

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 щелепи і ножової системи з косим копанням ґрунту до неповоротного відвала бульдозера**

за освітньою програмою «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання»

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

Виконала: студентка групи: ПМ1811



(підпис студента)

/ Інеса ПЕРЕП'ЯТЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:



(підпис)

/ Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:



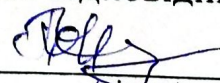
(підпис)

/ Олександр ПОСМІТЮХА

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент



(підпис)

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:

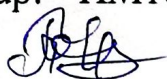
Development of the jaw and knife system with oblique digging of the soil to the non-rotating blade of the bulldozer

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: IIM1811



/ Inessa PEREPYATENKO /
(name, surname)

Scientific Supervisor:



/ Kazimir HLAVATSKYI /
(position, name, surname)

Normative controller :



/ Oleksandr POSMITIUKHA /
(position, name, surname)

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 the jaw and knife system with oblique digging of the soil to the
non-rotating blade of the bulldozer**

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 / Inessa PEREPYATENKO /
(name, surname)

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

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

Dnipro – 2022

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)

студентці Переп'ятенко Інесі Василівні

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: **Розробка щелепи і ножової системи з косим копанням ґрунту до 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 Т-170; тип бульдозера – гусеничний; тяговий клас – 10 тс; тип бульдозерного відвала – неповоротний; ширина відвала – 3200 мм; тип ножової системи – просторова комбінована.

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

4.1 Аналітична частина: огляд і аналіз існуючих технічних рішень бульдозерів.

4.2 Основна частина: проектний розрахунок щелепи і просторової ножової системи.

4.3 Науково-дослідна частина: обґрунтування раціональних параметрів бульдозера і щелепи.

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

Загальний вигляд бульдозера; складальне креслення щелепи; складальне креслення робочого обладнання; результати науково-дослідної частини; розрахункові схеми;

Деталювання; гідравлічна схема; технологія робіт; інші графічні матеріали 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	Огляд і аналіз існуючих технічних рішень бульдозерів	06.03.2022	
2	Проектний розрахунок щелепи і просторової ножової системи	24.04.2022	
3	Обґрунтування раціональних параметрів бульдозера і щелепи	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 Експертно-оцінювальної комісії	21.06.2022	

Студентка

(підпис)

Інеса ПЕРЕП'ЯТЕНКО

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В записці всього 75 сторінок

Найменування роботи: Розробка щелепи і ножової системи з косим копанням ґрунту до неповоротного відвала бульдозера.

Ілюстрації: схем 17; рисунків 6;

графіків -; фотографій -;

таблиць 1.

Ключові слова: бульдозер, відвал, ножова система, ніж, схема, робоче обладнання, трактор, параметри, режим, розрахунок.

Текст реферату:

Метою роботи є скорочення часу робочого циклу бульдозера і, відповідно, збільшення його продуктивності, а також розширення технологічних можливостей бульдозера за рахунок запропонованої конструкції робочого обладнання з косим копанням за рахунок застосування просторової ножової системи.

На основі огляду і аналізу технічних рішень аналогів запропонована нова конструкція робочого обладнання бульдозера. Результатом огляду аналогічних рішень є запропонована конструкція робочого обладнання бульдозера із загальним описом її структури і можливостей. Виконаний розрахунок параметрів робочого обладнання і бульдозера в цілому, приведена область ефективного використання, розроблений ряд збірних і робочих креслень елементів обладнання. Враховані заходи технологічного і технічного характеру.

ЗМІСТ

ВСТУП	- 6
1 ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	- 7
1.1 Призначення і класифікація бульдозерів	- 7
1.2 Операції, виконувані бульдозером	- 13
1.3 Основні схеми виконання робіт бульдозерами	- 21
1.4 Установка і налагодження робочих органів бульдозерів	- 23
1.5 Розрахунки параметрів бульдозера	- 24
1.6 Продуктивність бульдозера	- 26
1.7 Висновки за розділом	- 28
2 СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БУЛЬДОЗЕРА	- 29
2.1 Розрахунок діючих на бульдозер сил	- 29
2.2 Статичний розрахунок бульдозера	- 32
2.3 Визначення навантажень на обладнання бульдозера	- 36
2.4 Розрахунок гідроциліндра	- 40
2.5 Висновки за розділом	- 41
3 КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК БУЛЬДОЗЕРА	- 42
3.1 Розрахунок вісей шарнірів бульдозерного обладнання	- 42
3.2 Розрахунок ножа	- 44
3.3 Висновки за розділом	- 46
4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ НОЖА	- 47
4.1 Призначення і вибір заготовки для ножа	- 47
4.2 Проектування маршруту виготовлення і відповідного устаткування	- 47
4.3 Розрахунок режимів обробки і норм часу	- 49
4.4 Висновки за розділом	- 57

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Переп'ятенко			Розробка щелепи і ножової системи з косим копанням ґрунту до неповоротного відвала бульдозера	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Главацький					4	75
Реценз.						УДУНТ, гр. ПМ1811		
Н. Контр.		Посмітюха						
Затверд.		Ракша						

5 ТЕХНОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ БУЛЬДОЗЕРА	- 58
5.1 Раціональні схеми роботи бульдозерів	- 58
5.2 Робота бульдозерів з відвалом	- 61
5.3 Робочий цикл бульдозера	- 63
5.4 Висновки за розділом	- 69
6 ГІДРОПРИВОД БУЛЬДОЗЕРА	- 70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	- 73
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	- 74

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Бульдозер – це землерийно-транспортна машина, яка, завдяки тяговому зусиллю, пошарово відокремлює ґрунт від масиву і транспортує його до місця укладання (відсипання) у процесі власного переміщення.

За режимом роботи бульдозери відносяться до землерийно-транспортних машин (ЗТМ) циклічної дії. За конструкцією робочого обладнання бульдозери мають відвальний робочий орган, оснащений в його передній частині ножовою системою. Робочий процес бульдозера складається з операцій відокремлення ґрунту від масиву (копання), його транспортування до місця укладання (відсипання), розвантаження і повернення машини на вихідну позицію. Ґрунт відокремлюється від масиву ножовою системою завдяки тяговому зусиллю тягача. Залежно від виду робочого обладнання відокремлений ґрунт накопичується перед відвалом, яким транспортується до місця відсипання.

