням з поверхневим зміцненням. У трестах Дніпробудмеханізація, Дніпроспецекскавація, Дніпроспецбуд при веденні дорожнього будівництва застосовуються розпушуючі зуби, змонтовані на бульдозерних відвалах. У залежності від напрямку руху базового трактора. При розпушенні розрізняють зуби переднього і заднього розпушення.

Зуби заднього розпушення забезпечують руйнування міцних і мерзлих ґрунтів при русі базового трактора заднім ходом. Продуктивність землерийних машин із зубами заднього розпушення може бути підвищена на 25...30%: за рахунок холостого ходу базового трактора.

У Мировском БУ тресту Дніпроспецекскавація випробувана конструкція розпушувача, спроектована з урахуванням зміни міцності ґрунту по глибині масиву: При цьому зуб має змінний кут розпушення, що забезпечує руйнування найбільш міцної частини масиву ґрунту шляхом відриву (рис. 1.20, л). Передня грань нижньої частини стійки зуба нахилена до обрїю під кутом 75° . Продуктивність таких розпушувачів зростає на 25...30%, при цьому знижуються динамічні навантаження на базову машину.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						26
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

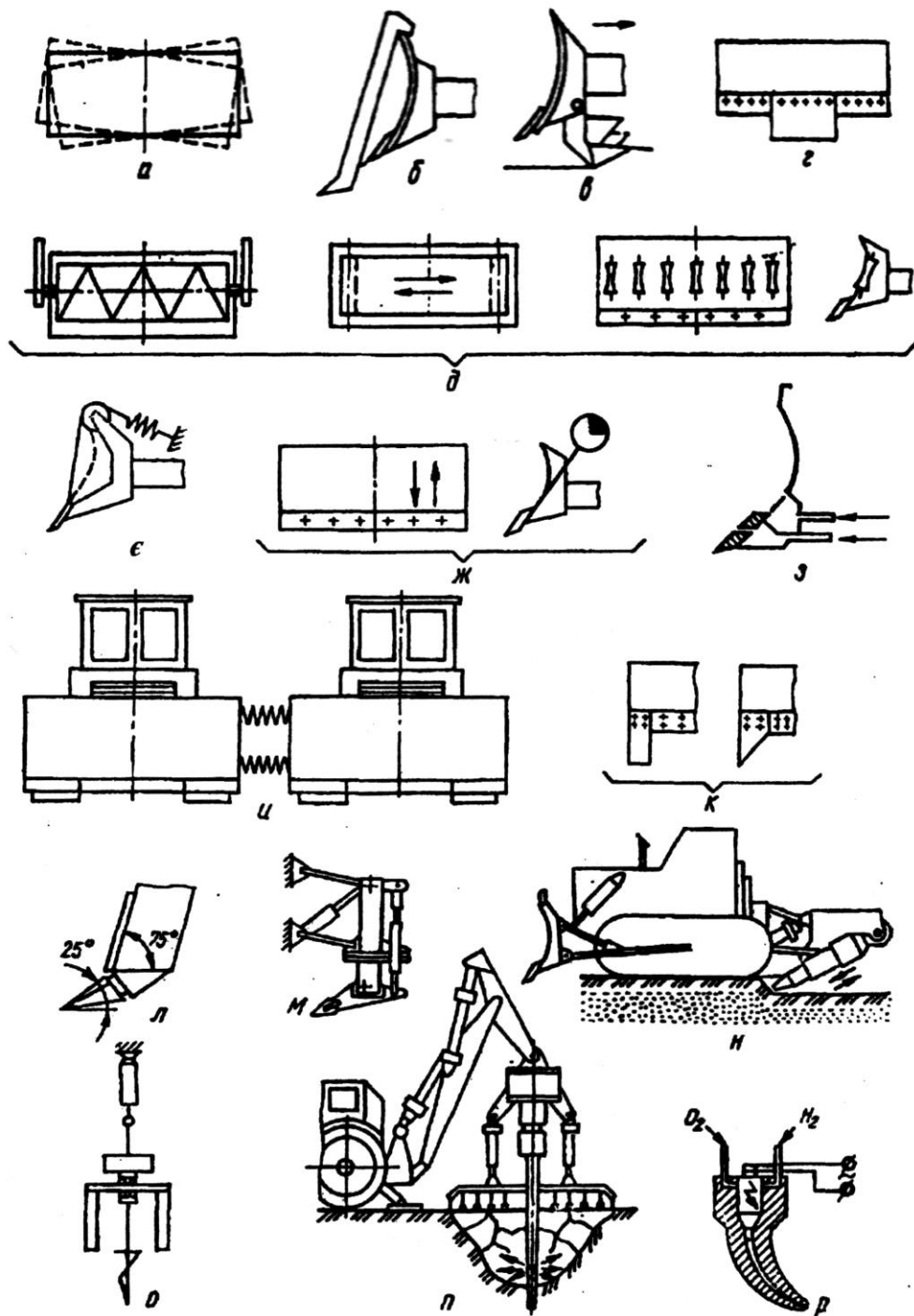


Рис. 1.20. Конструкції робочих органів землерийних машин підвищення ефективності копання та руйнування міцних і мерзлих ґрунтів

Заслуговує уваги конструкція розпушувального обладнання з регульованим кутом розпушення, впроваджувана на Челябінському заводі ім. Колущенко (рис. 1.20, м). В міру зносу наконечника зуба за допомогою гідроциліндра керування можна підтримувати постійний кут розпушення. Такий розпушувач забезпечує фронт робіт для шести - восьми скреперів ДЗ-20 і двом екскаваторам 30-4121 (Е-

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

652), а також використовується для підготовки корита під дорожню основу. Активізація робочого органа розпушувача досягається за рахунок використання віброзбуджувача, змонтованого на зубі. Привод віброзбуджувача здійснюється від вала відбору потужності двигуна базового трактора.

Хороші результати були отримані при роботі гідро- і пневмомолотів, що дозволяють одержувати спрямований ударний імпульс, переданий на розроблювальний ґрунтовий масив (рис. 1.20, н, п).

Зниження енергоємності розробки мерзлого ґрунту забезпечується робочими органами машин, що руйнують ґрунт при домінуванні деформації відриву, наприклад машин з гвинто-клиновим робочим органом активної дії (рис. 1.20, о). Конструкція розпушувачів мерзлих ґрунтів розроблена до тракторів «Беларусь», Т-100, екскаваторів ЕО-2621 та ін. Робочий орган складається зі штанги і гвинтової лопати з постійним кроком і західною конічною і робочою циліндричною частинами. Він розташований між клинами і може вільно обертатися.

Кут підйому гвинтової лопати робочого гвинта по довжині - змінний. Її нижня частина нахилена до обр'ю під кутом $60...70^{\circ}$; а верхня - $19...21^{\circ}$. Конічна західна частина лопати і великий кут нахилу її до горизонталі забезпечують порівняно легке впровадження робочого гвинта в ґрунт. Малий кут нахилу до горизонталі циліндричної частини лопати дозволяє створити максимальне осьове зусилля при загвинчуванні робочого гвинта в ґрунт. Привод робочого гвинта здійснюється від гідро двигуна з великим моментом, ввімкненого в гідросистему екскаватора або трактора через додаткову секцію розподільника. Аналогічну конструкцію має гвинто-клиновий робочий орган до трактора Т-100М (Т-130). Середня експлуатаційна продуктивність при тривалій роботі складає: при відколі в забій $30...40 \text{ м}^3/\text{год.}$, при розпушенні траншеї шириною 1 м і глибиною 1,5 м - $37,5 \text{ м}^3/\text{год.}$

Підвищити ефективність розпушувального обладнання гвинтового типу можна, використовуючи енергію стиснутого газу. Відмінна риса такого обладнання полягає в тому, що воно впроваджується в ґрунт загвинчуванням, а руйнування

						ДІТ. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			28

грунту виконується за рахунок енергії стиснутого газу (рис. 1.20, *и*). В результаті експериментальних досліджень рекомендуються наступні значення основних параметрів розпушувача: енергоємність процесу руйнування в середніх ґрунтових умовах 1700 до 1000 кДж/м (при $C_{y0}=120...160$), надлишковий тиск повітря 12,0...15,0 МПа, а в супіщаних ґрунтах - 4,0...16,0 МПа.

При великих обсягах робіт у визначених ґрунтових умовах ефективно можуть застосовуватися розпушувачі газодинамічної дії з впливом на ґрунт енергії стиснутого газу (рис. 1.20, *р*). Продуктивність такого розпушувача збільшується в 2...3 рази.

На рисунку 1.21 представлені варіанти відомих технічних рішень способів регулювання кута нахилу елементів ножових систем робочих органів МЗР із застосуванням різних схем з'єднання керуючих пристроїв з ножами.

1.5 Методи підвищення ефективності робочих процесів бульдозерів

Підвищення ефективності бульдозерних, розпушувальних, екскаваторних і скреперних робіт досягається удосконаленням конструкцій будівельних машин, створенням обладнання, використанням нових методів впливу на ґрунт, а також удосконалюванням технології ведення робіт.

При бульдозерних роботах ефективність бульдозерного обладнання підвищується при використанні накопичувальних відкрилків (некерованих і керованих), утворенні відповідної форми відвалів у плані (сферична і напівсферична), застосуванні адаптованого відвала, що забезпечує зміну кутів різання, перекидання, кривизни, конфігурації ріжучого ножа та ін. (рис. 1.22).

Для підвищення продуктивності бульдозерів при роботі на міцних ґрунтах III і IV категорій рекомендується використовувати на визначеній ділянці довжини ріжучої кромки відвала, принцип концентрації зусиль.

Найбільш ефективним рішенням є забезпечення перекошу відвала у поперечній площині (рис. 1.22, *а*), що складає в середньому 12...18°. При цьому продуктивність бульдозера зростає в 1,4... 1,5 рази.

									Арк.
									29
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІПТ. 630000. 301. КРПЗ				

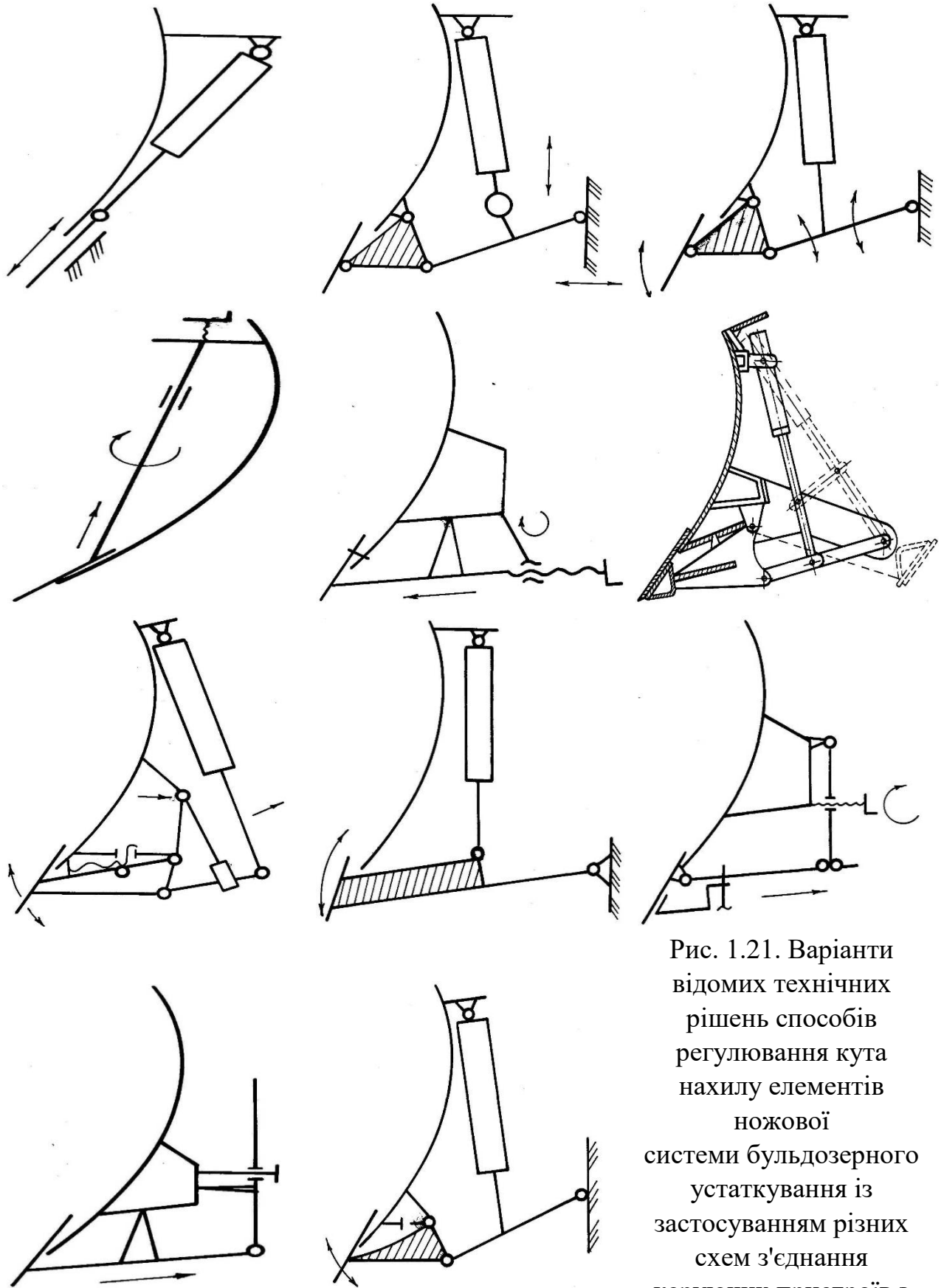


Рис. 1.21. Варіанти відомих технічних рішень способів регулювання кута нахилу елементів ножевої системи бульдозерного устаткування із застосуванням різних схем з'єднання керуючих пристроїв з ножами

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІПТ. 630000. 301. КРПЗ

Арк.

30

У деяких конструкціях передбачають керовані розпушувальні зуби, розташовані з лобової або тильної сторін відвала або з боків відвала (рис. 1.22, б, в). Такий відвал добре впроваджується в ґрунт і виконує, при необхідності, розпушення ґрунту.

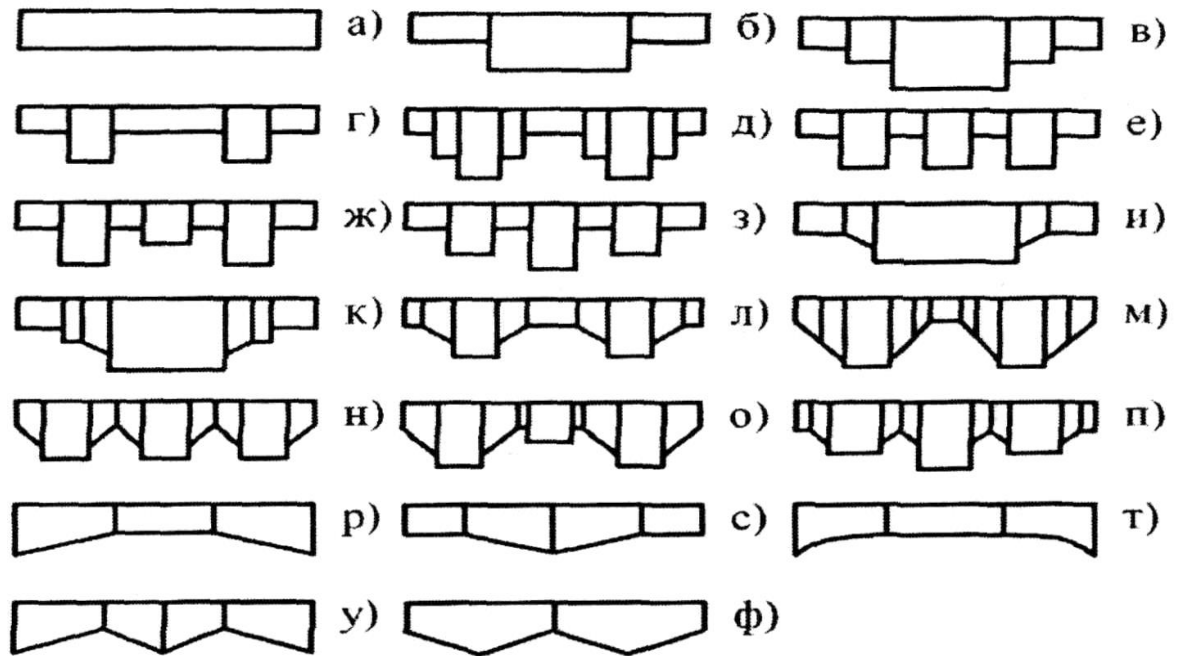


Рис. 1.22. Різні форми ножових систем

Підвищеною накопичувальною здатністю володіють відвали з виступаючим середнім ножом (рис. 1.22, г). За здатністю накопичувати і утримувати призму волочіння обладнання виступаючого середнього ножа аналогічно дії відкрілків до відвалів, але відрізняється великою міцністю і надійністю у роботі. Дослідження, проведені на експериментальних зразках у польових умовах, довели, що застосування виступаючого керованого ножа на бульдозерах забезпечує підвищення продуктивності на 30% і більше, зниження енергоємності процесу копання - на 15...30% і металоємності обладнання на 10...15%, а також розширення області застосування бульдозерів за рахунок розробки більш міцних і підморожених ґрунтів IV-V категорії міцності.

Для переміщення ґрунту рекомендується використовувати відвали ківшевого типу і з двоножевою системою копання, передній ніж у яких винесений вперед з-під призми волочіння.

Ефективність обладнання може бути підвищена при створенні робочих органів з додатковими інтенсифікаторами. Розширення області застосування і покращення переміщення ґрунту вбік можуть бути досягнуті за рахунок установки перед відвалом шнека, стрічкового транспортера (реверсивного), роликів елементів і гнучкої лобової поверхні (рис. 1.22, д, є). Зниження опору ґрунтів різанню і копанню досягається також накладенням механічних коливань на ріжучий відвал, ніж і зуби (рис. 1.22, ж).

Істотний ефект досягається при оснащенні бульдозерів інтенсифікаторами, що забезпечують газове змащення поверхні відвала, що контактує з ґрунтом, і руйнування ґрунту імпульсним газовим потоком високого тиску. У першому випадку реалізується можливість копання ґрунту з великою товщиною стружки за рахунок зменшення сил тертя ґрунту по відвалу (рис. 1.22, з), у другому - руйнування і переміщення матеріалу енергією стиснутих газів.

Інтенсифікують бульдозерні роботи також за рахунок застосування більш ефективної технології виконання земляних робіт. Застосування траншейної схеми розробки дозволяє збільшити продуктивність на 15...20%. Підвищенню ефективності бульдозерних робіт сприяє агрегування бульдозерів, що полягає у здвоєній схемі копання і переміщення ґрунту (рис. 1.22, і).

Широко застосовується метод переміщення ґрунту з проміжним нагромадженням; переміщення ґрунту на 100 м можна виконати за один цикл. Якщо припустимі втрати ґрунту на 100 м складають 1 м^3 , то з 2 м^3 ґрунту до місця відсипання буде доставлений 1 м^3 . Використовуючи метод переміщення ґрунту на початку за чотири рейси на 50 м, а потім за три ще на 50 м, продуктивність бульдозера збільшиться до 30%.

Огляд конструкцій робочих органів дозволив виявити їхню велику розмаїтість у формі, конструкції, розташуванні, що дозволяє зробити висновок про необхідність дослідження й визначення раціональних параметрів устаткування.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						32
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6 Принципові технічні рішення секційного відвала бульдозера

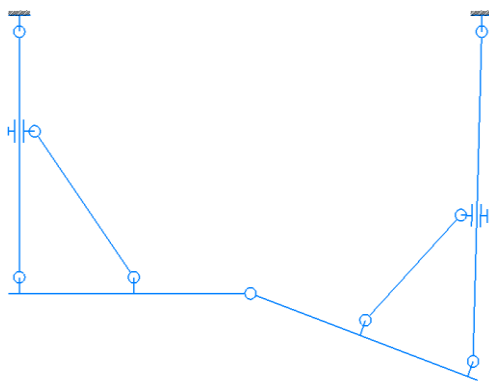
Секційні відвали, як видно з назви, складаються з окремих секцій, кути між якими можуть змінюватись (рис. 1.23). Така конструкція надає низку переваг. Наприклад, такими відвалами можна видаляти сніг із поверхонь зі складними профілями – ухилами, підйомами, залежно від товщини снігового покриву та швидкості машини регулювати кут між секціями, окремі секції можуть підніматися, щоб пройти над прихованими під снігом перешкодами.



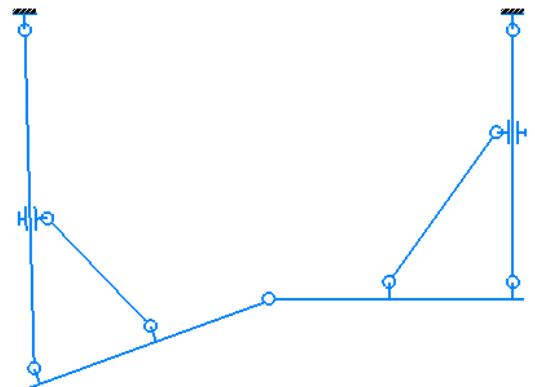
а)



б)



в)



г)



д)



е)

а – відвал метелик; б – клиноподібний відвал; в – ліве положення; г – праве положення; д – П – подібний відвал; е – прямий відвал;

Рис. 1.23. Положення секційних відвалів

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2 СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БУЛЬДОЗЕРА

2.1 Тяговий розрахунок і продуктивність бульдозера

Для правильного використання потужності базового тягача протягом робочого циклу бульдозера, а отже, і одержання максимальної продуктивності, необхідно, щоб сума опорів на кожному етапі роботи дорівнювала найбільшому тяговому зусиллю, який тягач може розвинути на даній передачі без істотного буксування. Тяговий розрахунок визначає параметри робочого процесу, що дозволяють наблизитися до виконання цієї умови. При роботі в найбільш поширеному випадку – лобовому копанні ґрунту при безтраншейному способі роботи, опір копанню відвалом IV визначається таким чином:

$$W = W_p + W_{np} + W_\sigma + W_T + W_3 = 128 + 31,9 + 42 + 19,2 = 221,1 \text{ кН}, \quad (2.1)$$

де: W_p – опір різанню; W_{np} – опір переміщенню призми волочіння; W_σ – опір переміщенню ґрунту вгору по відвалу; W_T – опір переміщенню бульдозера; W_3 – опір від затуплення ножа.

$$\text{Опір різанню} \quad W_p = kB = 200 \cdot 0,64 = 128 \text{ кН}, \quad (2.2)$$

де k – питомий опір лобовому різанню, кН/м^2 . Значення k для різних категорій ґрунту приведені у таблиці 2.1.

Опір переміщенню призми W_{np} визначається у вигляді:

$$W_{np} = V_{np} \gamma_2 \mu_1 g = 3,6 \cdot 1700 \cdot 0,6 \cdot 9,8 = 36 \text{ кН}, \quad (2.3)$$

де V_{np} – об'єм призми волочіння, м^3 ; γ_2 – щільність ґрунту, кг/м^3 ; μ_1 – коефіцієнт тертя ґрунту (внутрішнього тертя); g – прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Для зв'язних ґрунтів $\mu_1 = 0,5$; для незв'язних $\mu_1 = 0,7$ (більш точно по таблицях).

Об'єм призми волочіння V_{np} залежить від геометричних розмірів відвала і характеристик ґрунту:

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$V_{np} = \frac{BH^2}{2k_{np}} = \frac{3,2 \cdot 1,5^2}{2 \cdot 1} = 3,6 \text{ м}^3, \quad (2.4)$$

де: B – ширина відвала; H – висота відвала з врахуванням козирка; k_{np} – коефіцієнт, який залежить від виду ґрунту (його зв'язності, коефіцієнта розпушення) і відношення H/B . Значення коефіцієнта k_{np} наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1

Залежність розрахункового питомого опору різання ґрунту ножом відвала бульдозера від категорії ґрунту при куті різання $45 \dots 60^\circ$

Категорія ґрунту	Опір різанню, кН/м ²
I	65...70
II	90...110
III	150...170
IV	200...250

Таблиця 2.2

Значення коефіцієнта призми волочіння

Відношення H/B	0,15	0,30	0,35	0,40	0,45
Зв'язні ґрунти	0,70	0,80	0,85	0,90	0,95
Незв'язні ґрунти	1,15	1,20	1,20	1,30	1,50

При переміщенні призми волочіння частина її втрачається в бокові валики, тому ніж бульдозера, повинен заглиблюватись на деяку глибину h_1 для відновлення об'єму призми у зв'язку з втратами ґрунту. Ці втрати на 1 м шляху транспортування можна визначити коефіцієнтом k_ϵ

$$k_\epsilon = \frac{V_{\sigma_{zp}}}{V_{np}} = \frac{0,18}{3,6} = 0,05, \quad (2.5)$$

де $V_{\sigma_{zp}}$ – об'єм ґрунту в бокових валках на 1 м шляху; V_{np} – об'єм призми волочіння.

Коефіцієнт k_ϵ залежить від властивостей ґрунту:

- для зв'язних ґрунтів – 0,025...0,032;
- для незв'язних ґрунтів – 0,06...0,07.

Середня величина заглиблення при транспортуванні ґрунту h_1

$$h_1 = \frac{V_{np} k_\epsilon}{l} = \frac{3,6 \cdot 0,05}{100} = 0,018 \text{ м}, \quad (2.6)$$

де l – дальність транспортування ґрунту.

Уточнений опір переміщенню призми волочіння W_{np} :

$$W_{np} = V_{np} \gamma_z g \operatorname{tg} \rho = 3,6 \cdot 1700 \cdot 9,8 \cdot \operatorname{tg} 28^\circ = 31,9 \text{ кН}, \quad (2.7)$$

де V_{np} – об'єм призми волочіння, м^3 ; γ_z – щільність ґрунту, $\text{кг}/\text{м}^3$; g – прискорення вільного падіння.

Опір переміщенню ґрунту вверх по відвалу з врахуванням тертя потоку ґрунту з ґрунтом призми (рис. 2.1)

$$W_6 = G_{np} (\cos^2 \alpha + 0,5 \sin 2\alpha) (\operatorname{tg} \delta + \operatorname{tg} \rho) = 60 (\cos^2 55 + 0,5 \sin 2 \cdot 55) (\operatorname{tg} 22^\circ + \operatorname{tg} 28^\circ) = 57,3 \text{ кН}, \quad (2.8)$$

де: G_{np} – вага призми волочіння; α – кут різання; δ і ρ – кути зовнішнього і внутрішнього тертя ґрунту.

Опір переміщенню бульдозера:

$$W_6 = G_6 f = 350 \cdot 0,12 = 42 \text{ кН}, \quad (2.9)$$

де: G_6 – сила тяжіння бульдозера, кН; f – коефіцієнт опору переміщення рушіїв трактора (0,1...0,12 для гусеничного обладнання; 0,12...0,18 для пневмоколісного при русі по свіжо розпушеному ґрунті; відповідно 0,06...0,07 і 0,03...0,05 по ґрунтовій дорозі або по свіжо оголеній поверхні ґрунту).

Опір від затуплення ножа W_3 визначається як:

$$W_3 = \eta_3 B = 6 \cdot 3,2 = 19,2 \text{ кН}, \quad (2.10)$$

де η_3 – питомий опір від затуплення, який залежить від ширини площадки затуплення і виду ґрунту (табл. 2.3); B - довжина ножа.

Продуктивність бульдозера, як машини циклічної дії:

$$P_E = V_{np} \frac{3600}{t_u} k_3 k_6 = 3,6 \frac{3600}{390} 1 \cdot 0,85 = 28,2 \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (2.11)$$

де V_{np} – об'єм призми волочіння, яка переміщується за один цикл, м^3 ; t_u – час циклу бульдозера, с; k_3 – коефіцієнт заповнення відвала; k_6 – коефіцієнт використання машини в часі.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

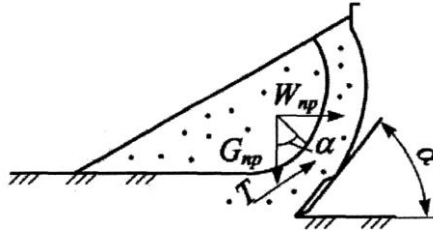


Рис. 2.1. Схема руху ґрунту вгору по відвалу

Таблиця 2.3

Величини питомого опору η_3 від затуплення, Н/м

Ширина площадки затуплення, мм	Категорія ґрунту			
	I	II	III	IV
5	600...1200	1500...2500	4000...5000	5000...6000
10	2500...4000	5000...7000	8000...10000	10000...12000
15	4500...7000	8000...10000	11000...13000	12000...15000

Затуплення значно знижує продуктивність бульдозера, як і інших ЗТМ, тому що глибина врізання суттєво знижується, а зусилля різання збільшується. Величина зниження глибини різання визначається відношенням питомого опору від затуплення η_3 і питомого опору k , тобто $\Delta h_3 = \eta_3 / k$. Величина глибини різання при затупленому ножі:

$$h_3 = h - \eta_3 / k. \quad (2.12)$$

Коефіцієнт заповнення відвала враховує не заповнення бокових частин відвала, його значення для різних ґрунтів показано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Значення коефіцієнта k_3 для різних ґрунтів

№	Вид ґрунту, який переміщується	Величина k_3
1	Поверхневий шар рослинного ґрунту	0,8
2	Верхні шари ґрунту	1,15
3	Пісок сухий	1,1
4	Пісок вологий	1,2
5	Гравій	1,15
6	Суглинок	1,1
7	Глина тверда	0,9
8	Мергель	1,0
9	Скеля підірвана	0,75
10	Сланець	0,65

Час циклу складається з умовно постійної частини, $t_{\text{пост}}$ на завантаження, розвантаження, реверсування і зміною частини циклу - час руху транспортування ґрунту і холостого ходу.

Час заповнення відвала можна визначити за формулою:

$$t_3 = \frac{H^2}{2h_{\text{сеп}} \vartheta_m \text{tg} \rho k_p} = \frac{1,5^2}{2 \cdot 0,15 \cdot 0,5 \cdot \text{tg} 28^\circ \cdot 1,1} = 24 \text{ с}, \quad (2.13)$$

де $h_{\text{сеп}}$ – середня глибина різання, м; ϑ_m – швидкість машини, м/с; k_p – коефіцієнт розпушення ґрунту ($k_p=1,1 \dots 1,5$).

Час на розвантаження складає 6...12 с, на два повороти 6...18 с, загальний час постійної частини циклу 12...30 с. Тоді постійна частина часу циклу

$$t_{\text{пост}} = \frac{H^2}{2h_{\text{сеп}} \vartheta_m \text{tg} \rho k_p} + (12 \dots 30) = 24 + 30 = 54 \text{ с}, \quad (2.14)$$

Змінна частина часу циклу – це час руху машини:

$$t_{\text{зм}} = 3,6 \left[\frac{L_{\text{мп}}}{\vartheta_{\text{мп}}} + \frac{L_{\text{хх}}}{\vartheta_{\text{хх}}} \right] = 3,6 \left[\frac{100}{1,6} + \frac{100}{2,0} \right] = 405 \text{ с}, \quad (2.15)$$

де $L_{\text{мп}}$ і шлях руху машини при транспортуванні ґрунту, км; $L_{\text{хх}}$ – шлях руху машини в незавантаженому стані, км; $\vartheta_{\text{мп}}$ і $\vartheta_{\text{хх}}$ – відповідні швидкості руху, км/год.

Середні швидкості руху бульдозера у завантаженому чи незавантаженому стані приведені в таблиці 2.5, км/год.

Таблиця 2.5

Швидкості руху бульдозера, км/год.		
Характер руху	Гусеничний бульдозер	Колісний бульдозер
У завантаженому стані	2...4	4...8
Під час холостого ходу	4...6	10...15

Значення коефіцієнта використання бульдозера у часі, k_6 приведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Коефіцієнти використання бульдозера в часі			
Тип бульдозера	Умови роботи		
	хороші	середні	погані
Гусеничний	0,95	0,83	0,50
Колісний	0,85	0,75	0,45

Продуктивність бульдозера на планувальних роботах, м²/год.:

$$П = \frac{3600 \alpha_3 (B \sin \varphi - b) k_g}{n \left(\frac{3,6 l_3}{\vartheta} + t_{пов} \right)} = \frac{3600 \cdot 3 (3,2 \sin 0^\circ - 0,2) 0,85}{2 \left(\frac{3,6 \cdot 3}{1,2} + 15 \right)} = 594, \text{ м}^2/\text{год.}, \quad (2.16)$$

де l_3 – довжина захвату (дільниці, яка планується), м; φ – кут повороту відвала у плані (для бульдозерів з поворотним відвалом), град.; b – ширина перекриття проходів, $b=0,4 \dots 0,5$ м; ϑ – швидкість руху при планувальних роботах, км/год.; $t_{пов}$ – час повороту, с; n – число проходів по одному сліду.

2.2 Основні параметри бульдозерів

Основний параметр бульдозера – номінальне тягове зусилля T_n . Це зусилля, що розвивається базовим трактором на щільному ґрунті з врахуванням навантаження від ваги навісного обладнання при буксуванні не більше 7% для гусеничних і 20% для колісних машин на нижчій робочій швидкості – визначається залежністю: $T_n = R_{зч} \varphi$, де $R_{зч}$ – нормальна реакція ґрунту на рушійні елементи бульдозера в робочому стані; φ – коефіцієнт зчеплення рушійного обладнання з ґрунтом, що відповідає допустимому значенню тягового коефіцієнта корисної дії.

Залежно від типу базової машини коефіцієнт φ може приймати наступні значення:

- гусеничні промислові трактори – 0,9;
- колісні промислові трактори – 0,6;
- гусеничні сільськогосподарські трактори – 0,62;
- колісні сільськогосподарські трактори – 0,50.

Якщо двигун базової машини не може забезпечити одержання тягового зусилля, визначеного по зчепленню, то за номінальне тягове зусилля приймають найбільше зусилля, знайдене по потужності двигуна на нижчій робочій швидкості ϑ , яка приймається 2,5...3 км/год. При відсутності у базової машини передач, які б могли забезпечити швидкість 2,5...3 км/год., номінальне тягове зусилля обчислюється для найменшої можливої швидкості:

						ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

$$T_N = 3,6N\eta_{mp} / 9 = 3,6 \cdot 280 \cdot 0,85 / 0,5 = 1714 \text{кН}, \quad (2.17)$$

де N – потужність двигуна базової машини, кВт; η_{mp} – ККД трансмісії: механічної – 0,83...0,86; гідромеханічної – 0,73...0,76.