Швидкості пересування бульдозера вибирають залежно від опорів, які потрібно подолати. Під час копання швидкість машини мінімальна, в разі розроблення міцних ґрунтів вона менша, слабких — більша. Під час транспортування ґрунту опори пересуванню бульдозера нижчі, ніж у разі копання, тому в транспортному режимі швидкість пересування машини збільшується. Ще більшою вона буде у разі повернення машини на вихідну позицію внаслідок зниження опорів пересуванню розвантаженої машини. Здебільшого ЗТМ переміщуються переднім ходом. Деякі види робіт залежно від місцевих умов виконують за човниковою схемою з поверненням машини на вихідну позицію заднім ходом, наприклад під час засипання траншей і котлованів бульдозером, планувальних робіт на незначних за довжиною ділянках.

Бульдозери призначені для пошарової розробки порід I — IV категорій без попереднього розпушення і переміщення на відстань до 50...150 м. Скельні породи можна пошарово розробляти ними після попереднього розпушення. Бульдозери-штовхачі застосовують для спільної роботи зі скреперами та іншими землерийними машинами.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Призначення і класифікація бульдозерів

Бульдозером називають самохідну землерийну машину, що являє собою гусеничний або колісний трактор, тягач із навішеним, за допомогою рами або брусів, робочим органом – відвалом криволінійного профілю, розміщеним поза базою ходової частини.

Найчастіше відвал розміщають спереду, криволінійною відвальною поверхнею убік від базової машини, габарит якої по ширині він повністю перекриває. Навісне бульдозерне устаткування складається з відвалу з ножами; рами, що штохває, з підкосами, до яких кріпиться відвал; привода, що забезпечує підйом і опускання відвалу під час роботи, а в окремих моделях бульдозерів також і зміну положення відвалу в плані.

Бульдозери служать для пошарового копання, планування і переміщення на відстань до 60...150 метрів ґрунтів, корисних копалин, рудних, будівельних і інших матеріалів при будівництві і ремонті доріг, каналів, дамб, котлованів і інших споруджень.

Залежно від потужності і конструкції бульдозери можуть працювати на різних ґрунтах: болотистих, піщаних, розбірних, розпушенні порід і руд. Економічно вигідна дальність переміщення ґрунту бульдозером залежить від класу базового трактора, виду і міцності ґрунту та експлуатаційних умов. Звичайно вона не перевищує 60 метрів.

При можливості перекошу відвалу і достатньому тяговому зусиллі бульдозерами з неповоротним відвалом можна розробляти до 70% усіх видів ґрунтів, включаючи мерзлі і гірські породи, для яких звичайно потрібне попереднє розпушування. Бульдозери з поворотним відвалом мають обмежену область застосування. Їх в основному використовують для нарізки терас на косогорах, засипання траншей поперечними ходами і прокладки піонерних доріг. При цьому повернений у плані відвал дає деякі переваги. Положення центру тиску базових тракторів не дозволяє використовувати відвал, повернений у плані на кут менш 60° від по-

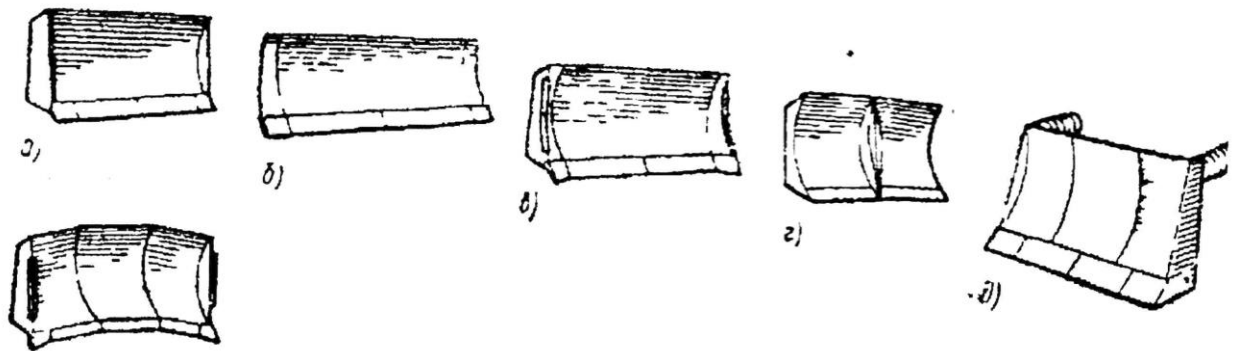
					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

довжньої осі. У зв'язку із цим безперервний схід ґрунту убік не забезпечується і тому робота безперервними подовжніми проходами неефективна. До 90...95% часу такі бульдозери працюють із прямою установкою відвалу.

Бульдозери класифікують по призначенню, номінальним тяговим зусиллям і різним конструктивним ознакам.

По призначенню розрізняють бульдозери загального призначення й спеціальні.

Бульдозери загального призначення виконують копання і розробку ґрунтів, порід і матеріалів у середніх ґрунтових (супіщані, суглинні і глинисті ґрунти, тріщинуваті сланці, легкі вапняки і т.п.) і помірних кліматичних умовах з температурою навколишнього середовища від -40 до $+40^{\circ}\text{C}$. Найчастіше їх постачають неповоротним у горизонтальній площині відвалом. Поворотним відвалом обладнають найчастіше легкі і малогабаритні трактори.



а — неповоротний; б — поворотний; в — напівсферичний; г — універсальний (шляхопрокладальний); д — з амортизаторами (для штовхання скреперів);
е — сферичний;

Рис. 1.1. Схеми основних типів відвалів бульдозерів

Спеціальні бульдозери призначені для виконання таких робіт, як прокладка шляхів і піонерних доріг, згрібання торфу, вирівнювання кавальєрів, підземна або підводна розробка ґрунтів, розробка легких матеріалів типу вугілля і ін., а також для роботи в особливих кліматичних і експлуатаційних умовах (при низьких негативних температурах до -60°C , тропічної вологості і температурі до $+60^{\circ}\text{C}$, у сухому і жаркому кліматі пустель, у небезпечних і загазованих місцях, на ґрунтах зі зниженою несучою здатністю і т.д.). На спеціальних бульдозерах використовую-

ють відвали різних типів, що відповідають їхньому призначенню. Деякі відвали дозволяють економічно вигідно працювати при дальності переміщення більш 100 метрів.