Значення нормальної реакції на рушійні елементи бульдозера у робочому стані для гусеничних машин, а також для колісних машин з усіма рушійними колесами знаходиться за формулою:

$$R_{зч} = (1,17...1,22)G_{\text{бм}} = 1,2 \cdot 350 = 420 \text{кН}, \quad (2.18)$$

де $G_{\text{бм}}$ – сила тяжіння базової машини.

За наявності одного рушійного моста для двовісного колісного базового тягача величина знаходиться за умовою статичного розподілу навантаження між мостами на горизонтальній поверхні. Швидкість зворотного руху бульдозера встановлюється залежно від типу підвіски гусениць базового трактора, або підвіски мостів колісного тягача і розташування центра ваги машини. Рекомендовані значення швидкості зворотного руху при напівжорсткій і балансірній підвісці гусениць не перевищують 6...7 км/год., при балансірно-ланковій підвісці і для колісних бульдозерів — 8...15 км/год.

Середній статичний питомий тиск бульдозера на ґрунт визначається:

$$q = G_{\text{б}} / F_{\text{он}} = 350 / 5,76 = 60,77 \text{кН/м}^2, \quad (2.19)$$

де $G_{\text{б}}$ – сила тяжіння бульдозера; $F_{\text{он}}$ – площа опори рушійних елементів машини. Для гусеничного бульдозера ця площа дорівнює $F_{\text{он}} = 2L_{\text{он}}B_z$, для колісного $F_{\text{он}} = nF_k$, де $L_{\text{он}}$ – довжина опорної поверхні гусениць; B_z – ширина гусениць; F_k – відбиток колеса на ґрунті; n – число коліс.

Для визначення положення центру тиску, тобто точки, у якій прикладена рівнодіюча всіх нормальних реакцій ґрунту на гусениці бульдозера розглядаються три основні випадки (рис. 2.2): а) бульдозер стоїть на горизонтальній площадці, відвал піднятий на максимальну висоту; б) бульдозер ріже ґрунт на горизонтальній ділянці з оптимальною глибиною різання при максимальному об'ємі призми

										ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
											40
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

волочіння; в) бульдозер транспортує максимальну призму волочіння у траншеї без різання.

Положення центру тиску знаходиться за формулою:

$$X_c = \frac{G_o a + R_b - R_n h_R}{G_o + R_v}, \quad (2.20)$$

де X_c – відстань від осі задньої зірочки до лінії дії рівнодіючої всіх нормальних реакцій на гусеницю; G_o – сила ваги бульдозера; R_v – вертикальна складова опору ґрунту на відвалі; R_n – горизонтальна складова цього ж опору; a – відстань по горизонталі від центра ваги бульдозера до осі задньої зірочки; h_R – висота точки прикладання результуючої горизонтальної і вертикальної складових опору ґрунту на відвал.

Величина h_R встановлена експериментально і складає при різанні зв'язних ґрунтів $h_R = 0,17$ Н, при різанні незв'язних ґрунтів і виконанні транспортних операцій $h_R = 0,27$ Н для відвалів з постійним радіусом кривизни (H – висота відвала). Співвідношення між вертикальною і горизонтальною складовими результуючої сил опору на відвалі визначається залежністю:

$$R_v = \operatorname{tg} v R_n = \operatorname{tg} 17^\circ \cdot 420 = 128 \text{кН}, \quad (2.21)$$

де v – кут нахилу до горизонталі результуючої сил опору на відвалі. Розрахункові значення його: при копанні зв'язного ґрунту $v = 17^\circ$ ($15^\circ \dots 21^\circ$); при копанні сипких ґрунтів і транспортуванні призми волочіння у траншеї $v = 0^\circ$ ($\pm 6^\circ$).

Величиною X_c визначається зміщення центру тиску від середини опорної поверхні гусениць, яка в усіх випадках не повинна перевищувати 1/6 довжини цієї поверхні. Розподіл тиску по довжині опорної поверхні гусениць приймається за законом трапеції, центр ваги якої лежить на одній вертикалі з центром тиску. Питомі навантаження на передньому і задньому краї опорної поверхні визначаються за формулами теорії гусеничного трактора з урахуванням типу підвіски; в усіх випадках не допускається відрив від ґрунту переднього чи заднього краю опорної поверхні гусениць.

						ДІТ. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			41

Максимальний тиск на передньому краї опорної поверхні q_{\max} дорівнює:

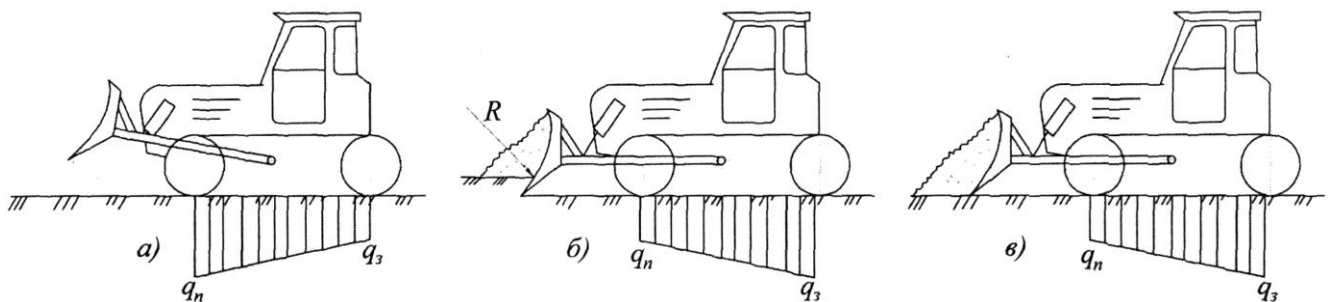
$$q_{\max} = \frac{G_{\delta} + R_v}{B_2 L} \left(3 \frac{X_c}{L} - 1 \right) = \frac{350 + 128}{0,8 \cdot 3,6} \left(3 \frac{0,4}{3,6} - 1 \right) = 110 \text{ кН}, \quad (2.22)$$

мінімальний тиск q_{\min} на задньому краї:

$$q_{\min} = \frac{G_{\delta} + R_v}{B_2 L} - q_{\max} = \frac{350 + 128}{0,8 \cdot 3,6} - 110 = 56 \text{ кН}, \quad (2.23)$$

де B_2 – відповідна ширина і L - довжина гусениці.

Розподіл тиску по довжині гусениці показаний на рис. 2.2.



a - транспортне положення; *б*, *в* - робочі положення;

Рис. 2.2. Розподіл тиску по довжині гусениці

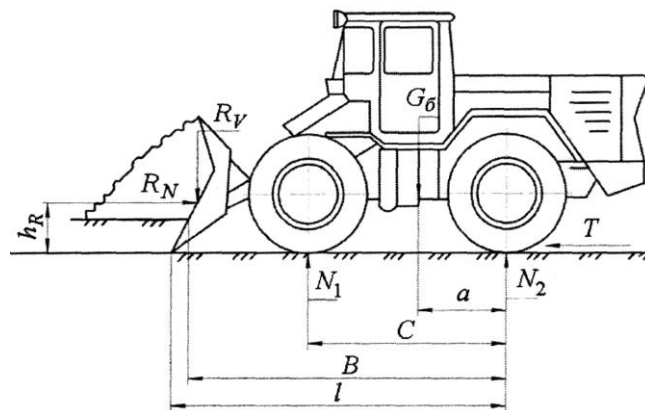


Рис. 2.3. Розрахункова схема для визначення реакцій на колеса бульдозера

Для бульдозерів на колісних тягачах необхідно для цих трьох випадків знайти реакції на передні та задні колеса. Величини реакції знаходяться з рівнянь статки за схемою показаною на рис. 2.3. Не допускається, щоб якась з реакцій дорівнювала нулю у всіх інших випадках, тобто не допускається відрив моста бульдозера від ґрунту.

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Питоме напірне зусилля і вертикальний тиск на ріжучому краї ножа характеризують можливості розробки бульдозером ґрунтів з різним опором копанню:

$$q_z = \frac{T_H}{B}, \quad q = \frac{R_{v\max}}{F}, \quad (2.24)$$

де $R_{v\max}$ – найбільше вертикальне зусилля на ріжучому краї ножа відвала за умови перекидання базової машини відносно заднього краю опорної поверхні гусениць; B – довжина ножа бульдозера; F – опорна площа ріжучого краю ножів відвала.

Площу F і вертикальний тиск q_e визначають для незношених і зношених ножів та основного кута різання α . Сучасні бульдозери мають питоме напірне зусилля 40... 100 кН/м ріжучого краю ножа відвала, яке росте з підвищенням номінального тягового зусилля. Вертикальний тиск q_e у випадку примусового заглиблення відвала складає 0,4...8 МПа при незатуплених ножах; 1,2...1,5 – при повністю затуплених. У середньому вертикальний тиск при затуплених ножах у 3 рази нижчий, ніж при незатуплених. Враховуючи питоме напірне зусилля і вертикальний тиск на ріжучий край ножа бульдозера роблять висновок про можливість розробки ґрунтів різної міцності. Для I категорії ґрунту $q_z=15$ кН/м (не більше), $q_e=1$ МПа (не більше), для II категорії – 20...40 кН/м і 1,2...3,5 МПа, для IV категорії - більше 60 кН/м і більше 3,5 МПа.

Основними конструктивними параметрами бульдозера є геометричні і кінематичні параметри відвала. Довжина відвала бульдозера B і його висота H встановлюється залежністю для неповоротного відвала

$$B = (1,2...1,4)\sqrt[3]{m} = 1,2\sqrt[3]{35} = 3,2 \text{ м}, \quad (2.25)$$

$$H = (0,45...0,40)\sqrt[3]{m} = 0,45\sqrt[3]{35} = 1,5 \text{ м}, \quad (2.26)$$

де m – маса бульдозера, т.

Довжину неповоротного відвала вибирають мінімально можливою з врахуванням перекриття габариту базової машини по ширині, або найбільш виступаючих елементів штовхаючої рами не менше, ніж на 100...200 мм з кожного

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

боку. Щоб розрахувати висоту відвала H користуються також такими залежностями від тягового зусилля бульдозера T_n (кН) з швидкістю, яка відповідає бульдозерним роботам і ґрунтовим умовам, для яких призначений бульдозер: для неповоротних відвалів:

$$H = 232\sqrt[3]{0,1T_n - 0,5T_n}, \text{ мм}, \quad (2.27)$$

для поворотних відвалів:

$$H = 210\sqrt[3]{0,1T_n - 0,5T_n}, \text{ мм}. \quad (2.28)$$

Для бульдозерів загального призначення розроблені рекомендації щодо висоти відвала з врахуванням уніфікації і забезпечення його оглядовості в транспортному положенні (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Рекомендовані значення мінімальної висоти відвала (м)

Номінальне тягове зусилля трактора, кН	Для неповоротного відвала	Для поворотного відвала
8(12)	0,6/-	0,5/0,6
15(18)	-/0,7	-/-
30(36)	0,8/0,9	0,7/0,8
60(72)	0,9/1,0	0,8/0,9
100(120)	1,1/1,3	1,0/1,2
150(180)	1,2/1,4	1,1/1,3
250(300)	1,4/1,6	1,2/1,4
500(600)	1,8/2,2	1,6/1,9

Примітка: У дужках приведені значення тягового зусилля для бульдозера. В чисельнику вказана висота без козирка, в знаменнику - з козирком.

Висота козирка відвала складає 0,1...0,3 від його висоти. Козирок встановлюється при основному положенні відвала вертикально, що усуває залипання його верхньої частини і зменшує енергоємність процесу пересування стружки. Загальна висота відвала з козирком повинна бути такою, щоб у транспортному положенні забезпечувалась видимість простору перед бульдозером і необхідний кут в'їзду.

Параметри профілю відвала задаються кутом різання α нахилу ε і перекидання β (рис. 2.4).

Експериментально доведено доцільність створення відвалів з постійним радіусом кривизни. При цьому кутові параметри відвала зв'язані відношенням

$$2\varepsilon_1 - \alpha + \beta = 180^\circ, \quad (2.29)$$

де ε_1 – кут нахилу криволінійної частини відвала:

$$\varepsilon_1 = \operatorname{arctg} \frac{H - \alpha \sin \alpha}{H \operatorname{ctg} \varepsilon - \alpha \cos \alpha}. \quad (2.30)$$

Радіус криволінійної частини відвальної поверхні R , висота відвала H , кути різання α , перекидання β і нахилу ε відвала зв'язані між собою залежністю:

$$R = H \frac{\sin(\varepsilon - \alpha)}{\sin \varepsilon [1 - \sin(\beta + \alpha - \pi/2)]} = 1,5 \frac{\sin(65^\circ - 55^\circ)}{\sin 65^\circ [1 - \sin(60^\circ + 55^\circ - \pi/2)]} = 1,45 \text{ м}. \quad (2.31)$$

Для відвалів загального призначення рекомендуються такі основні параметри: кут різання – 55° ($50 \dots 55^\circ$); нахилу відвала 75° ; перекидання $70 \dots 75^\circ$ ($65 \dots 75^\circ$); встановлення козирка $75 \dots 100^\circ$; радіус кривої частини відвальної поверхні $R=H$, $R=(0,8 \dots 0,9)H$; довжина прямої частини внизу відвальної поверхні визначається по ширині ножів.

Рекомендований діапазон регулювання кута різання $10 \dots 16^\circ$, якщо регулювання примусове гідроциліндром, або $\pm (4 \dots 5^\circ)$ коли регулювання ручне. На важких бульдозерах, призначених для роботи на мерзлих ґрунтах після їх розпушування, на ґрунтах з включеннями валунів, гальки параметри відвалів коригуються, приймають кут різання 55° , перекидання 70° , нахилу 80° , радіус $R=0,7H$. При цьому підвищується енергоємність процесу, збільшується залипання, але суттєво зменшується перекидання ґрунту за відвал, яке може спричинити серйозні пошкодження конструкції машини.

Побудова профілю відвала проводиться наступним чином (рис. 2.4). З точки O (початок координат) проводять пряму OA під кутом ε і пряму OB під кутом α до осі абсцис. Точка A одержується в результаті перетину прямої OA з горизонталлю проведеною на відстані H від осі абсцис, а точка B лежить на відстані a від точки

						ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			45

О. З точки A проводиться пряма під кутом перекидання β , вона є дотичною до профілю відвала у цій точці. Перпендикуляр до цієї дотичної, проведений з точки A перетинається з перпендикуляром до лінії OB у точці O_1 , яка таким чином є центром профілю відвала. Звідси радіусом $O_1A-O_1B=R$ окреслюємо профіль криволінійної частини відвала. В залежності від тягового класу бульдозерів розмір a профілю дорівнює 120; 150; 200; 250; 300; 450 мм.

Задній кут Θ слід вибирати таким чином, щоб лінія $O - IV$, яка проводиться від ріжучого краю ножа під кутом до горизонталі, не перетинала виступаючих частин на тильній стороні відвала (рис. 2.4). При цьому повинна бути забезпечена умова $\alpha - \Theta \geq 20^\circ$. Крім того, необхідно погодити величину заднього кута з швидкістю опускання ріжучого краю ножа при заглибленні відвала ϑ_3 , користуючись залежністю:

$$\Theta \geq \arctg \frac{\vartheta_3}{\vartheta_m}, \quad (2.32)$$

де ϑ_m – номінальна швидкість руху базового тягача на основній робочій передачі.

У відповідності з Державними стандартами необхідно передбачити можливість примусової зміни кутів установки відвала за допомогою гідроциліндрів. Це дозволяє підвищити ефективність при копанні важких ґрунтів при роботі на косогорах та ін.

Для кутів перекосу відвала діапазон зміни складає $\pm (6...42)^\circ$.

Бульдозер загального призначення з поворотним відвалом має кут повороту відвала в плані (кут захвату) як правило $28...30^\circ$.

Більші значення ($40...45^\circ$) вимагають перевірки зсуву центру тиску машини.

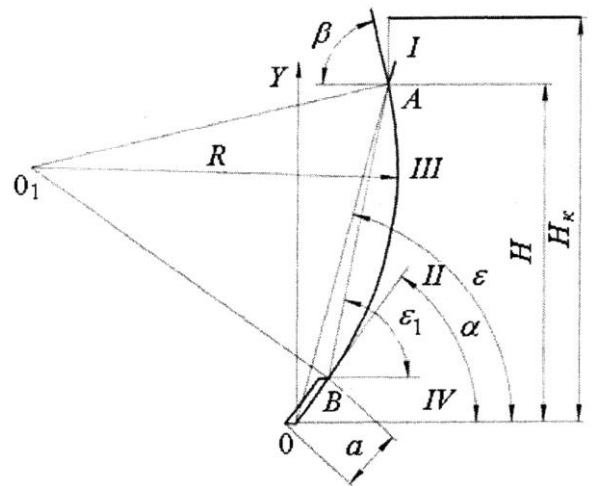


Рис. 2.4. Схема для визначення параметрів відвала бульдозера

Максимальні висота підйому і глибина опускання відвала від рівня опорної поверхні визначаються за умови забезпечення роботи бульдозера на перехідних ділянках: від схилу на підйом і від підйому на схил. Рекомендується висоту підйому відвала вибирати з умови забезпечення кута в'їзду не менше 20° для неповоротних і $20...25^{\circ}$ для поворотних відвалів.