По номінальному тяговому зусиллю бульдозери і розпушувачі підрозділяють на надважкі – з номінальним тяговим зусиллям більш 300 кН, важкі – 200–300 кН, середні – 135-200 кН, легкі – 25–135 кН і дуже легкі – менш 25 кН. Номінальне тягове зусилля залежить від маси базового трактора. По конструктивних ознаках бульдозери класифікують по типу ходової частини, робочих органів, рам і керуванню. По ходовій частині розрізняють бульдозери гусеничні і колісні. Останні застосовують рідко.

По типу робочого органа (рис. 1.1) розрізняють бульдозери:

- з неповоротним відвалом (звичайно їх називають просто бульдозерами або бульдозерами із прямим відвалом), який установлений перпендикулярно подовжньої осі машини і не може повертатися в плані;
- з неповоротним напівсферичним відвалом, бічні частини якого встановлені під невеликим кутом до лобової поверхні;
- з неповоротним сферичним відвалом, що полягають із трьох приблизно рівних частин, установлених одна до іншої під кутом 15° ;
- з поворотним відвалом, установленим у горизонтальній площині під кутом в обидва боки від подовжньої осі машини або перпендикулярно до неї;
- універсальні (або шляхопрокладальники) із шарнірно зчленованим відвалом із двох половин, які окремо або разом можна встановлювати в горизонтальній площині під кутом до подовжньої осі машини або перпендикулярно до неї.

Існують також відвали інших типів, використовувані для специфічних робіт, але вони поширені значно менше. Наприклад, відомі відвали із щелепним гідрокерованим захватом для переміщення сипучих матеріалів на більші відстані під водою; із двома відвальними поверхнями для роботи переднім і заднім ходом; з відвальною поверхнею убік машини для роботи від стінки; що перевертаються для роботи від себе і на себе; із вбудованими по краях гідрокерованими зубами

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

для роботи в лісових і інших тяжких умовах; з відбійним брусом зверху, колуном і загостреним ножем для розчищення місцевості від дерев і чагарнику; з подовженою відвальною поверхнею для переміщення вугілля і інших сипучих матеріалів. Бульдозери на базі двох з'єднаних між собою важільною системою гусеничні тракторів з одним загальним відвалом не одержали поширення внаслідок малої прохідності і недостатніх універсальності й маневреності.

По типу рами розрізняють бульдозери з охоплюючою і внутрішньою рамою. Внутрішню раму використовують для бульдозерів-штовхачів, твердість яких повинна бути підвищеною.

По типу механізму керування розрізняють бульдозери з гідравлічним і канатно-блоковим керуванням (рис. 1.2). Керування останнього типу в цей час майже не використовують. Автоматизоване керування бульдозерами застосовують в основному на планувальних роботах.

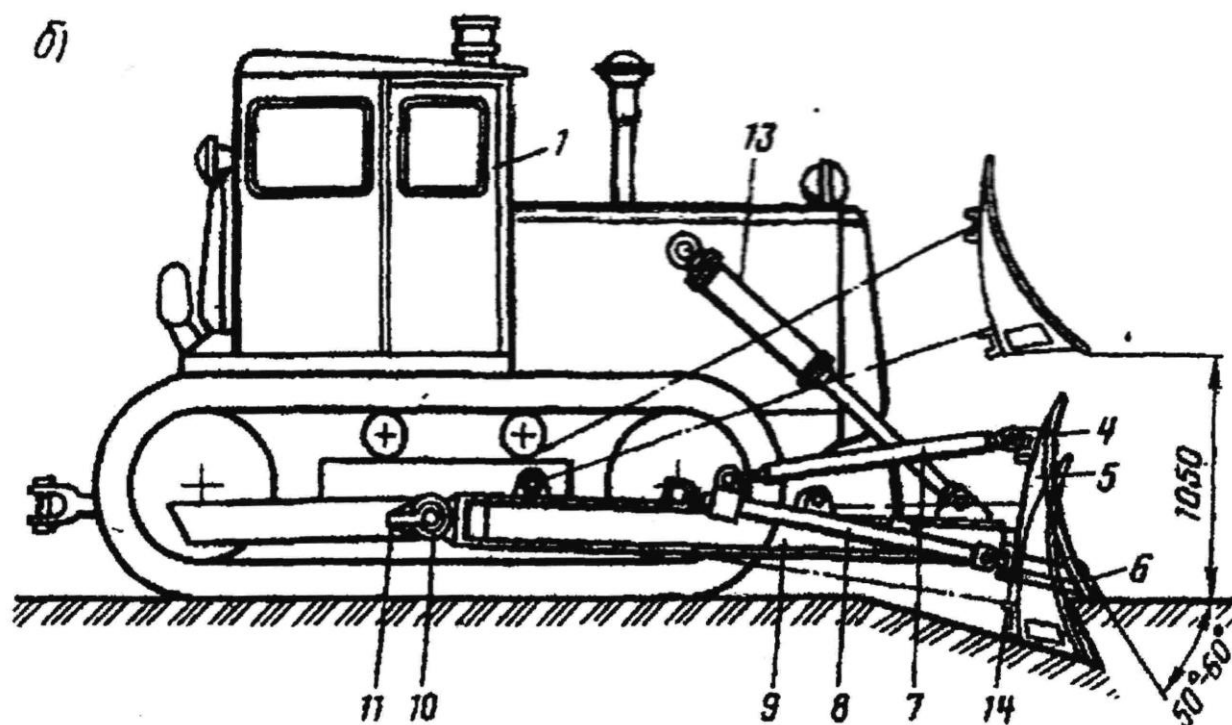


Рис. 1.2. Бульдозер з гідравлічним приводом

З метою розширення області застосування бульдозери постачають додатковим швидкоз'ємним устаткуванням: розпушувальними зубами, укісниками, відкрilками, розширювачами, подовжувачами, канавними наставками, лижами,

вилами і т.д. У певних умовах найбільш ефективні відкрilки, подовжувачі, розширювачі.

Область застосування бульдозерів може характеризуватися відношенням тягового зусилля до довжини ріжучої кромки і можливого (по перекиданню) вертикального зусилля до опорного майданчика ножів. Використання гiдравлічно керованого з кабіни механізму перекоосу забезпечує підвищення цих показників.