Глибина опускання відвала нижче опорної поверхні повинна забезпечити кут з'їзду не менше 20° .

Визначені параметри узгоджують з регламентованими Державними стандартами. Нормативи параметрів залежать від типу бульдозера. Цих типів для гусеничних машин чотири: 1 – з неповоротним відвалом; 2 – з неповоротним відвалом і гідрофікованим перекосом; 3 – з неповоротним відвалом і гідрофікованим перекосом і нахилом відвала; 4 – з поворотним відвалом. Нижче приводяться деякі нормативи Державних стандартів для гусеничних бульдозерів (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

Нормативи державних стандартів для гусеничних бульдозерів

Основні параметри і розміри	Норми за типами			
	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4
1	2	3	4	5
1. Тяговий клас базового трактора, кН	40	60	100	150
2. Висота відвала (без козирка) мм, не менше	800; 750	850; 900	1100; 900	1200; 1100
3. Висота опускання відвала (із зануреними ґрунтозачепами) мм: не менше	300	300	350	400
4. Швидкість підйому відвала, м/с. не менше	0,25	0,25	0,25	0,25
5. Кут повороту відвала у плані, град, не менше	25	25	25	25
6. Основний кут різання, град.	55	55	55	55
7. Мінімальний діапазон зміни кута різання, град.	50...65	50...65	50...65	50...65
8. Максимальний кут перекоосу для типів 2-3, град.	6	6	6	6
9. Кут в'їзду, град, не менше	20	20	20	20
10. Задній кут відвала, град, не менше	20	20	20	20

						ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			47

товщини, визначати підйом, який зможе подолати машина з максимальною призмою волочіння.

Загальний опір переміщенню бульдозера $\sum W$ у процесі копання ґрунту складається з опору переміщення машини з врахуванням нахилу шляху W_1 опору ґрунту різанню W_2 , опору переміщення призми волочіння W_3 , опору переміщення ґрунту по відвалу W_4 :

$$\sum W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = G_0(f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n) + B(\varphi_k kh + S\eta_3) \sin \gamma + g\gamma_p V \times \\ \times (tg\rho \sin \gamma + tg\delta \cos^2 \alpha \sin \gamma + tg\rho tg\delta \cos \gamma) \quad (2.33)$$

де: f – коефіцієнт опору руху, який дорівнює у ґрунтах 1-3 категорій для гусеничного рушійного обладнання 0,1...0,12; для колісного 0,06..0,08; α_n – кут подовжнього нахилу шляху; φ_k – коефіцієнт, що враховує вплив кута різання на питомий опір копання ґрунту, для кута 35° приймається рівним 0,75...0,78; 40° – 0,85; 45° – 1,0; 50° – 1,35; 55° – 1,65; 60° – 1,85; 65° – 2,20; k – питомий опір різанню ґрунту зношеним ножом (МПа), (табл. 2.1); h – глибина різання, м; η_3 – коефіцієнт опору, що залежить від затуплення (МПа) (табл. 2.3); g_p – щільність розпушеного ґрунту (кг/м^3), яка дорівнює частці від ділення щільності ґрунту до розробки на коефіцієнт розпушення (табл. 2.8); V – об'єм призми ґрунту перед відвалом, м^3 ; ρ , δ – кути зовнішнього і внутрішнього тертя ґрунту, (табл. 2.8); γ – кут захвату; g – прискорення вільного падіння, м/с^2 .

$$\text{Об'єм призми волочіння ґрунту} \quad V = \frac{BH^2}{2k_{np}}, \quad (2.34)$$

де k_{np} – коефіцієнт враховуючий співвідношення H/B .

Розрахунки за формулою (2.33) проводять для таких розрахункових положень: 1) початковий етап заповнення відвала, призма ґрунту відсутня, $V=0$, різання гострим і зношеним ножами; 2) кінцевий етап заповнення відвала, $\vartheta = \vartheta_{\max}$, різання гострим і зношеними ножами. Розрахунки ведуть для кутів подовжнього нахилу шляху $\alpha=0$; $\alpha_m=15^\circ$; $\alpha_m=-15^\circ$. Перше розрахункове положення дає

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						49
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливість знайти максимальну глибину різання гострим (2.35) і затупленим (2.36) ножами.

Таблиця 2.8

Значення кутів зовнішнього і внутрішнього тертя

Характеристика ґрунтів	Пісок	Супісок	Суглинок	Глина	Розрахунковий ґрунт
Зчеплення, МПа	-	0...0,02	0,05...0,55	0,05...0,1	0,05
Кут внутрішнього тертя	30...35	25...30	37...40	35...45	40
Кут зовнішнього тертя ґрунту по сталі	20...27	18...25	27...37	30...37	35
Щільність ґрунту у природному стані, т/м ³	1,6...2,0	1,5...1,7	1,4...2,0	1,7...2,0	1,8
Коефіцієнт розпушення	1,1	1,18	1,2	1,2	1,3
Коефіцієнт бокового тиску	0,4	0,45...0,5 5	0,5...0,7	0,7...0,75	0,6
Ймовірність розробки ґрунту даного виду бульдозером	0,12	0,24	0,44	0,15	-

$$h_{\max} = \frac{T - G_{\sigma}(f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n)}{\varphi_k KB \sin \gamma} = \frac{350 - 45(0,12 \cos 55^{\circ} \pm \sin 55^{\circ})}{0,95 \cdot 1,1 \cdot 3,2 \sin 0^{\circ}} = 0,12 \dots 0,35 \text{ м}, \quad (2.35)$$

$$h_{\max} = \frac{T - G_{\sigma}(f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n) - BS\eta_3 \sin \alpha}{\varphi_k KB \sin \gamma}, \quad (2.36)$$

У другому положенні обчислюється мінімальна глибина різання гострим (2.37) і зношеним ножами (2.38).

$$h_{\max} = \frac{T - G_{\sigma}(f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n) - g\gamma_p V \text{tg} \delta \left[\left(\cos^2 \alpha + \frac{\text{tg} \rho}{\text{tg} \delta} \right) \sin \gamma + \text{tg} \rho \cos \gamma \right]}{\varphi_k KB \sin \gamma}, \quad (2.37)$$

$$h_{\max} = \frac{T - G_{\sigma}(f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n) - g\gamma_p V \text{tg} \delta \left[\left(\cos^2 \alpha + \frac{\text{tg} \rho}{\text{tg} \delta} \right) \sin \gamma + \text{tg} \rho \cos \gamma \right] - BS\eta_3 \sin \alpha}{\varphi_k KB \sin \gamma}, \quad (2.38)$$

Мінімальні значення глибини різання, розраховані за залежностями (2.37) і (2.38), повинні бути не менші значень h_n які визначаються за умови компенсації, втрат ґрунту з призми у бокові валики в процесі переміщення ґрунту:

$$h_n = \Delta V / BL, \quad (2.39)$$

3 КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК БУЛЬДОЗЕРА

3.1 Обґрунтування конструкції і розрахунок привода керування

Механізм керування робочим органом бульдозера повинен забезпечити необхідні швидкості підйому – опускання відвала, чітку фіксацію його положення, і, у разі необхідності, – плаваюче положення. Швидкості керування робочим органом повинні забезпечити нормальний хід процесу копання ґрунту. Коли швидкість керування підвищується, технічна продуктивність дещо збільшується, але у зв'язку з підвищеною стомлюваністю оператора експлуатаційна продуктивність знижується. Крім того, зростають динамічні навантаження. Звичайно, швидкість заглиблення ϑ , вибирається такою, щоб нахил траєкторії заглиблення не перевищував заднього (потиличного) кута відвала, тобто, щоб ґрунт не зминався коробкою жорсткості, відвала (при цьому під швидкістю підйому – опускання відвала розуміють вертикальну складову швидкості руху краю ножа).

$$\vartheta \leq \vartheta_m \operatorname{tg} \Theta, \quad (3.1)$$

Зусилля у виконавчому механізмі привода керування гідравлічних бульдозерів (у гідроциліндрах) визначається за умови статичної рівноваги трактора відносно передньої і задньої кромки опорної поверхні гусениць, або осей передніх і задніх коліс.

При заглибленні (рис. 3.1)

$$P_{цз} = \frac{Ga(l-b)}{ls} - \frac{G_{po}l_{po}}{s} = \frac{350 \cdot 1,8(5,4-1,8)}{5,4 \cdot 2} - \frac{45 \cdot 3,4}{2} = 133,5 \text{ кН}, \quad (3.2)$$

де G_{po} – сила тяжіння робочого обладнання, G – сила тяжіння бульдозера без робочого обладнання. Інші позначення приведені на рис 3.1. При цьому необхідно, щоб виконувались наступні умови

$$P_{цз} \geq P'_{цз}, \quad P_{цв} \geq P'_{цв},$$

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						52
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: $P'_{уз}$ – зусилля заглиблення, знайдене з умови подолання несучої здатності ґрунту; $P'_{цв}$ – зусилля виглиблення при нормальних умовах копання ґрунту.

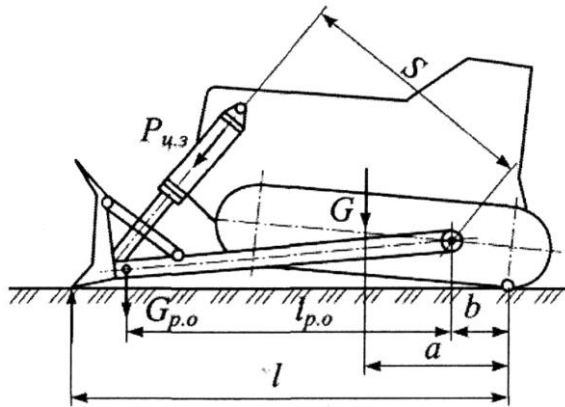


Рис. 3.1. Зусилля заглиблення відвала

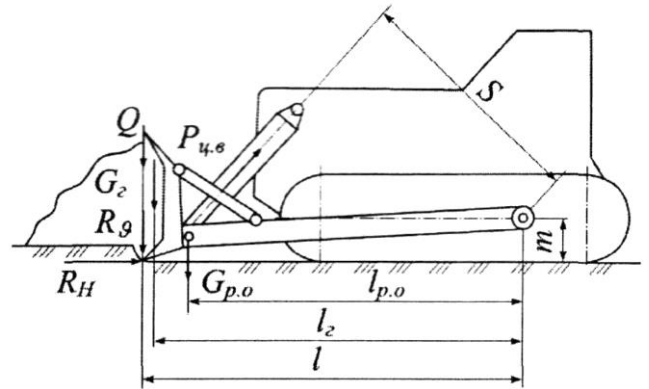


Рис. 3.2. Зусилля виглиблення відвала

Зусилля заглиблення обчислюється за формулою:

$$P'_{уз} = \frac{K_1 s_1 B(l-b) - G_{po} l_{po}}{s}, \quad (3.3)$$

де K_1 – коефіцієнт несучої здатності ґрунту, для середніх умов $K_1=0,5...0,6$ МПа; s_1 – ширина площадки ножа, яка третяється по ґрунту, $s_1=1... 1,5$ см.

У відповідності зі схемою (рис. 3.2)

$$P'_{цв} = \frac{G_{po} l_{po} + G_2 l_2 + Ql + R_9 l + R_H m}{s} = \frac{45 \cdot 3,4 + 21 \cdot 3,6 + 11 \cdot 5,4 + 26,5 \cdot 5,4 + 88,3 \cdot 3,2}{2} = 143,4 \text{ кН}, \quad (3.3, a)$$

$$\text{де } G_2 = 0,35 \delta_p Vg = 0,35 \cdot 1700 \cdot 3,6 \cdot 9,8 = 21 \text{ кН};$$

$$Q = 0,65 \delta_p Vgtg^2 \rho = 0,65 \cdot 1700 \cdot 3,6 \cdot 9,8 \cdot tg^2 28^\circ = 11 \text{ кН}; \quad R_9 = 0,3 R_H = 0,3 \cdot 88,3 = 26,5 \text{ кН};$$

$$R_H = \frac{(G_0 + 0,65 \delta_p Vgtg^2 \rho + 0,35 \delta_p Vg) \varphi - G(f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n) - 0,65 \delta_p Vgtg^2 \rho}{1 - 0,3 \varphi} =$$

$$= \frac{(350 + 11 + 21) 0,95 - 350(0,12 \cos 55^\circ \pm \sin 55^\circ) - 11}{1 - 0,3 \cdot 0,95} = 88,3 \text{ кН} \quad (3.4)$$

Швидкість руху поршня гідроциліндра знаходиться в залежності від прийнятої швидкості переміщення відвала. На рис. 3.3 показана розрахункова схема для визначення швидкості поршня. Як видно з схеми, кут повороту штовхаючих брусів при повному заглибленні відвала:

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-------	------	----------	--------	------

$$\alpha_m = \arcsin \frac{(m + h_{\max})\sqrt{c^2 - m^2} - m\sqrt{c^2 - (m + h_{\max})^2}}{c^2}, \quad (3.5)$$

де: m – висота розміщення точки повороту брусів над рівнем опорної поверхні; h_{\max} – максимальна глибина різання; c – відстань від осі повороту до кромки ножа.

Хід виконавчого механізму обчислюється залежністю

$$s_n = \sqrt{AO^2 + OB^2 - 2AO \cdot OB \cos(\alpha_0 + \alpha_m)} - \sqrt{AO^2 + OB^2 - AO \cdot OB \cos \alpha_0}. \quad (3.6)$$

Середня швидкість поршня $\vartheta_n = s_n / t_3$, де t_3 – час підйому, заглиблення відвала.

Для інших гідроциліндрів керування відвалом (зміни кутів зарізання кута захвату, кута різання) необхідні характеристики (зусилля, яке розвиває циліндр, швидкість руху поршня і хід поршня) визначаються в залежності від прийнятої конструктивної схеми. При цьому вихідні умови такі. Зусилля у виконавчому механізмі перекошу відвала повинно бути достатнім для повороту базової машини в обидві сторони відносно осі, яка проходить вздовж краю опорної поверхні рушія (рис. 3.4). Реакція на краю відвала визначається за формулою:

$$R_V = Ga / b = 350 \cdot 1,2 / 3,6 = 117 \text{ кН}, \quad (3.7)$$

де a – відстань по горизонталі від краю гусениці до лінії дії сили ваги бульдозера; b – відстань по горизонталі від краю гусениці до точки прикладання реакції R_V .

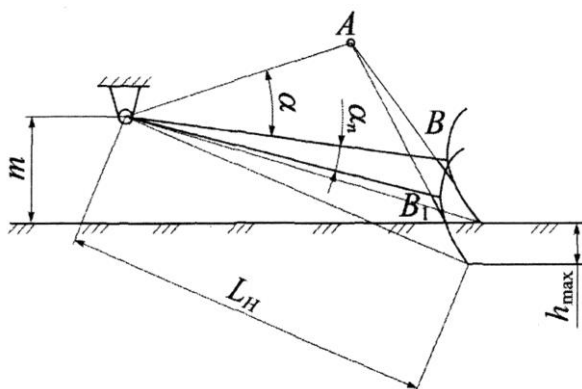


Рис. 3.3. Переміщення поршня гідроциліндра при заглибленні відвала

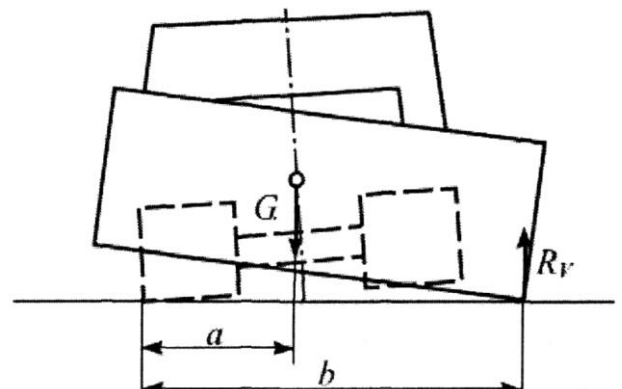


Рис. 3.4. Зусилля у механізмі перекошу відвала

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Подальше визначення зусилля у гідроциліндрі перекосу відвала залежить від схеми механізму і проводиться методами теорії механізмів і машин. Сила, яка діє на механізми зміни кута захвату, визначається з умови, що вона не перевищує сили, достатньої для розвороту машини.

$$\text{Тоді} \quad P = G\varphi_k k_T / B = 350 \cdot 0,95 \cdot 2,4 / 3,6 = 221,7 \text{ кН}, \quad (3.8)$$

де k_T – колія трактора.

Зусилля у гідроциліндрі механізму зміни кута захвату обчислюється згідно з схемою цього механізму. У механізмі зміни кута різання сила, що визначається для двох випадків - при зменшенні цього кута або при його збільшенні. При цьому найбільша величина зусилля обмежується за умови перекидання бульдозера відповідно навколо переднього або заднього краю гусениць (рис. 3.5):

$$R_V = \frac{G_\sigma a}{l} \cdot \frac{b'}{S}, \quad (3.9)$$

$$R_V = \frac{G_\sigma a_1}{l_1} \cdot \frac{b'}{S}, \quad (3.10)$$

Після одержання вихідних розрахункових даних проводять розрахунок гідроприводу у наступному порядку. Вибирають номінальний робочий тиск (якщо у базовій машині немає власного гідроприводу), який для прогресивних конструкцій складає 16, 25, 32 МПа.