Найбільш широкую область застосування мають бульдозери з неповоротним відвалом напівсферичного типу, які забезпечують високі питомі показники по тязі і заглибленню при роботах на високоміцних ґрунтах. Внаслідок більших навантажень на передні котки ходової частини трактора і зниження річної експлуатаційної продуктивності обмежене застосування бульдозерів зі сферичним відвалом.

Відмінною рисою бульдозерів є незмінне або змінюване положення їх робочих органів.

Відвал бульдозера, як робочий орган, може бути повернутий у плані (вправо або вліво) на кут до 35° у кожену сторону.

Робоче устаткування бульдозера – відвал (робочий орган), що навішується попереду базового трактора і керований за допомогою гiдравлічної системи, що полягає з декількох насосів, трубопроводів і виконавчих гiдроциліндрів.

До бульдозерного устаткування відносяться: відвал, як основне робоче устаткування; штовхаючі пристрої (рама); система керування відвалом.

Відвал являє собою зварену конструкцію, що складається з лобового аркуша криволінійного обрису, козирка, нижньої і верхньої коробок твердості, вертикальних ребер жорсткості і бічних стінок. У бульдозерів з поворотним відвалом (рис. 1.3) тильна частина відвалів у середній їхній частині має кульове гніздо для з'єднання відвалу з рамою, що штовхає, має кульову п'яту.

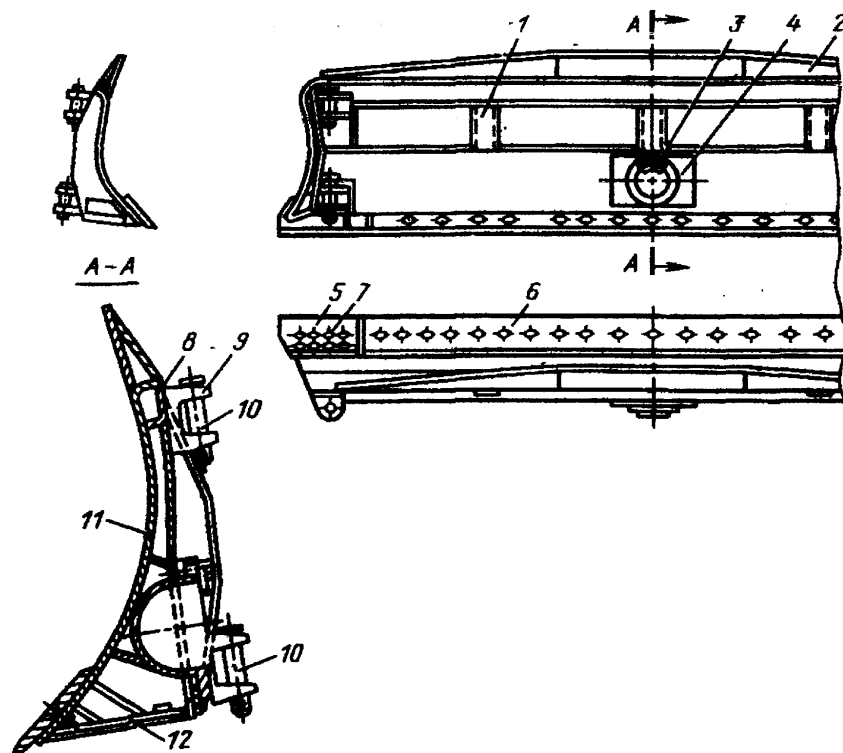
Лобовий лист зварений із двох подовжніх частин, одна, нижня, має плоский обрис, інша, верхня – криволінійний обрис.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Торці відвалів у більшості бульдозерів закриті бічними щокми, до яких приварені вертикальні ножі. На щокмах передбачені отвори для кріплення розширювачів відвалу. У більшості випадків верхня частина відвалів забезпечується козирком, що перешкоджають втраті переміщуваного ґрунту через відвал.

Нижня зварена коробка, до якої кріпиться нижня зварена частина відвалу, у поперечному перерізі має вигляд тригранної призми. Верхня коробка також зварена, до якої кріпиться верхня частина відвалу, являє собою балку квадратного перетину.

З'єднання відвалу зі штовхаючою рамою здійснюється за допомогою кульового гнізда, кульової п'яти і запірної пластини.



- 1 – вертикальний зв'язок; 2 – козирок; 3 – кришка; 4 – гніздо; 5, 7 – крайні ножі;
 6 – середній ніж; 8 – уголок верхньої коробки жорсткості; 9 – проушина;
 10 – пальці кріплення розкоса і штовхача; 11 – лобовий лист; 12 – нижня коробка жорсткості;

Рис. 1.3. Відвал бульдозера

Штовхаючий пристрій для бульдозерів з поворотним відвалом являє собою найчастіше універсальну раму підковоподібної форми, що складається із двох однакових зварених з середини половин, але використовуються також рами, що складаються із двох штовхаючих брусів коробчастого перетину, і двох похилих

брусів коробчастого перетину. У з'єднанні половин рами попереду уварена кульова п'ята, а із протилежної сторони (усередині рами) приварена розп'ярна пластина, що забезпечує додаткову твердість рамі. На верхній полиці кожної напіврамы приварені по три опорні кронштейни з вушками; призначені для кріплення штовхачів, що забезпечує можливість установки відвалу в плані (в одну або іншу сторону) під різними кутами. На універсальній рамі по обидві сторони від кульової п'яти приварено два кронштейни для кріплення до них штоків гідроциліндрів підйому-опускання відвалу.

До нижнього листа відвалу болтами з потайними головками кріпляться ножі – один середній і два бічні. Ножі мають двостороннє заточення, головним чином бічні, для того, щоб при затупленні їх можна було переставляти.

1.2 Операції, виконувані бульдозером

Перед тим, як приступити до роботи, машиніст бульдозера разом із бригадиром або прорабом ділянки повинен ознайомитися з рельєфом місцевості, станом і особливістю ґрунтів, обсягами майбутніх робіт, а також з технічною документацією про можливу наявність підземних комунікацій (кабелів, трубопроводів і ін.). Усе це необхідно щоб щонайкраще використовувати наявні ухили місцевості і вибрати найбільш продуктивні і економічні способи роботи в даних умовах.