Розробляють принципову схему гідроприводу, в якій визначається кількість насосів, виконавчих гідроциліндрів.

Кількість і тип насосів визначається за умови, що сумарна подача робочої рідини повинна забезпечувати потрібну швидкість руху штоків. При цьому втрати рідини за рахунок витікання приймаються у межах 3...8% від витрат рідини, необхідних для роботи гідроциліндрів одночасно. Тоді

$$Q_n = \frac{\pi \sum_i^n d_{ци}^2 \vartheta_{ци}}{4(0,92...0,97)}, \quad (3.11)$$

Швидкість руху поршня рекомендується вибирати у межах 0,3...0,5 м/с. Кількість виконавчих гідроциліндрів n приймається виходячи із загальної

компоновки бульдозера з врахуванням діючих на циліндр зусиль і можливостей уніфікації конструктивних елементів. Внутрішній діаметр гідроциліндра d_n обчислюється в залежності від значень діючого зусилля P_u (Н) і розрахункового тиску рідини в системі P_p (МПа). Для висування і втягування штока діаметром $d_{ш}$ діаметр гідроциліндра визначається за формулами:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4P_u}{\pi P_p \eta_{ГМ}}}, \quad d_0 = \sqrt{\frac{4P}{\pi P_p \eta (1 - \varepsilon^2)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 221,7}{\pi \cdot 220 \cdot 0,96(1 - 0,65^2)}} = 0,152 \text{ м}, \quad (3.12)$$

$$\varepsilon = \frac{d}{d_0} = 0,5 \dots 0,65. \quad (3.13)$$

З врахуванням гідравлічних втрат від насоса до циліндра для попередніх розрахунків приймається $P_p = (0,58 \dots 0,9) P_n$; $\eta_{гм}$ – гідромеханічний ККД гідроциліндра. Одержане значення діаметра округлюється до рекомендованих значень розмірів (табл. 3.1). Те ж саме робиться для ходу поршня гідроциліндра, діаметра штока (табл. 3.2, 3.3).

Таблиця 3.1

Внутрішні діаметри гідроциліндрів

Діаметр, мм	Основний ряд	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500
	Додатковий ряд	45	56	70	90	140	140	180	220	280	360	450	560

Таблиця 3.2

Діаметри штоків гідроциліндрів

Діаметр, мм	Основний ряд	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
	Додатковий ряд	22	28	36	45	56	70	90	110	140	180	220	280

Таблиця 3.3

Величина ходу поршня гідроциліндра

Хід поршня, мм	Основний ряд	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Додатковий ряд	280	360	450	560	710	900	1120	1400	1800	2240	2800	3350

Знаючи величину подачі Q_n і номінальний тиск, визначають кількість і тип насосів, або перевіряють, чи відповідає власний насос базової машини значенням Q_n і p_n .

Потужність, яка витрачається на привод насоса:

$$N_H = \frac{p_n Q_n}{61,2 \eta_n} = \frac{10 \cdot 10^6 \cdot 3,53 \cdot 10^{-4}}{61,2 \cdot 0,96} = 60 \text{ кВт}, \quad (3.13, a)$$

де p_n – робочий тиск нагнітання, МПа; Q_n – продуктивність насоса, м³/с; η_n – загальний ККД насоса.

Для захисту насосів і гідроциліндрів від перенавантажень у лінії гідропередачі необхідна установка запобіжного або розвантажувального клапана.

Налаштування запобіжного клапана залежить від максимального тиску, який допускається для насосів і циліндрів і звичайно не перевищує (1,3...1,35). Внутрішній діаметр трубопроводів вибирається таким, щоб середня швидкість рідини у нагнітальному трубопроводі складала 3...5 м/с і до 1,5 м/с у всмоктувальному. Одержані розрахунком значення округляються до рекомендованих і мають такі величини (мм): 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100.

Технічні характеристики жорстких трубопроводів і рукавів високого тиску для гідросистем дорожньо-будівельних машин приведені у таблицях 3.4, 3.5.

Об'єм бака для робочої рідини вибирають таким, щоб він забезпечив дво-трихвилинну продуктивність насоса. При цьому величину ємності бака округляють до найближчого з рекомендованих значень, які складають ряд (дм³: 10, 16, 25, 40, 63, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000).

Таблиця 3.4

Технічна характеристика жорстких трубопроводів

Умовний прохід, мм	6	8	10	13	15	20	25	32
Діаметр зовнішній, мм	10	12	14	16	20	25	32	40
Товщина стінки, мм	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	4,0	4,5

Таблиця 3.5

Технічна характеристика рукавів високого тиску

Внутрішній діаметр рукава, мм	6	8	10	12	16	20	25	32	38
Максимальний тиск, МПа	280	250	215	210	165	150	150	120	105
Мінімальний радіус згину, мм	70	90	100	130	170	200	300	385	460
Довжина, мм	400,	500,	600,	700,	800,	1000,	1400,	1800,	2200,
	450	550	650	750	900	1200	1600	2000	2400

3.2 Визначення розрахункових значень навантажень для перевірки міцності елементів конструкції бульдозера

Навантаження, які діють на вузли і елементи металоконструкції бульдозерів у різних умовах експлуатації і які приймають як розрахункові, прийнято розділяти на нормальні, випадкові, аварійні. Нормальними вважають навантаження, які виникають у звичайних умовах експлуатації, тобто при роботі бульдозерів у ґрунтах, для розробки яких ці машини призначені на передачах, рекомендованих для них як робочі. В умовах нормального використання машини можуть з'явитись максимальні навантаження, які значно перевищують найбільше статичне зусилля бульдозера. Ці навантаження, які слід характеризувати як „максимальні нормальні”, являються вихідними для перевірки деталей машин на міцність за напруженнями, що допускаються, а вся сукупність нормальних навантажень служить основою для розрахунку металоконструкцій на довговічність.

Випадкові навантаження виникають в умовах найбільш несприятливого поєднання одночасно діючих навантажень і визначаються також для перевірки міцності елементів металоконструкції бульдозера. Слід відмітити, що не завжди раціонально проводити розрахунки міцності за величиною випадкових навантажень, які при зустрічі робочих органів машин з жорсткими перешкодами, можуть бути дуже високими. В більшості випадків при створенні машин слід передбачати зменшення величини випадкових навантажень, застосовуючи запобіжні пристрої.

Під аварійними розуміють навантаження, які можливі тільки за винятково несприятливих обставин, коли конструкція приходить у непрацездатний стан. Розрахунок на дію аварійних навантажень не проводиться. Визначення розрахункових значень діючих навантажень проводиться для „розрахункових положень”, тобто для таких можливих у процесі роботи бульдозера поєднань навантажень, при яких слід чекати у деталях металоконструкції виникнення найбільших напружень. Основними розрахунковими положеннями для бульдозера є такі.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

1. Удар у перешкоду серединою відвала. Сила може бути прикладена в будь-якій точці нижньої половини відвала, яка лежить на осі симетрії.
2. Удар у перешкоду краєм відвала.
3. У процесі заглиблення відвала при одночасному русі вперед бульдозер вивішується на крайній точці відвала.
4. Бульдозер вивішується на середній точці відвала за умов положення 3.
5. При виглибленні відвала і одночасному русі вперед, бульдозер перекидається відносно передніх коліс. Навантаження прикладені до крайньої точки переднього краю гусениць або осі відвала.
6. Бульдозер вивішується на середній точці відвала за умов положення 5.
7. Удар у перешкоду боковою поверхнею відвала при розвороті загальмованої гусениці.

У формулах (3.14...3.38), крім розшифрованих позначень, застосовані деякі інші загальні для всіх позначення (рис. 3.5): $l_{G\delta}$ – відстань від заднього краю опорної поверхні до осі, яка проходить через центр сили тяжіння бульдозера, м; L – база трактора, м; l_c – відстань від переднього краю поверхні до ріжучого краю відвала, м; l_0 – відстань від центрального кульового шарніра до ріжучого краю відвала, м; h – висота центрального кульового шарніра; a – відстань від центрального кульового шарніра до осі гідроциліндра підйому відвала, м; G_δ – сила тяжіння бульдозерного обладнання, кН; B_k – колія трактора, м; G_m – сила тяжіння трактора, кН; l_1 – відстань від центрального кульового шарніра до осі, яка проходить через центр сили тяжіння бульдозерного обладнання, м; l_{G0} – відстань від центрального кульового шарніра до осі, яка проходить через центр сили тяжіння відвала, м; $l_{ш\delta}$ – довжина штовхаючого бруса, м; a_1 – відстань від центрального кульового шарніра до осі, яка проходить через центр повороту гусениці, м; l_2 – відстань від заднього краю опорної поверхні до центрального кульового шарніра, м; B_2 – ширина трактора по гусеницях, м; B_1 – відстань між опорними шарнірами штовхаючого бруса на відвалі, м; B_2 – відстань між кульовими шарнірами, м; a_2 – кут нахилу гідроциліндра піднімання відвала до вертикалі, град. (рис. 3.5).

					ДІТ. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

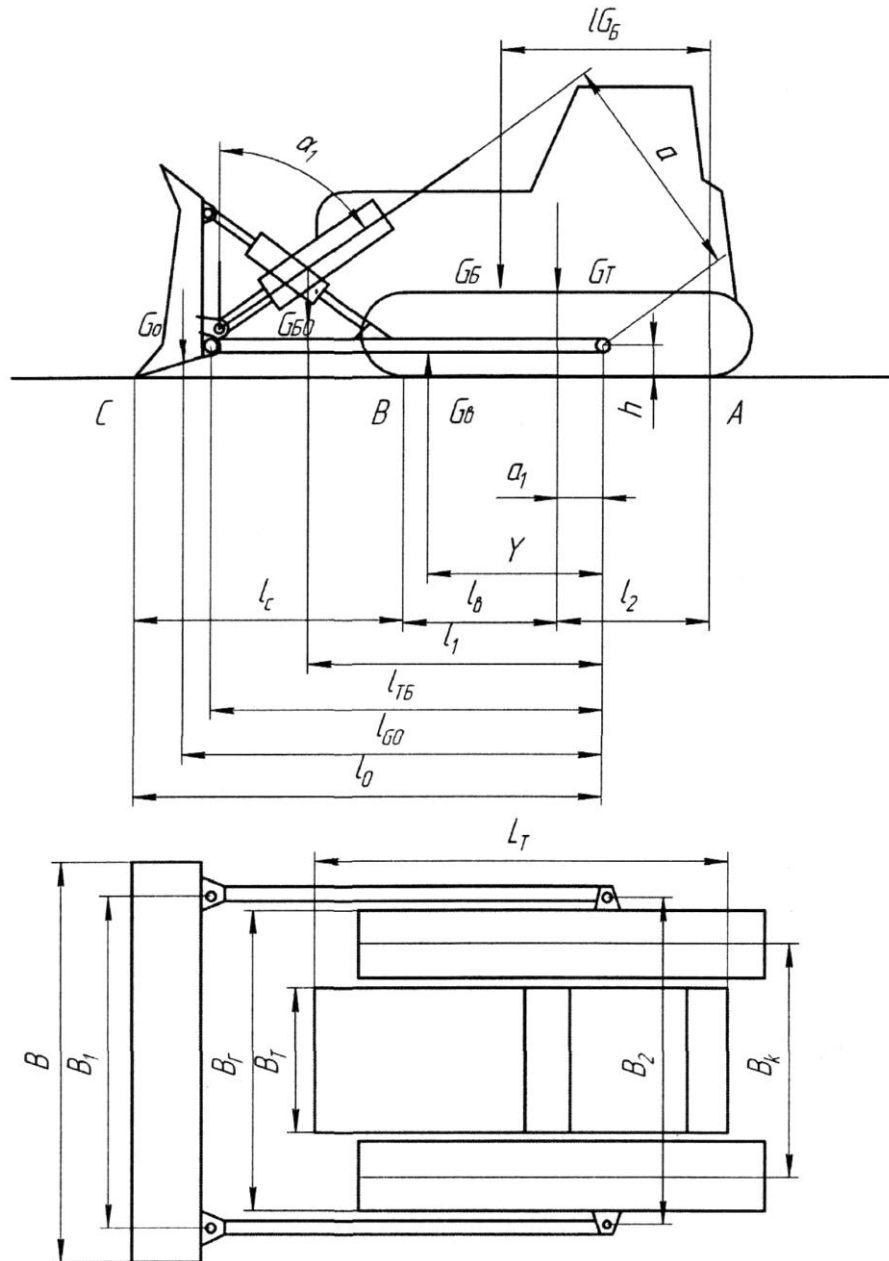


Рис 3.5. Схема сил, які діють на робоче обладнання бульдозера

Величина горизонтального зусилля, що діє на відвал, визначається як сума тягового зусилля по зчепленню і динамічного зусилля з врахуванням опору руху базової машини:

$$P_y = T_{\delta} + D_o - W_l. \quad (3.14)$$

При знаходженні тягового зусилля $T_{\delta} = G_{\delta} \phi$ для динамічних розрахунків приймаються максимальні значення коефіцієнта зчеплення.

Рекомендовані значення коефіцієнта ϕ для гусеничних машин знаходяться у межах – 0,9...1,1; для колісних – 0,6...0,8.

Сила тяжіння бульдозера G_{δ} приймається рівною (1,17... 1,22) $G_{\delta m}$,

де $G_{\delta m}$ – сила ваги базової машини.

Динамічне зусилля $P_{дин}$ обчислюється за формулою:

$$P_{дин} = \vartheta_{\delta} \sqrt{A_{np} m_{\delta}} = 1,2 \sqrt{110,9 \cdot 35} = 74,8 \text{ кН}, \quad (3.15)$$

де ϑ_{δ} – швидкість бульдозера в момент зустрічі з перешкодою; A_{np} – приведена жорсткість перешкоди і металоконструкції навісного обладнання; m_{δ} – маса бульдозера.

$$\text{Тоді } P_y = G_{\delta}(\varphi - f) + \vartheta_{\delta} \sqrt{A_{np} m_{\delta}} = 350(0,95 - 0,12) + 1,2 \sqrt{110,9 \cdot 35} = 365 \text{ кН}, \quad (3.16)$$

де f – коефіцієнт опору руху бульдозера.

При визначенні максимальних нормальних навантажень за початкову швидкість копання приймається максимальна теоретична швидкість холостого ходу бульдозера на розрахунковій передачі. Щоб знайти максимальні випадкові навантаження доцільно приймати номінальну теоретичну швидкість на розрахунковій передачі, бо зустріч з жорсткою перешкодою реальна тільки тоді, коли вона схована від оператора, тобто при деякому початковому опорі копанню. Вибираючи розрахункову передачу, необхідно за результатами тягового розрахунку оцінити реальність використання різних передач трансмісії для копання ґрунтів. Якщо практично ймовірне використання декількох передач, то для знаходження нормальних навантажень слід провести розрахунок для всіх цих передач (з врахуванням обмеження тяги по зчепленню) і як розрахункове прийняти найбільше з одержаних навантажень. Найбільше випадкове навантаження відповідає вищій робочій передачі, застосування якої для копання ґрунтів визначене за результатами тягового розрахунку, або передбачене інструкцією з експлуатації машини.

Приведена жорсткість обумовлена залежністю:

$$A_{np} = \frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2}, \quad (3.17)$$

де A_1 і A_2 – жорсткості перешкоди і металоконструкції машини.

					ДІТ. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Для визначення максимальних нормальних навантажень деформаціями металоконструкції нехтують. Тоді $A_{np}=A_I$ як жорсткість перешкоди приймається інтенсивність зростання опору копання ґрунту відвалом бульдозера A , тобто приріст опору копання ΔP_k на ділянці шляху ds , що пройдений машиною в забої:

$$A = \frac{dP_k}{ds} = 221,7 / 2 = 110,9 \text{ Н/м.} \quad (3.18)$$

Закономірність зростання опору копання ґрунту залежить у першу чергу від траєкторії ножа землерийної машини. Щоб знайти динамічні навантаження, що виникають, слід розглядати такий процес заглиблення робочого органа, коли навантаження зростає найбільш інтенсивно. Якщо прийняти, що зростання опору описується лінійною залежністю:

$$P = W_1 + A(S_1 - S_0), \quad (3.19)$$

інтенсивність росту опору копання можна вважати постійною.

Вказана інтенсивність складається з інтенсивності зростання опору різання A_p і складової, яка характеризує накопичення ґрунту перед відвалом $A_n A_I = A_p + A_n$. Для процесу примусового заглиблення ножа бульдозера в ґрунт при русі зі швидкістю ϑ_6 інтенсивність зростання опору різання визначається залежністю

$$A_p = \frac{a_1 B k \varphi_k \vartheta_3}{\vartheta_6}, \quad (3.20)$$

де a_1 – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив типу ґрунту і конструкції ходових частин бульдозера на нахил траєкторії заглиблення робочого органа; B – ширина ножа; k – питомий опір ґрунту різанню; (φ_k – коефіцієнт, що враховує вплив кута різання на опір різання).

Коефіцієнт a_1 для ґрунту I категорії дорівнює 1,0; II – 0,85...0,95; III – 0,65...0,75; IV – 0,55...0,6.

Друга складова інтенсивності зростання опору для випадку заглиблення ножа W_3, W_4 :

$$A_n = \frac{1}{2} \frac{W_3 + W_4}{V} B h_{\max} \quad (3.21)$$

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						62
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення коефіцієнта k_c залежності від співвідношення швидкостей
робочої ϑ_p і ϑ_x холостого ходу

ϑ_p/ϑ_x	0	0,25	0,5	0,75	1,0
К	1,0	0,94	0,72	0,58	0,44

У випадку проміжних значень ϑ_p/ϑ_x визначається лінійною інтерполяцією.