При виконанні земляних робіт бульдозерами можуть виконуватися наступні операції: зарізання і набір ґрунту перед відвалом бульдозера, переміщення ґрунту, розвантаження і укладання ґрунту, холостий хід і повернення до місця зарізання. Перераховані операції становлять повний цикл роботи цього типу машин.

Розробка ґрунту бульдозером починається з операцій зарізання і набору ґрунту. Для ефективної роботи бульдозера тягове зусилля трактора, на якому змонтовано бульдозерне устаткування, повинне бути змінним, близьким до максимального, яке спочатку витрачається на зарізання і зняття стружки, а потім на переміщення призми волочіння ґрунту відвалом. Починати зарізання слід при максимальному заглибленні відвалу h , зменшуючи це заглиблення в міру утвору пе-

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

ред відвалом достатньої кількості ґрунту. Стружка зарізання при цьому одержує форму клина (рис. 1.4, а).

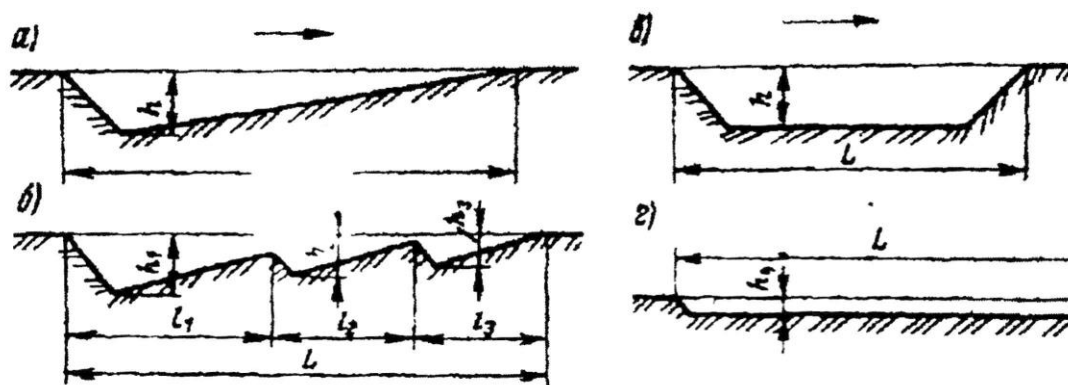


Рис. 1.4. Форми стружок ґрунту, що зрізаються бульдозером при роботі в різних умовах (стрілкою показано напрямок руху бульдозера)

При розробці важкого ґрунту опору різанню можуть бути настільки значними, що через зниження числа обертів двигуна трактора буде потрібно виглиблення відвалу навіть при недостатньому наборі ґрунту перед ним. У цьому випадку слід повторити заглиблення відвалу, як тільки двигун трактора набере нормальні оберти, причому повторення може бути багаторазовим. Стружка зарізання при цьому буде мати гребеневу форму (див. рис. 1.4, б). При гребеневому зарізанні трикратного заглиблення для середніх ґрунтів і середніх класів по тяговому зусиллю базових тракторів рекомендуються наступні розміри стружок:

$$h = 25 \dots 20 \text{ см} \dots \dots \dots l_1 = 3,0 \dots 3,5 \text{ м};$$

$$h = 20 \dots 12 \text{ см} \dots \dots \dots l_2 = 2,0 \dots 2,5 \text{ м};$$

$$h = 12 \dots 10 \text{ см} \dots \dots \dots l_3 = 1,5 \dots 2,0 \text{ м}.$$

Для бульдозерів з базовими тракторами інших класів по тягових зусиллях (менших або більших) розміри стружок ґрунту, що знімаються, відповідно будуть меншими або більшими.

Для легких ґрунтів, коли тягові зусилля трактора, як правило, недовикористовуються, ґрунт розробляється при постійній максимальній глибині стружки h . Стружка зарізання при цьому виходить стрірковою (див. рис. 1.4, г). Довжина ділянки зарізання L і час набору ґрунту перед відвалом будуть мінімальними. Стрічкове зарізання застосовується, коли заглиблення за умовами виробництва

потрібно відносно невеликим, наприклад, при знятті рослинного шару. Заглиблення відвалу в цьому випадку не перевищує 10...15 см (див. рис. 1.4, г). Для розробки ґрунту такий спосіб зарізання не рекомендується.

Найбільш продуктивним є зарізання з утвором стружки клиноподібної форми. Однак цей спосіб у ряді випадків не може бути застосований. Так, у твердих і пересохлих ґрунтах, особливо коли бульдозер обладнаний канатно-блоковою системою керування, ніж відвалу часто не поринає в ґрунт на необхідну глибину. У цих випадках різання слід виконувати по гребеневій схемі.

Коли дозволяє рельєф місцевості, розробляти ґрунти бульдозерами слід під ухил, тому що це значно підвищує їх продуктивність. При роботі під ухил збільшується сила тяги машини, зменшується опір переміщенню ґрунту і збільшується його обсяг перед відвалом. При розробці ґрунту на підйом спостерігається зворотне явище – сила ваги машини і переміщуваного ґрунту значно знижує силу тяги трактора, відповідно обсяг переміщуваного відвалом ґрунту різко зменшується.

Збільшення продуктивності бульдозерів при роботі під ухил у порівнянні з роботою на горизонтальній ділянці характеризується наступними середніми показниками:

на горизонтальних ділянках	- 100%;
ділянках з ухилом 10%	- 150...200%;
20%	- до 250%;
ділянках з підйомом 10%	- 60...70%.

Збільшення тягового зусилля при роботі під ухил дозволяє вести зарізання ґрунту могутнішою стрічковою або клиновою стружкою при трохи меншій швидкості, у результаті чого шлях і час зарізання і набору ґрунту скорочуються, а продуктивність збільшується. При роботі під ухил найбільше часто застосовують пряме зарізання з одержанням стружки стрічкової форми, при якій первісна максимальна товщина стружки може бути витримана на всьому шляху набору ґрунту. Це забезпечується тим, що в результаті збільшення, що розвивається трактором бульдозера тягового зусилля і зменшення опору ґрунту при пе-

реміщенні його під ухил, обсяг ґрунту перед відвалом збільшується не менш чим на 50 %. Бульдозер може працювати на ділянках з ухилом до 30°, рухаючись при зарізанні ґрунту зверху вниз і піднімаючись догори заднім ходом, без повороту, особливо на коротких ділянках.