При визначенні A_{np} жорсткість перешкоди приймається для бульдозерів класів 3, 4 т рівною $1,73 \cdot 10^3$ кН/м; для бульдозерів класів 6, 10, 15 т – $18,15 \cdot 10^3$ кН/м; для машин класу 25 т і більше – $13 \cdot 10^4$ кН/м. Величина коефіцієнта зчеплення φ приймається 0,95 для гусеничних і 0,85 для колісних бульдозерів.

У розрахунковому положенні 2 величина P_y визначається залежністю

$$P_y = k_c G_\sigma \varphi + \vartheta_\sigma \sqrt{\frac{G_\sigma A_{np} I}{gI + 0,25 G_\sigma B^2}}, \quad (3.25)$$

де I – момент інерції бульдозера відносно вертикальної осі, яка проходить через центр маси; B – ширина відвала бульдозера.

Величина моменту інерції знаходиться за формулою:

$$I = \frac{L_m^2 + B_m^2}{12} \frac{G_\sigma}{g} = \frac{3,6^2 + 2,4^2}{12} \frac{350}{9,8} = 55,7 \text{ кНм}^2, \quad (3.25,а)$$

де L_m і B_m – довжина і ширина базового трактора.

У цьому положенні жорсткість перешкоди і коефіцієнти зчеплення приймають такими, як у положенні 1.

У розрахунковому положенні 3 (рис. 3.8) навантаження визначаються за формулами:

$$P_z = \frac{G_\sigma l_{G\sigma}}{L + l_c}, \quad (3.26)$$

$$P_y = k_c (G_\sigma - P_z) \varphi + \vartheta_\sigma \sqrt{\frac{G_\sigma C_{np}}{g}}, \quad (3.27)$$

$$P_x = \frac{k_c (G_\sigma - P_z) \varphi B}{2(L + l_c)}. \quad (3.28)$$

Жорсткість перешкоди приймається 850 кН/м. Для колісних бульдозерів:

$$P_y = k_c G_{\delta} \frac{L+l_c-l}{L+l_c} \varphi + \vartheta_{\delta} \sqrt{\frac{G_{\delta} C_{np}}{g}}. \quad (3.29)$$

Для положення 4 навантаження обчислюється за формулами (3.26), (3.27), (3.28).

При цьому бокове зусилля P_x відсутнє.

У положенні 5 (рис. 3.9) навантаження знаходять з рівнянь (рис. 3.5)

$$P_z = \frac{S_u a - G_{\delta} l_1 - P_y h}{l_0}, \quad (3.30)$$

$$P_y = (G_{\delta} + P_z) \varphi \left(\frac{k_c \varphi}{2,5} - f_1 \right) + \vartheta_{\delta} \sqrt{\frac{G_{\delta} A_{np}}{g}}, \quad (3.31)$$

$$P_z = \frac{1}{1 + h \left(\frac{k_c \varphi}{2,5} - 0,3 \right) l_0} \left[\frac{S_u \alpha - G_{\delta} l_1}{l_0} - G_{\delta} \left(\frac{k_c \varphi}{0,25} - 0,3 \right) \frac{h}{l_0} - \vartheta_{\delta} \frac{h}{l_0} \sqrt{\frac{A_{np} G_{\delta}}{g}} \right]. \quad (3.32)$$

Якщо $\frac{k_c \varphi}{2,5} - 0,3 < 0$, то слід приймати $\frac{k_c \varphi}{2,5} - 0,3 = 0$.

$$P_z = \frac{S_u \alpha - G_{\delta} l_1}{l_0} - \frac{l_0}{h}, \quad (3.33)$$

$$P_x = \left\{ \begin{array}{l} \frac{(G_{\delta} + P_z) \varphi B}{2l} \text{ при } (G_{\delta} + P_z) \varphi \leq T; \\ P_x = \frac{G_{\delta} \mu}{2} \text{ при } (G_{\delta} + P_z) \varphi > T \end{array} \right\}. \quad (3.34)$$

У формулах (3.32), (3.33) S_u - сумарне зусилля у штокових порожнинах підйому відвала, яке обчислюється за формулою:

$$S = \frac{\pi p}{2} (D^2 - d^2) = \frac{\pi \cdot 10 \cdot 10^6}{2} (0,152^2 - 0,092^2) = 230 \text{ кН}, \quad (3.34, \text{ а})$$

де p - тиск настройки запобіжного клапана; D і d - відповідно діаметри циліндра і штока; μ - коефіцієнт бокового зсуву.

Для положення 6 (рис. 3.9) застосовують ті ж залежності, що і для положення 5. У положенні 7 (рис. 3.10) бокове зусилля P_x , яке може бути прикладене в будь-якій точці нижньої половини відвала.

						ДІПТ. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			65

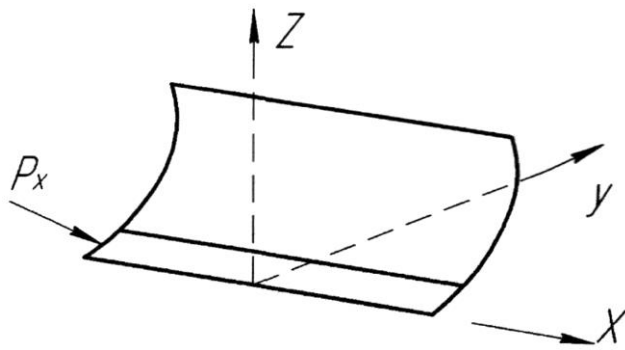


Рис. 3.9. Схема удару і перешкод боковою

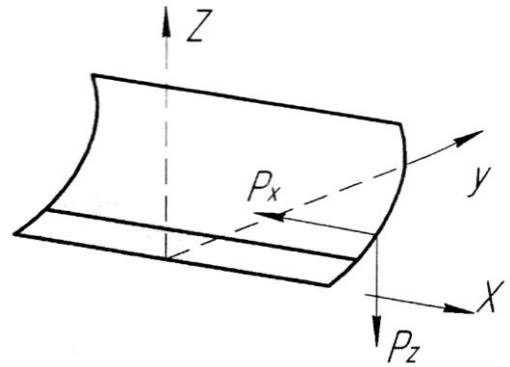


Рис. 3.10. Схема навантаження при виглибленні

У положенні 9 сила P_m (рис. 3.11), направлена перпендикулярно площині трактора, може бути прикладена до будь-якого перерізу штовхального бруса. Величина P_m приймається найбільшою з двох величин - динамічного навантаження $P_{mд}$ і статичного опору $P_{мс}$.

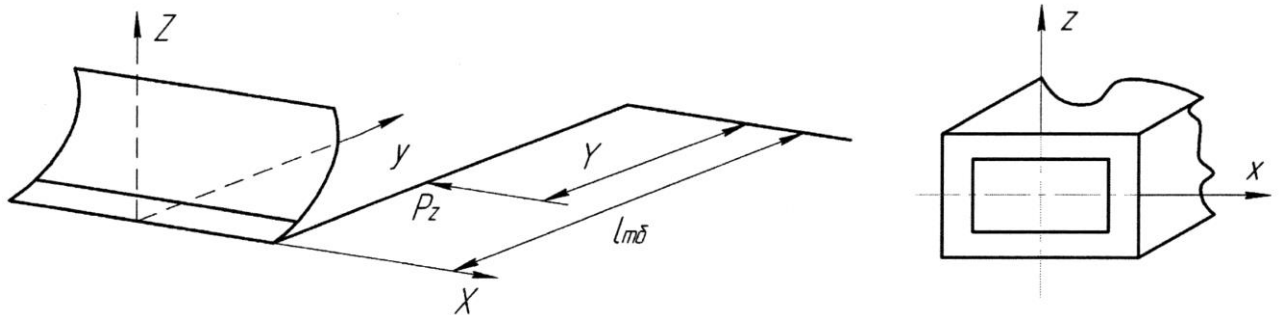


Рис. 3.11. Удар штовхальним брусом у перешкоду при розвороті бульдозера

Величина $P_{мс}$ знаходиться за формулою:

$$P_{mд} = \varpi \sqrt{I_1 C_{\delta z}} = 0,5 \sqrt{55,7 \cdot 818} = 106,7 \text{ кН.} \quad (3.38)$$

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НОЖОВОЇ СИСТЕМИ

Ножова система являє собою елементи ножів різної форми, розташовані між собою таким чином, щоб максимально зменшити питомий опір ґрунту копанню.

У порівнянні із традиційним варіантом ножової системи, виконаним у вигляді прямокутного секційного ножа з ріжучою крайкою леза, розташованої на одній прямій, а лезом, розташованим в одній площині, запропонований варіант ножової системи складається з основних виступаючих ножів (ВН) прямокутної форми, бічних косинок (БК) чотирикутної форми й пластин-вставок прямокутної форми. Їхня кількість і розташування вибирається з погляду зниження питомого опору ґрунту копанню. З метою перебору варіантів їхнього розташування, можна скористатися загальною схемою формування ножових систем машин для земляних робіт із виступаючими ножами й бічними косинками, представленою в таблиці 4.1.

У результаті теоретичного аналізу виконане формування нових видів ножових систем із ВН і БК на підставі роздязнула математичної моделі процесу на складові елементи з наступним їхнім об'єднанням у нову систему. У ролі математичної моделі процесу використане вираження у вигляді суми ряду діючих опорів, зв'язок між якими визначається структурою функціонування відвала бульдозера і його ножової системи.

Рівняння опору ґрунту копанню відвалом, оснащеним ножовою системою із ВН і БК, має вигляд:

$$P_{ВНБК} = P_{Р.НОЖ}^{ВН} + P_{ЗАТ}^{ВН} + P_{БН}^{ВН} + P_{ГР}^{ВН} + P_{ОТВ}^{ВН} + P_{ПР.ГР}^{ВН} + P_{БК.КС}, \quad (4.1)$$

де $P_{Р.НОЖ}^{ВН}$ - опір на передній поверхні ножа з обліком привантаження на стружку, що вирізується, на відвалі із ВН і БК; $P_{ЗАТ}^{ВН}$ - опір на площадці затуплення леза відвала із ВН і БК; $P_{БН}^{ВН}$ - опір від сил тертя бічної грані ВН по ґрунті; $P_{ГР}^{ВН}$ - опір тертю ґрунту по ґрунті при русі шару усередині призми волочіння для відвала із ВН і БК; $P_{ОТВ}^{ВН}$ - опір пересуванню стружки ґрунту по відвалі із ВН і БК; $P_{ПР.ГР}^{ВН}$ -

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						68
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опір сил тертя по ґрунті при пересуванні призми волочіння перед відвалом із ВН і БК; $P_{BK.KC}^{BH}$ - опір сил тертя бічної грані БК по ґрунті.

Таблиця 4.1

Загальна схема формування ножових систем із ВН і БК

Кількість ВН	Параметри, що характеризують ножові системи із ВН і БК	Схема ножової системи із ВН і БК
ВН=1	$B_T; B_1;$ $h_T; h_1;$ $\alpha_T; \alpha_1;$ $\gamma_{BK} B_{BK}$	
ВН=2	$B_T; B_1; B_2;$ $h_T; h_1; h_2;$ $\alpha_T; \alpha_1; \alpha_2;$ $\gamma_{BK} B_{BK}$	
ВН=3	$B_T; B_1; B_2$ $h_T; h_1; h_2;$ $\alpha_T; \alpha_1; \alpha_2;$ $\gamma_{BK} B_{BK}$	
XXX	XXX XXX XXX XXX	XXX XXX XXX XXX
ВН=n	$B_T; B_1; B_{пвн}$ $h_T; h_1; h_{пвн};$ $\alpha_T; \alpha_1; \alpha_{пвн};$ $\gamma_{BK} B_{BK}$	

Ілюстративно дані види опорів можна представити у вигляді схем, представлених на рисунку 4.1.

Аналізуючи зміну продуктивності бульдозерного відвала, оснащеного ВН і БК, що характеризується основними, конструктивними параметрами робочого

встаткування, тягово-зчіпними властивостями рушія й конкретних умов розроблювального ґрунту.

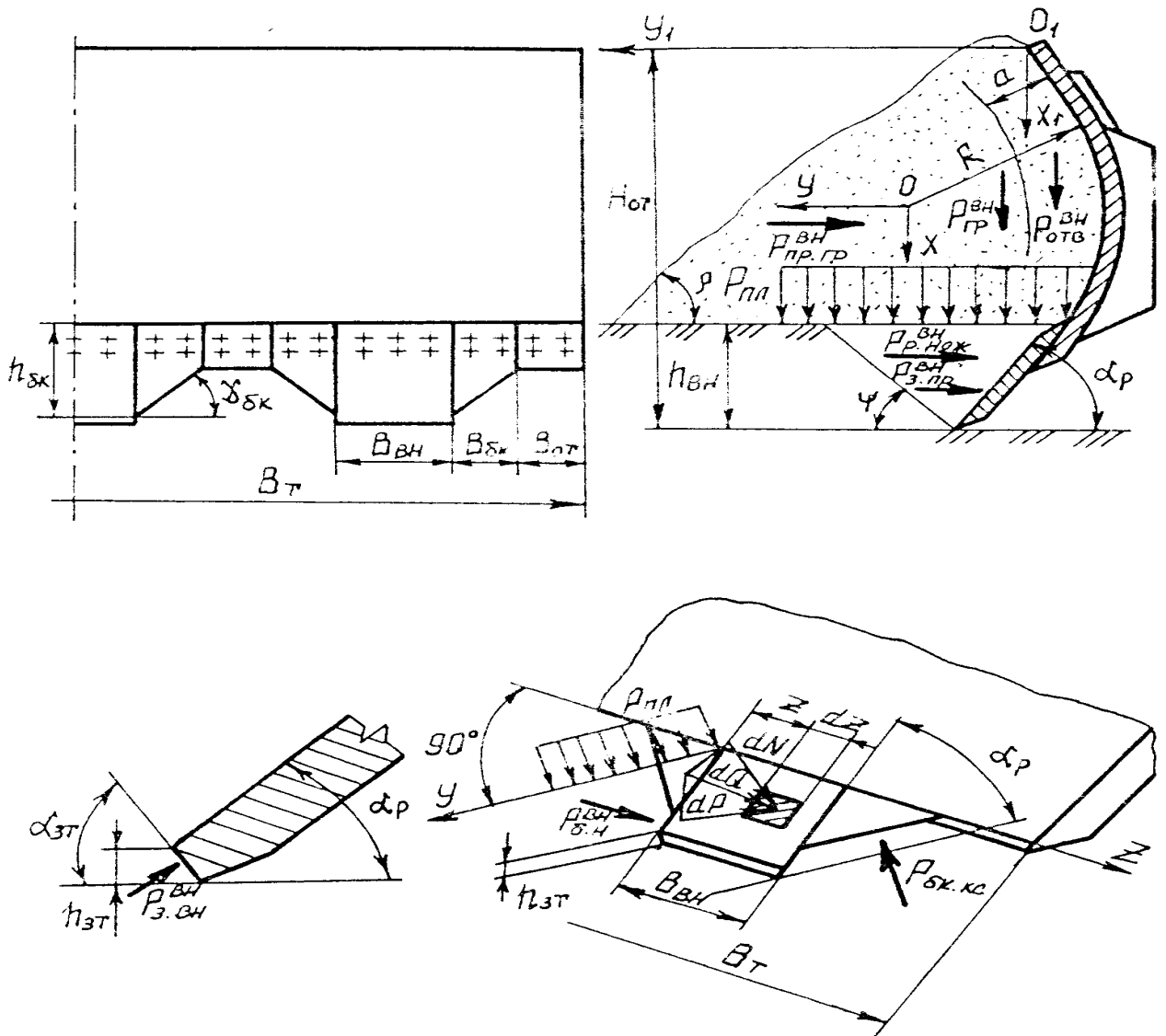


Рис. 4.1. Розрахункова схема для визначення опору ґрунту копанню відвалом бульдозера із ВН і БК

Оснащення бульдозерного відвала ВН і БК у порівнянні із традиційним бульдозерним відвалом, оснащеним прямокутним ножом, теоретично забезпечить зниження опору ґрунту копанню на 8...27% за рахунок утворення бічних розширень прорізу й зменшення загальної площі тертя площадки затуплення ріжучої крайки основного ножа. Маса призми волочіння при копанні ґрунту бульдозерним відвалом з ножовою системою із ВН і БК приблизно збільшується в порівнянні із традиційним відвалом на 12...15%. Показник енергоємності зменшиться в порівнянні із традиційним відвалом на 25...32%. Продуктивність бульдозера,

оснащеного відвалом із ВН і БК, збільшиться в порівнянні із традиційним варіантом на 15...32%.