На операції по зарізанню і набору ґрунту при роботі бульдозером у середньому витрачається 12...18 с. При розробці ґрунтів, що найбільше часто зустрічаються (II – III груп), рекомендується східчастий спосіб зарізання з одержанням відокремлюваних від масиву ґрунту стружок (шарів) гребеневої форми. Для підвищення продуктивності бульдозера при зарізанні і наборі ґрунту машиніст повинен прагнути до використання всієї довжини ножа.

Операції по переміщенню ґрунту до місця укладання починають відразу ж по закінченню набору його перед відвалом, причому виконують на II і III передачах базової машини. При переміщенні ґрунт обсипається по краях відвалу, внаслідок чого виходять значні втрати. Щоб уникнути втрат і з метою підвищення продуктивності бульдозера, ґрунт переміщають двома способами – по траншеї в ґрунті (рис. 1.5, а) і по траншеї, утвореній з валів ґрунту, що обсипався під час попередніх проходів бульдозера (див. рис. 1.5, б).

Для одержання траншей у ґрунті зарізання виконують бульдозером по тому самому сліду кілька раз. У результаті виходить траншея глибиною 30...60 см з валиками з боків до 20...30 см. Обсяг ґрунту, переміщуваного по траншеї за один прохід бульдозера, збільшується в середньому на 20%. Коли траншею в ґрунті з певних причин одержати неможливо (розробка піщаних, супіщаних, насипних ґрунтів), ґрунт переміщають по тому самому сліду кілька раз, у результаті чого з відвалу ґрунту, що обсипається по краях, утворюються валики, між якими виходить траншея. Висота валиків при цьому може досягати 30...60 см, що надалі при розробці і переміщенні ґрунту майже повністю виключає його втрати. Для того, щоб забезпечити постійний обсяг ґрунту перед відвалом при переміщенні ґрунту без траншеї; доцільно невелике заглиблення відвалу – на 1...2 см. Обсяг земляних

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

робіт, виконуваний бульдозерами траншейним способом, досягає 60% від усього обсягу виконуваного цими машинами.

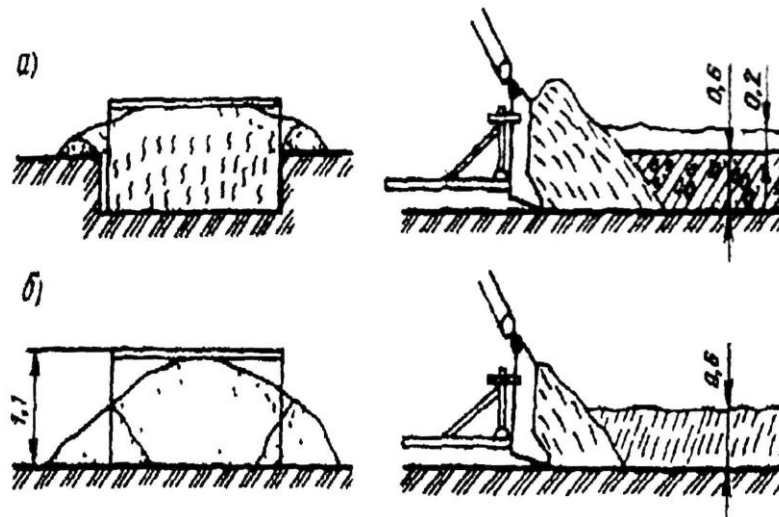


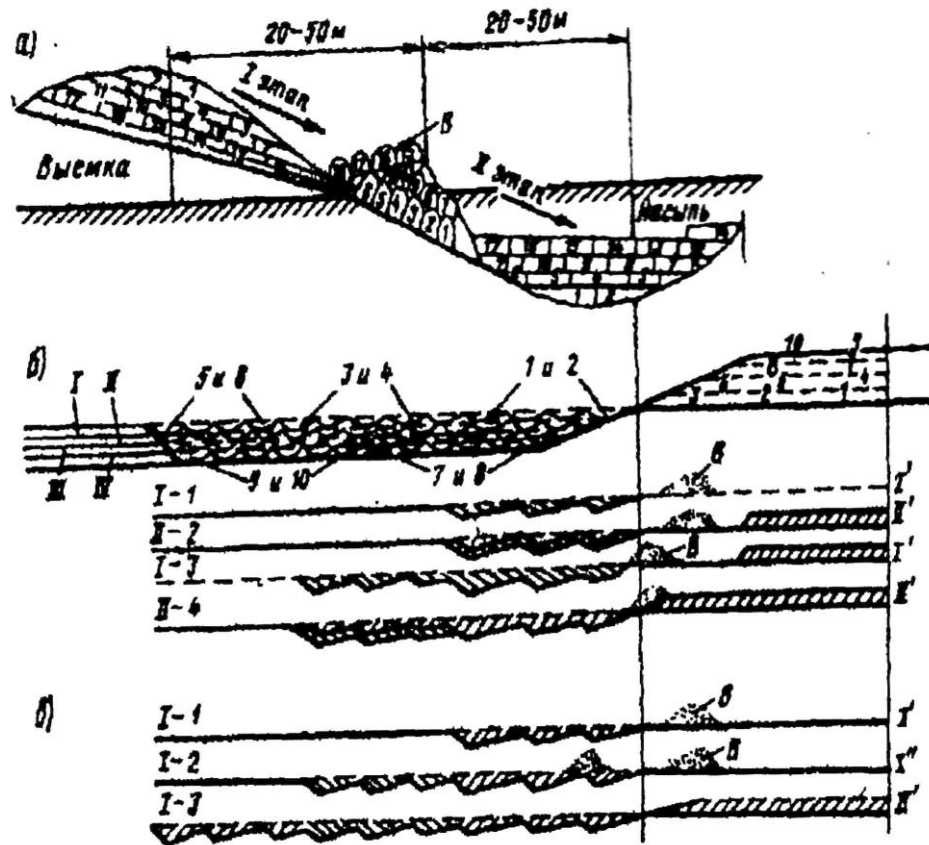
Рис. 1.5. Схеми переміщення ґрунту бульдозером і траншеями

Для зменшення втрат ґрунту відвал бульдозера часто обладнають відкрилками, які дозволяють значно збільшити обсяг ґрунту, переміщуваного перед відвалом за один цикл, а це дає можливість приблизно в 1,25...1,5 рази підвищити продуктивність бульдозера. Застосування козирків виключає можливість пересипання ґрунту через верх відвалу. До недоліків бульдозерів, відвали яких обладнані відкрилками і іншими розширювачами, відноситься зменшення їх маневреності. Тому такі бульдозери доцільно застосовувати при роботі в необмежених умовах і переважно на планувальних роботах. З метою збільшення продуктивності бульдозерів при переміщенні ґрунту нерідко застосовують роботу двох спарених бульдозерів. Цей спосіб вимагає більш високої кваліфікації машиністів, тому що робота двома спареними бульдозерами повинна бути більш злагодженою і погодженою.

Для спареної роботи бульдозери встановлюють поруч із інтервалом між внутрішніми щокми відвалів 0,25...0,5 м залежно від характеру переміщуваного ґрунту. Для ґрунтів I-II категорій інтервал не повинен бути більше 25 см, а для ґрунтів III-IV категорій, тобто зв'язкових, грудкуватих, цей інтервал може бути збільшено до 0,5 м. Ширина переміщуваного вала ґрунту при спареній роботі бульдозерів досягає 6,0...7,0 м, а втрати ґрунту в шляху зменшуються вдвічі, тому що ґрунт губиться тільки із зовнішнього краю кожного з відвалів. Обсяг ґрунту,

переміщуваний спареними відвалами, на 15...20% більше обсягу ґрунту, переміщеного за одне приймання двома бульдозерами, що працюють окремо.

Застосовують також спосіб переміщення ґрунту у два етапи, що забезпечує збільшення продуктивності до 10%. При цьому способі розроблювальний ґрунт спочатку переміщують до половини шляху і залишають у купі – I етап. У міру нагромадження ґрунту в купі (до 100...200 м³) бульдозер переміщає його до місця укладання – II етап (рис. 1.6, а).



а – переміщення в два етапи; б – переміщення з одним проміжним валом;
 в – переміщення з двома проміжними валами; В – проміжний вал; 1-17 – порядок зарізання і укладки ґрунту в насип; I-IV – порядок розробки шарів ґрунту;
 I-1 – 1 шар, перше зарізання; I-2 – 1 шар, друге зарізання; I-3 – 1 шар, третє зарізання; II-2 – II шар, друге зарізання; II-4 – II шар, четверте зарізання; I^I і I^{II} – переміщення, ґрунт залишений в проміжному валу; 2' – переміщення, ґрунт укладений в насип;

Рис. 1.6. Схеми переміщення ґрунту бульдозерами в декілька етапів

Цей спосіб розробки забезпечує менші втрати ґрунту при копанні і транспортуванні та більш високу продуктивність бульдозера в порівнянні з розробкою і переміщенням ґрунту в один етап.

Такої ж ефективності можна добитися, застосовуючи спосіб переміщення ґрунту з одним або двома проміжними валами. Переміщення ґрунту з одним проміжним валом (див. рис. 1.6, б) полягає в тому, що машиніст, розробляючи котлован або кар'єр траншейним способом, переміщає ґрунт при першому зарізанні тільки на 1/2 або 1/3 частину шляху. При другому зарізанні набраний перед відвалом ґрунт переміщається до місця укладання, при цьому по шляху захоплюється також ґрунт, залишений від попереднього зарізання. У такий же майже послідовності переміщають ґрунт із двома проміжними валами (див. рис. 1.6, в) з тою лише різницею, що машиніст перший набір ґрунту перед відвалом переміщає на 3/4 шляху до місця укладання, а другий набір – на 1/2 шляху; потім при третьому наборі ґрунту і переміщенні його до місця укладання машиніст захоплює відвалом бульдозера також ґрунт, залишений за перші два проходи.

Операції по укладанню переміщуваного ґрунту можуть виконуватися різними способами. Найпоширеніші спосіб пошарового розміщення (рис. 1.7, а, б) і нагромадження окремими купами з наступним плануванням (див. рис. 1.7, в, г, д).

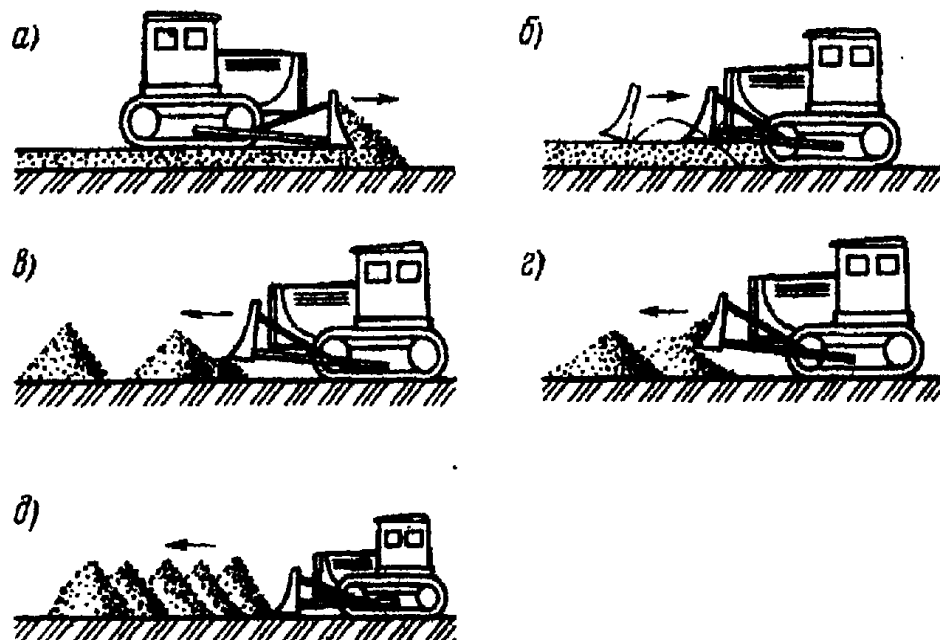


Рис. 1.7. Основні схеми укладки ґрунту бульдозерами

При укладанні ґрунту відвал бульдозера під час руху піднімають на висоту 15...20 см, і ґрунт відсипається рівним шаром. При цьому покладений ґрунт попе-

редньо ущільнюється гусеницями трактора і надалі остаточно ущільнюється котками або трамбуючими машинами. Цей спосіб називається укладанням шаром «від себе» (див. рис. 1.7, а).