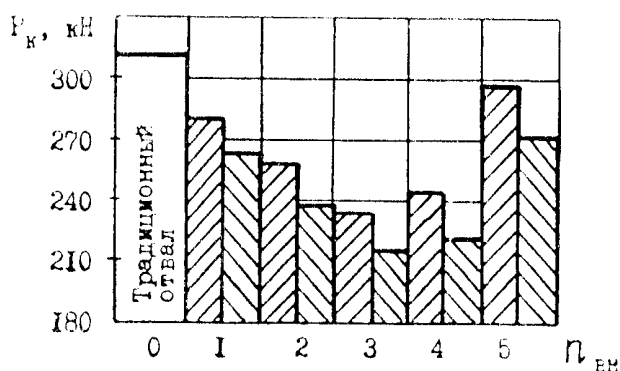


Рис. 4.2. Зміна опору ґрунту копанню від кількості ВН

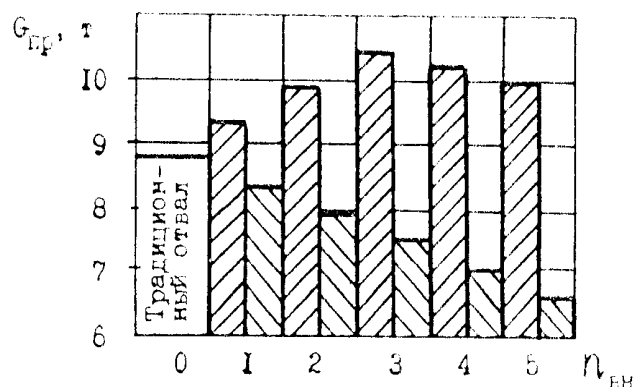


Рис. 4.3. Зміна маси призми волочіння від кількості ВН



Рис. 4.4. Зміна показника енергоємності копання ґрунту від кількості ВН

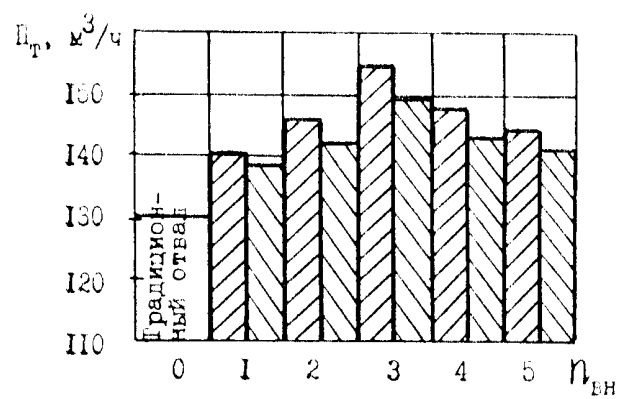


Рис. 4.5. Зміна продуктивності бульдозера від кількості ВН

Примітка: без штрихування - традиційний відвал; ліве штрихування - відвал, оснащена тільки ВН; праве штрихування - відвал, оснащений ВН і БК.

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-------	------	----------	--------	------

5 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВІСІ

5.1 Мета і задачі при раціональному проектуванні технологічного процесу механічної обробки вісі

Ціллю механічної обробки є поступове підвищення точності розміру, форми та поліпшення якості поверхні. Ці зміни є наслідком послідовного пропорційного зняття шару металу з поверхні заготовки. Але, перш ніж приступити до механічної обробки, необхідно отримати заготовку. В залежності від способу отримання заготовки формуються техніко-економічні показники виготовлення заготовки, деталі та її експлуатації.

При виборі способу отримання заготовки необхідно враховувати: конфігурацію, розміри, масу, матеріал заготовки; кількість отримуваних заготовок; необхідну точність; шорсткість і якість поверхні.

Вибраний спосіб повинен забезпечувати щонайнижчу собівартість деталі. При цьому велике значення має економія металу. Тому технолог повинен добиватись, щоб прийнятий спосіб забезпечував виготовлення такої заготовки, яка б за формою та розмірами максимально наближалась до готової деталі. Однак підвищення точності заготовки при малій програмі випуску може виявитись економічно невигідним, оскільки витрати на оснащення заготівельних процесів можуть перевищити економію на механічній обробці та матеріалі.

Вибір заготовки пропонується проводити за коефіцієнтом використання матеріалу та за видом виробництва.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K = \frac{m_d}{m_0}, \quad (5.1)$$

де m_d – маса деталі; m_0 – маса заготовки.

Маса заготовки залежить від методу встановлення припусків на обробку. Припуски можуть бути визначені дослідно-статистичним методом (табличним) або розрахунково-статистичним.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						72
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За видом виробництва пропонується приймати наступні види заготовок:

- одиничне виробництво – заготовка з прокату або поковка;
- серійне виробництво – заготовка з прокату, поковка, штамповка;
- масове виробництво – заготовка з прокату штамповка.

При виборі заготовки пропонується розглянути два варіанти отримання заготовки і за значенням коефіцієнта використання металу прийняти заготовку.

Вихідною інформацією для вибору заготовки є креслення.

5.2 Вибір заготовки

При виборі способу отримання заготовки необхідно враховувати: конфігурацію, розміри, масу, матеріал заготовки; кількість отримуваних заготовок; необхідну точність; шорсткість і якість поверхні.

5.2.1 Заготовка з прокату

Приймаю круглий сортовий прокат ГОСТ 2590-71 звичайної точності.

При найбільшому діаметрі деталі $d_1=40\text{мм}$ та довжиною деталі $L_d=290\text{мм}$;

відношенні $\frac{L_d}{d_1} = \frac{290}{40} = 7,25$. Приймаю $d_0=45\text{мм}$, $L_0=320\text{мм}$.

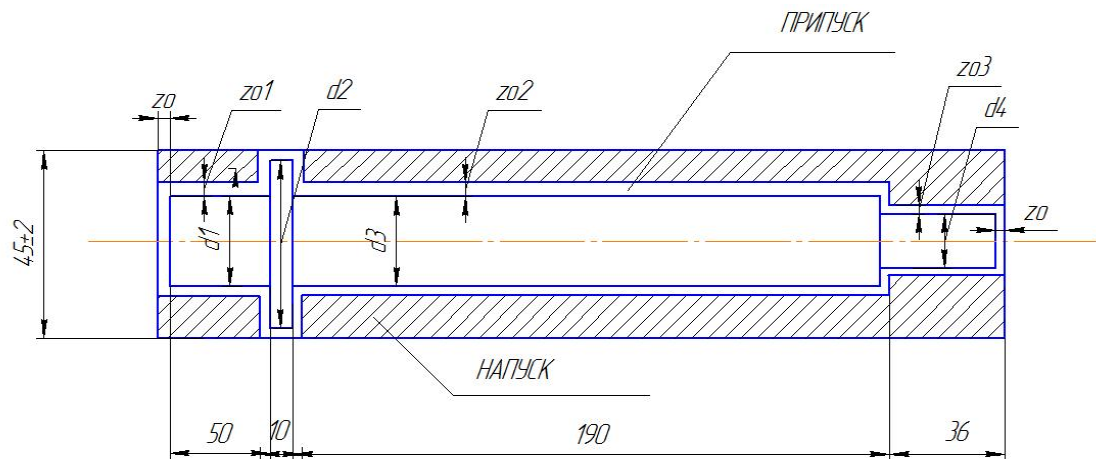


Рис. 5.1. Ескіз заготовки з прокату

Відхилення на поверхню заготовки з прокату: $d_0 = 45^{+0,4}_{-0,7}$. Якість поверхонь (мкм) сортового прокату при діаметрі $d_0=45\text{мм}$ точність звичайна $R_z=160$, $h=250$.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Коефіцієнт використання металу заготовки з прокату $K_{np} = \frac{m_d}{m_{0n}}$,

де m_d – маса деталі; m_{0n} – маса заготовки.

$$\begin{aligned} m_d &= \gamma \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sum d_i^2 l_i; \\ m_{0n} &= \gamma \cdot \frac{\pi d_0^2}{4} L_0, \end{aligned} \quad (5.2)$$

де γ – коефіцієнт густини металу; d_0 – діаметр прокату; L_0 – довжина заготовки.

$$K_{np} = \frac{m_d}{m_{0n}} = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (17280 + 18125 + 160200 + 22500 + 44800)}{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{3,14 \cdot 45^2 \cdot 320}{4}} = 0,421.$$

5.2.2 Заготовка з поковки

Приймаю виготовлення поковки нормальної точності на молотах.

5.2.2.1 Конструкція поковки

Для всіх поверхонь (d_i , L_d) визначаю припуски та відхилення $2Z_{oei_0}^{es_0}$. Значення припусків та відхилень заносять до таблиці 5.1.

Розміри поверхонь поковки визначаю за формулою:

$$\begin{aligned} d_{0i} &= d_{\max} + 2Z_{oei_0}^{es_0}; \\ L_0 &= L_d + 2Z_{oei_0}^{es_0}, \end{aligned}$$

Результати заносимо до таблиці 5.1.

Значення допуску (T_{0i}) поковки визначаю за формулою:

$$T_{0i} = es_0 - ei_0,$$

Результати заносимо до таблиці 5.1.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						74
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1

Поверхні заготовки

	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	L_d
Номинальний розмір	M24	$25n6^{(+0,028}_{+0,015})$	$30n6^{(+0,028}_{+0,015})$	$40h12^{(0}_{-0,250})$	$30k6^{(+0,015}_{+0,002})$	$290h12^{(0}_{-0,250})$
$2Z_{o-ei_0}^{+es_0}$	6 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	18 ± 6
d_{0i}	30 ± 2	$31,028\pm 2$	$36,028\pm 2$	46 ± 2	$36,015\pm 2$	308 ± 6
T_{0i}	4	4	4	4	4	12
Об'єднані поверхні						
d_{0i}^*	30 ± 2	31 ± 2	46 ± 2			308 ± 6
T_{0i}^*	4	4	4			12
$2Z_o^*$	6 ± 2	6 ± 2	$15,972\pm 2$	6 ± 2	$15,9985\pm 2$	12

5.2.2.2 Аналіз поковки на технологічність виготовлення

Критерії технологічності виготовлення поковки наведені нижче.

Найменша ширина бурта на поковці - при L_d =мм; діаметр поверхні бурта d_d =мм. Найменша ширина бурта на поковці l_{0i} =мм.

Найменша довжина уступів на поковці:

- кінцеві; при діаметрі кінцевих уступів деталі d_i =мм найменша довжина уступу на поковці l_{0i} =мм;

- проміжні; при діаметрі проміжних уступів деталі d_i =мм найменша довжина уступу на поковці l_{0i} =мм.

Перепад діаметрів між сусідніми поверхнями поковки (величина заплечика) повинна бути більше 5мм. Величину заплечика визначаю за формулою

$$h_i = 0,5 \cdot (|d_{0i} - d_{0i+1}|). \quad (5.3)$$

						ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			75

На підставі аналізу об'єдную поверхні d_3, d_4, d_5 . Результат заносимо до таблиці 5.1 (d_{oi}^*) та до ескізу заготовки (рис. 5.1).

Визначаю уточнене значення допуску T_{oi}^* на поверхні поковки та уточнюю припуск $2Z_o^*$ на поверхні, що приєднуються до поверхні найбільшого сусіднього діаметру.

$$2Z_o^* = d_{0найб} - d_{maxi} = 2Z_0 + 2Z_n, \quad (5.4)$$

де $d_{0найб}$ - найбільший діаметр поковки з поверхонь, що об'єднані; d_{maxi} - граничний розмір деталі; $2Z_n$ - величина напуску.

Величина напуску ($2Z_n$) визначається за формулою:

$$2Z_{ni} = d_{0найб} - d_{oi}. \quad (5.5)$$

5.2.2.3 Визначення коефіцієнта використання металу

Коефіцієнт використання металу заготовки з поковки $K_{нок} = \frac{m_d}{m_{0n}}$,

де m_d – маса деталі; m_{0n} – маса заготовки.

$$\begin{aligned} m_d &= \gamma \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \Sigma d_i^2 l_i; \\ m_{0n} &= \gamma \cdot \frac{\pi d_0^2}{4} L_0, \end{aligned} \quad (5.6)$$

де γ – коефіцієнт густини металу; d_0 – діаметр поковки; L_0 – довжина заготовки.

$$K_{нок} = \frac{m_d}{m_{0n}} = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (17280 + 18125 + 160200 + 22500 + 44800)}{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{3,14}{4} (369600 + 36875)} = 0,646.$$

Висновок: На підставі порівняння коефіцієнтів використання металу $K_{нок}$ та $K_{пр}$ приймаю виготовлення заготовки поковкою.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						76
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Кількість технологічних переходів

Припуски на поверхні поковки уже відомо. Їх необхідно розподілити за операційними переходами. Для цього можна використати табличний метод, що описаний на початку розділу або визначити кількість операційних переходів за правилами технології механічної обробки. Згідно з цими правилами загальний припуск поділяється за операційними переходами в відношенні 72,5%, 19,5%, 6,5% і 1,5%. Параметри шорсткості, квалітет, допуск на розмір пропонується приймати за таблицями.

Вважаю, що всі поверхні оброблені за винятком заданих.

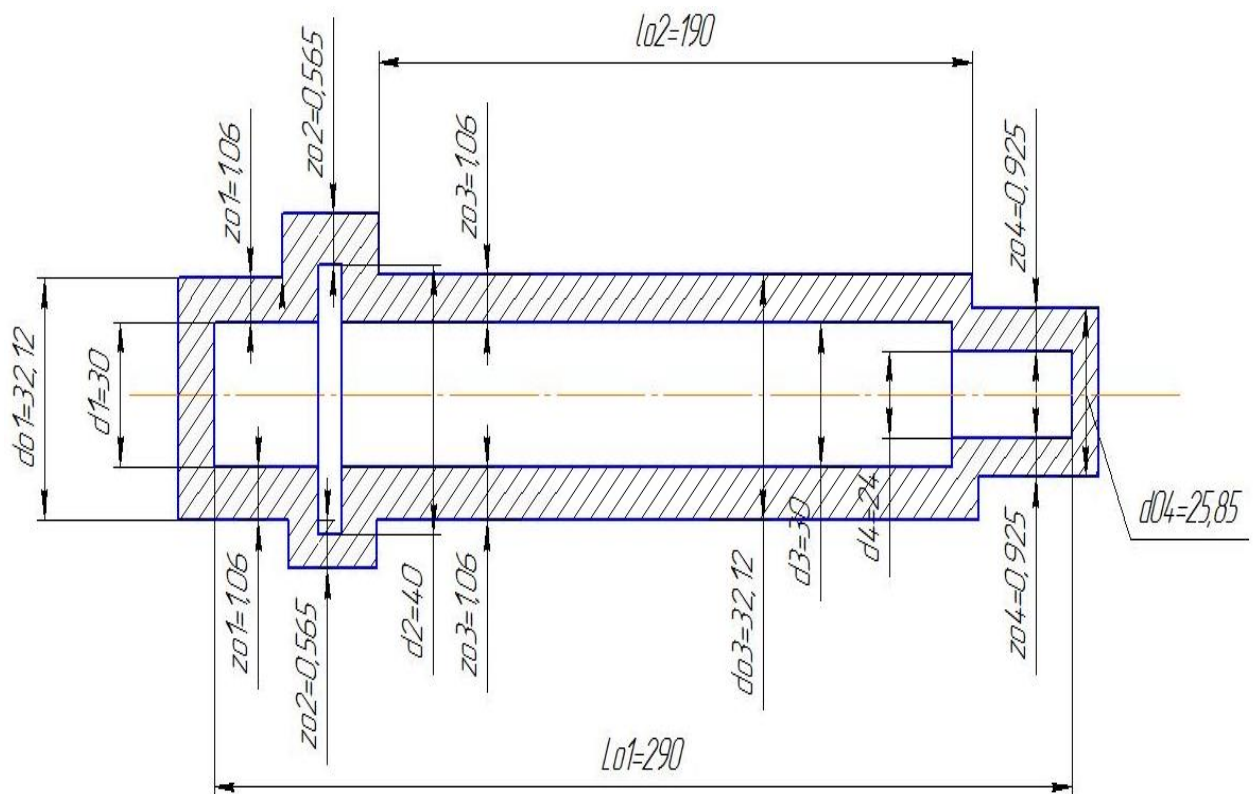


Рис. 5.2. Ескіз заготовки з поковки

Дано: $\varnothing 40h12^0_{(-0,250)}$.

Перший технологічний перехід.

$$2Z_1 = \frac{2Z_0 \cdot 72,5\%}{100\%} = \frac{6 \cdot 72,5\%}{100\%} = 4,35 \text{ мм.} \quad (6.7)$$

Приймаю $2Z_1 = 4,4 \text{ мм.}$

						ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			77

За таблицями приймаємо: квалітет 12, допуск на розмір $T_1=250$, шорсткість $R_z=12,5$ мкм.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Технологічні переходи
 $\varnothing 40h12(C_{-0,250}^0)$, $R_a = 3,2$ мкм

		$2Z_i$	Квалітет	R_z	d_i	$2Z_i^*$	d_i^*
0	Поковка	6	~17	20	46 ± 2	-	-
1	Обточування напівчистове	4,4	12	2,5	40,00	-	-

Дано: $\varnothing 30k6^{(+0,015}_{+0,002})$.

Перший технологічний перехід.

$$2Z_1 = \frac{2Z_0 \cdot 72,5\%}{100\%} = \frac{15,985 \cdot 72,5\%}{100\%} = 11,589 \text{ мм.} \quad (5.8)$$

Приймаю $2Z_1=12$ мм.

За таблицями приймаємо: квалітет 12, допуск на розмір $T_1=250$, шорсткість $R_z=20$ мкм.

Другий технологічний перехід.

$$2Z_2 = \frac{2Z_0 \cdot 72,5\%}{100\%} = \frac{15,985 \cdot 19,5\%}{100\%} = 3,897 \text{ мм.} \quad (5.9)$$

Приймаю $2Z_1=4$ мм.

За таблицями приймаємо: квалітет 8, допуск на розмір $T_2=39$, шорсткість $R_z=1,2$ мкм.

Третій технологічний перехід.

$$2Z_3 = \frac{2Z_0 \cdot 72,5\%}{100\%} = \frac{15,985 \cdot 6,5\%}{100\%} = 1,03 \text{ мм.} \quad (5.10)$$

Приймаю $2Z_1=1$ мм.

За таблицями приймаю: квалітет 6, допуск на розмір $T_3=16$, шорсткість $R_a=1,25$ мкм.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Технологічні переходи

$\varnothing 30k6^{(+0,015}_{+0,002})$, $R_a = 1,25$ мкм

		$2Z_i$	Квалітет	R_a	d_i	$2Z_i^*$	d_i^*
0	Поковка	4	~17	0	52,015	10,985	46
1	Обробка чорнова	12	12	0	40,015	5,985	40,015
2	Обробка чистова	4	8	2	36,015	4	36,015
3	Обточування тонке	1	6	1,25	35,015	1	35,015

5.4 Режими обробки

Вихідними даними при виборі режиму різання є:

- відомості про заготовку (креслення і технічні умови);
- дані про оброблювану деталь (робоче креслення, технічні умови);
- паспорт верстатів.

Вважаю, що всі поверхні оброблені, за винятком заданих.

Поверхня $\varnothing 40h12^{(0}_{-0,250})$.

За формулами визначаємо параметри.

Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Глибина різання $t_0 = \frac{2z_i}{2}$.

Подачу S визначаю з таблиці.

Швидкість різання визначаю з таблиці в залежності від вибраних раніше параметрів та подачі S .

Кількість обертів $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}$.

З креслення визначаємо довжину поверхні, що обробляється.

$$\text{Основний технологічний час } T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}$$

Результати заносимо до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Параметри режимів обробки

$$\varnothing 40h12_{(-0,250)}^0 R_a = 3,2\text{мкм}$$

№	Режими обробки	$2Z_i$	t_0	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	i	T_0 , хв
1	Обточування напівчистове	4,4	2,2	0,2	205	1632	50	1	0,153

Аналогічно ведемо розрахунки для поверхні $\varnothing 30k6_{(+0,002)}^{+0,015}$.

Результати заносимо до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Параметри режимів обробки

$$\varnothing 30k6_{(+0,002)}^{+0,015} R_a = 1,25\text{мкм}$$

№	Режими обробки	$2Z_i$	t_0	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	i	T_0 , хв
1	Обробка чорнова	2	6	0,5	92	977	30	2	0,12
2	Обробка чистова	4	2	0,2	165	1752	30	1	0,086
3	Обточування тонке	1	0,5	0,13	209	2219	30	1	0,104

5.5 Вибір верстата

5.5.1 Швидкість різання

Швидкість різання V , м/с розраховується за формулами теорії різання або встановлюється за нормативами (таблицями). Зі збільшенням межі міцності (σ_s), твердості (НВ) матеріалу, що обробляється, швидкість різання необхідно зменшувати.

Швидкість різання можна визначати за таблицею в залежності від (σ_s), МПа, НВ, t , мм, S , мм/об, характеру обробки (зовнішнє подовжнє точіння, поперечне точіння і т. п.) і головного кута різання [$\varphi = 45^\circ, 90^\circ$].

Для визначення швидкості різання необхідно знати:

- 1) матеріал заготовки та його характеристики;
- 2) яка поверхня обробляється (зовнішня, внутрішня, точіння подовжнє і т.п.;
- 3) марку ріжучої частини різця;
- 4) глибину різання та подачу;
- 5) стан поверхні заготовки (наявність корки на поверхні заготовки);
- 6) спосіб обробки (одно інструментальна чи блоком різців);
- 7) наявність охолодження.

Так маємо:

- матеріал Сталь 45, $\sigma_s = 800$ МПа, НВ220...230;
- точіння зовнішнє, подовжнє, $t=6$ мм, $S=0,5$ мм/об.;
- різання з твердо-ставною пластиною, $\varphi = 90^\circ$.

За таблицею, де $800 \leq \sigma \leq 890$ МПа, $227 < \text{НВ} < 255$, t до 7мм. По рядку, починаючи з глибини різання t до 7 мм, рухаюся до подачі S до 0,54 мм/об. По стовпцю рухаюся вниз. По рядку зовнішнє подовжнє точіння, $\varphi = 90^\circ$ рухаюся до стовпця $S=0,54$ мм/об. На перетині отримую швидкість різання $V=116$ м/хв= $1,93$ м/с.

При визначенні швидкості різання найчастіше орієнтуються на економічну стійкість різального інструмента. За швидкістю різання визначають частоту обертання шпинделя (або число подвійних ходів стола, повзуна). Ці величини узгоджують з паспортними даними верстата і приймають найближчі менші.

Швидкість різання V , м/хв. при зовнішньому подовжньому і поперечному точінні і розточуванні визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = \frac{350}{0,06^{0,2} \cdot 6^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,937 \cdot 0,8 \cdot 0,35 = 157 \text{ м/хв}, \quad (5.11)$$

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						81
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де C_v – коефіцієнт швидкості; m, x, y – показники степені; T – стійкість різця, хв; S – подача, мм/об; K_{mv} – коефіцієнт, що ураховує вплив матеріалу заготовки на швидкість різання; K_{nv} – стан поверхні заготовки; K_{uv} – коефіцієнт, що ураховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання.

Для сталі K_{iv} визначається за формулою:

$$K_{mv} = K_a \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{800} \right)^1 = 0,937, \quad (5.12)$$

де K_a – коефіцієнт; n_v – показник степені; σ_s – межа міцності при розриві.

За значенням швидкості різання визначається швидкість обертання (об/хв.) шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 157}{3,14 \cdot 30} = 1667 \left[\frac{m}{xv \cdot mm} = \frac{об}{xv} \right], \quad (5.13)$$

де d – діаметр поверхні для якої визначено швидкість різання, мм.

5.5.2 Сила різання

Джерелом перешкод робочому руху леза різального інструменту є:

- опір матеріалу, що обробляється (пластичній деформації стружкоутворенню);
- опір пластично деформованих матеріалів (руйнацій в місцях утворення нових поверхонь);
- опір стружки, що зрізана (додатковій деформації згинання та руйнацій);
- сили тертя на лезі та інших поверхнях робочої частини різця.

Силу різання прийнято розкласти на складові. Сили в напрямку за осями координат верстата (тангенціальна P_z , радіальна P_y і осьова P_x). В технічній літературі під силою різання прийнято розуміти вертикальну (P_z , головну) складову і позначають її літерою P .

При зовнішньому, подовжньому і поперечному точінні сила різання визначається за формулою:

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

$$P = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (5.14)$$

де C_p – коефіцієнт різання; x, y, n – показники степені; t, S, V – відповідно глибина різання, подача, швидкість різання; K_{ip} – коефіцієнт, що ураховують вплив якості матеріалу, що обробляється на силові залежності; $K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструмента на силу різання.

Для конструкційної та легуючої сталі K_{mp} визначається за формулою:

$$K_{mp} = \left[\frac{\sigma_B}{750} \right]^n, \quad (5.15)$$

де n – показник степені. Для різців з швидкоріжучої сталі та різців з твердосплавною пластиною $n = 0,75$.

Для визначення сили різання необхідно знати:

- 1) матеріал заготовки та його характеристику;
- 2) яка поверхня обробляється (зовнішня, внутрішня, подовжня і т.п.);
- 3) глибину різання, подачу, швидкість різання;
- 4) марку матеріалу ріжучої частини різця;
- 5) геометричні параметри ріжучої частини інструмента.

Так маємо:

Обробляється поверхня $\varnothing 30k6$. Спосіб виготовлення заготовки – поковка на молотах.

- 1) Матеріал – Сталь 40, НВ 220...230, $\sigma_B = 800$ МПа.
- 2) Зовнішнє подовжнє точіння.
- 3) $t=6$ мм, $S=0,5$ мм/об, $V = 157$ м/хв.
- 4) Різець упорний з твердо ставною пластиною Т15К6.
- 5) Приймаю наступні геометричні параметри ріжучої частини різця:
 $\varphi = 90^\circ$ – головний кут ріжучої кромки;
 $\gamma = 10^\circ$ – передній кут ріжучої кромки;

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						83
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\lambda = 3^\circ$ – кут нахилу головної ріжучої кромки;

$r = 0,5$ мм – радіус при вершині (приймаю як для швидкоріжучої сталі).

На підставі цих даних за таблицями визначаються значення параметрів, що входять до формули визначення сили різання:

- зовнішнє подовжнє точіння $C_p = 300, x = 1,0 y = 0,75, n = -0,15$;

- $K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1,0; K_{\lambda p} = 1,0; K_{rp} = 0,87$;

- показник степені $n = 0,75$.

$$K_{mp} = \left(\frac{800}{750} \right)^{0,75} = 1,05; \quad (5.16)$$

$$P = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = \quad (5.17)$$
$$= 10 \cdot 300 \cdot 6^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 157^{-0,15} \cdot 1,05 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 4075,8 \text{ Н.}$$

5.5.3 Потужність різання

Режими різання на чорнових операціях повинні перевірятись за потужністю двигуна верстата або допустимих обертальних моментів.

Ефективна потужність різання

$$N_E = \frac{P \cdot V}{60} \left[\frac{H \cdot M}{XB} \rightarrow Bm \right], \quad (5.18)$$

де P – сила різання, Н; V – швидкість різання, м/хв.

Ця потужність задіяна безпосередньо в процесі різання. Потужність електродвигуна верстата визначається за формулою:

$$N_{e.d} = \frac{N_e}{\eta}, \quad (5.19)$$

де η – коефіцієнт корисної дії кінематичного ланцюга верстата $\eta = 0,8$.

На підставі попередніх прикладів маємо:

Сила різання $P = 4075,8$ Н; швидкість різання $V = 157$ м/хв.

$$N_e = \frac{4075,8 \cdot 157}{60} = 10665,01 \rightarrow 10665 \text{ Вт};$$

					ДІПТ. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

$$N_{e.o} = \frac{10665}{0,8} = 13331 \text{ Вт} \rightarrow 13,331 \text{ кВт}.$$

За потужністю електродвигуна підбираю верстат 16К2. $N=11 \text{ кВт}$. $n=\text{об/хв}$.

Якщо розрахована потужність двигуна перевищує потужність електродвигуна певного верстата, то необхідно змінити режими різання. Для цього припуск, на чорновій обробці, знімається за декілька робочих ходів. На чорновому технологічному переході робимо два робочих ходи ($i=2$).

5.6 Розрахунок сумарного часу на виготовлення деталі

Штучний час на виготовлення виробу:

$$T_{\text{шт}} = \sum T_o + \sum T_{\text{доп}} + \sum T_{\text{доп}} = 3,358 + 0,839 + 0,629 = 4,826 \text{ , хв.} \quad (5.20)$$

де T_o - основний час, $T_o = 0,8 \cdot T_{оп} \Rightarrow T_{оп} = \frac{T_o}{0,8}$; $\sum T_{\text{доп}}$ - допоміжний час,

$T_{\text{доп}} = 0,2 \cdot T_{оп} = 0,2 \cdot T_o$; $T_{\text{доп}}$ - додатковий час, $T_{\text{доп}} = 0,15 \cdot T_{оп} = 0,15 \cdot T_o$.

За результатами розрахунку технологічного процесу оформлені карти технологічного процесу механічної обробки (Додаток А).

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Дана кваліфікаційна робота стосується розробки секційного відвала з використанням традиційної та просторової ножової системи бульдозерного обладнання у тому числі з виступними ножами та бічними косинками, яка передбачає використання секційних ножів з можливістю їх переустановлення за потрібним технологічним процесом виконання робіт.

Виконано обґрунтування запропонованого технічного рішення з використанням відомих аналогів.

Підраховані сили, діючі на робоче обладнання при копанні ґрунту та при зустрічі робочого обладнання з перешкодами.

Проведений конструктивний розрахунок елементів робочого обладнання.

Наведені розрахункові схеми робочого обладнання.

Розроблений технологічний процес виготовлення вісі та прорахований приблизний час, необхідний для її виготовлення.

Проведений аналіз варіантів виконання ножової системи.

Дана розробка дозволить дослідити роботу секційного відвала в лабораторних умовах та напрацювати матеріали для виготовлення натурального зразка секційного відвала для бульдозерів на базі промислових тракторів, що дозволить суттєво збільшити ефективність використання бульдозера за рахунок обладнання його запропонованим секційним відвалом з ножовою системою нової конструкції.

В подальшому доцільно розглянути дану конструкцію з метою оптимізації її маси за рахунок вибору матеріалів.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
						86
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. А. С. 909053 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. А.Ю. Павлов, М.С. Рогач, В.П. Макшеев и др. Опубликовано 28.02.88.
2. А. С. 927916 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. О.И. Буковец, А.А.Сушко, В.Л. Лившиц и др. Опубликовано 15.05.82.
3. А. С. 927918 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. А.Н. Бутаков. Опубликовано 15.05.82.
4. А. С. 929791 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. Ю.П. Никифоров. Опубликовано 15.05.82.
5. А. С. 939672 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. Н.П. Безручко, Ю.А. Геллер, А.А. Киричек. и др. Опубликовано 30.06.82.
6. А. С. 1242590 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. Л.Г. Прпрян, Ш.М. Григорян А.А. Мелкоян и др. Опубликовано 23.01.85.
7. А. С. 973738 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Рабочий орган рыхлителя. В.И.Баловнев, Л.А.Хмара, С.В. Шатов. Опубликовано 16.11.82.
8. А. С. 964071 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. В.Д. Девяткин. Опубликовано 17.10.82.
9. А. С. 927916 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. С.М. Новак. Опубликовано 06.02.85.
10. А. С. 949089 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Динамический рыхлитель. В.Л. Баладинский, В.Н.Марич, А.А. Костенюк. Опубликовано 07.08.82.
11. А. С. 924282 СССР, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. А.Ю. Павлов, М.С.Рогач, В.П. Макшеев и др. Опубликовано 30.04.82.
12. А. С. 4853499/03 МГИ, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. В.В. Суриков, В.И.Поддубный, И.А. Хараск и др. Опубликовано 15.03.94.
13. А. С. 95109245/03 ТГНУ, МКИ Е 02 F 5/30. Рыхлитель. Е.А. Харац, В.Н.Чикинив. Опубликовано 27.07.97.

					ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

14. Методические указания по математическому моделированию на ЭВМ при выполнении курсового и дипломного проектов по навесному рыхлительному оборудованию / сост. Л.А. Хмара, С.В. Шатов, В.К. Тимошенко. – Днепропетровск: ДИСИ, 1990. – 58с.

15. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.1 – 8-е изд., перераб. и доп. Под. ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001 – 920с.: ил.

16. Расчет и проектирование деталей машин: [Учеб. пособие для техн. вузов]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Х.. Основа, 1991 – 276 с.

17. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1-5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 728 с., ил.

18. Г.П. Бермандинер, В.Н. Горбатов. Техника безопасности при производстве земляных работ. – М.: Высш. шк., 1957. – 32 с.

19. Добронравов С.С. Строительные машины и оборудование: Справочник для строит. спец. Вузов и инж.-тех.работников.-М.: Высш. шк., 1991.-456 с.: ил.

20. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. Пособие для машиностроит. спец. техникумов.-М.: Высш. шк., 1984.-336 с., ил.

21. Гальперин М.И., Домбровский Н.Г. «Строительные машины», Машиностроение, М.: 1966.

22. Секційний відвал снігоприбиральної машини. Режим доступу: [https://pack-trade.com/nproduct/otval_dlya_snega_5_ti_pozicionny_3sh_a_tom- /](https://pack-trade.com/nproduct/otval_dlya_snega_5_ti_pozicionny_3sh_a_tom-/)

23. Секційний відвал бульдозера. Режим доступу: https://www.machineseeker.com.ua/mss/%D0%B1%D1%83%D0%BB%D1%8C%D0%B4%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%B8?gclid=Cj0KCQiA90iPBhCOARIsAI0y71BV-Y0szEV3bxdZxKb_4XR-sMzX9An7eIgvGLsC4O0NzK_uXZUUQgoaAk4KEALw_wcB

24. Секційний відвал бульдозера. Режим доступу: https://www.machineseeker.com/main/search/index?searchWord=Caterpillar+D6K+LGP+Caterpillar+D6K+LGP&firstListingId=6208972&utm_source=criteo&utm_medium=display&utm_campaign=emea_buyer_desktop <https://buldozertop.ru/buldozer-caterpillar-d6n-lgp-tehnicheskie-harakteristiki.html#i-8>

						ДІП. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			88

25. Бульдозерний поворотний відвал. Особливості конструкції. Режим доступу: Режим доступу: <https://www.machineseker.com/caterpillar-dozer+blade+d6n+lgp/i-6704785>

26. Секційний відвал снігозбиральний: Режим доступу: <https://www.aebi-schmidt.com/ru/produktsiya/schmidt/snegouborochnye-otvaly/tellefsdal-u-ls/>

27. Снігозбиральний відвал VPL: Режим доступу: <https://www.aebi-schmidt.com/ru/produktsiya/schmidt/snegouborochnye-otvaly/tellefsdal-vpl/>

28. Відео секційні відвали для снігу. Режим доступу: <https://youtu.be/124kBY5MM88>

					ДІПТ. 630000. 301. КРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89