При іншому способі пошарового укладання – укладанню шаром «на себе» (див. рис. 1.7, б) машиніст, доставивши ґрунт до місця укладання і не зупиняючи бульдозера, швидко піднімає відвал і на 1,0...1,5 м просувається вперед, після чого зупиняє машину, опускає на ґрунт відвал, перемикає задню швидкість і, рухаючись заднім ходом, тильною стороною відвалу розрівнює доставлений ґрунт.

Застосовується спосіб укладання ґрунту купами – окремими, напівпритискання і в притискання. При укладанні ґрунту окремими купами їх доставляють до місця укладання і відсипають на такій відстані, щоб подошви їх укосів торкались один одного (див. рис. 1.7, в). При укладанні ґрунту в напівпритискання другу і наступні купи при відсипанні насувають на раніше відсипані так, що відстань між вершинами куп приблизно рівно їх висоті (див. рис. 1.7, г). При укладанні ґрунту в притискання відстань між вершинами куп, що відсипаються, повинна бути 0,5...0,75 їх висоти (див. рис. 1.7, д).

При укладанні ґрунту окремими купами висота їх рівна приблизно 0,6...0,7 м, після розрівнювання (планування) виходить шар товщиною близько 0,25-0,30 м. При укладанні ґрунту в притискання висота куп рівна 0,7...0,9 м, після їхнього розрівнювання виходить шар товщиною 0,4...0,6 м. При укладанні ґрунту в притиск, висота куп досягає 1,0...1,2 м, після їхнього розрівнювання виходить шар до 0,6...0,8 м.

Після завершення операції по звільненню відвалу від ґрунту машиніст повертає бульдозер у вихідне положення – виконує холостий хід. Залежно від дальності переміщення ґрунту машина вертається у вихідне положення заднім ходом (без розвороту машини) або переднім ходом (з розворотом машини). При переміщенні ґрунту більш ніж на 50 м і широкому фронті робіт, коли є можливість вільного розвороту машини в місці укладання і у місці зарізання ґрунту, холостий хід бульдозера виконують переднім ходом на IV-V передачах. При переміщеннях

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

грунту менш чим на 50 м холостий хід бульдозера виконують заднім ходом на III-IV передачах.

1.3 Основні схеми виконання робіт бульдозерами

До основних схем виконання робіт бульдозерами відносяться пряма і бічна розробки ґрунту, розробка ґрунту уступами, зрізка різких перепадів (пагорбів, бугрів), засипання ярів, ям, траншів і пазух, планування майданчиків, зрізка укосів у виїмках, зведення насипів, пристрій каналів при поперечнім переміщенні ґрунту.

При прямій розробці ґрунту бульдозер, рухаючись по прямій лінії, зрізає і переміщає ґрунт до місця відсипання, після чого, піднявши відвал, вертається заднім ходом у вихідне положення. Ґрунт зрізають і переміщають доти, поки він не буде обраний на необхідну глибину. Робота бульдозера буде найбільш продуктивною при переміщенні ґрунту на відстань 15...25 м. Ця схема роботи бульдозера застосовується при розробці траншей по ширині, рівній ширині відвалу, при засипанні ярів і т.п.

При бічній розробці ґрунту бульдозер, рухаючись спочатку по прямій, зрізує ґрунт, накопичуючи його перед відвалом, потім робить поворот праворуч або ліворуч, де відсипає ґрунт. Залишивши ґрунт у місці відсипання, бульдозер вертається заднім ходом у вихідне положення і повторює ту ж операцію. Ця схема застосовується при зрізанні бугрів, засипанню западин і траншей, планувальних роботах.

При розробці ґрунту щаблями бульдозер, рухаючись по прямій уперед, зрізає і переміщає ґрунт у насип, що будується, з однієї позиції, а назад вертається для наступного забору ґрунту в інше місце, що перебуває поруч із першою позицією.

Для набору наступної партії ґрунту бульдозер вертається заднім ходом. Ця схема роботи бульдозера найпоширеніша при зведенні насипів.

При зрізанні бугрів, пагорбів і окремих нерівностей, а також при розробці вилучень набір ґрунту здійснюється при русі бульдозера під ухил, причому за-

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

гальна висота зрізання може досягати 3 м і більше, а ухил, під яким зрізується ґрунт – до 30°.

При засипанні ярів, ям і траншей застосовується спосіб укладання ґрунту купами – окремими, напівпритискання і в притискання. При укладанні ґрунту окремими купами їх доставляють до місця укладання і відсипають на такій відстані, щоб підосви їх укосів торкались один одного (рис. 1.7, в). При укладанні ґрунту в напівпритискання другу і наступні купи при відсипанні насувають на раніше відсипані так, що відстань між вершинами куп приблизно рівно їх висоті (див. рис. 1.7, г). При укладанні ґрунту в притискання відстань між вершинами куп, що відсипаються, повинна бути 0,5...0,75 їх висоти (див. рис. 1.7, д).

Виконується аналогічно розглянутій вище схемі по зрізання пагорбів, бугрів і різного роду нерівностей. Ці роботи часто поєднуються – зрізуючи бугри і нерівності, засипають ями, траншеї і ін.

При виконанні планувальних робіт проходи бульдозера повинні перекривати один одного в середньому на 0,5 м. Машиніст бульдозера зобов'язаний ретельно стежити за ходом планувальних робіт, зрізаючи бугри і роблячи досипання в ями зрізаним ґрунтом.

Крім того, машиніст повинен так регулювати положення відвалу, щоб не утворювалося нерівностей і хвилястої поверхні. Планована поверхня може бути горизонтальною або мати необхідний по проекту поздовжній або поперечний ухил.

Після закінчення планування виконується чистова обробка ділянки, при цьому бульдозер рухається заднім ходом з вільно опущеним відвалом для машин з канатним керуванням і при «плаваючому положенні» – з гідравлічним керуванням. Планування укосів виконується бульдозером, обладнаним укісником. Укоси вилучень і насипів крутістю до 35° можна планувати бульдозером при поперечних проходах під ухил.

Зрізка укосів у глибоких вилученнях виконується у два етапи: спочатку зрізують укіс при русі бульдозера під ухил, переміщаючи ґрунт у вилучення, а потім зрізаний ґрунт із вилучення переміщають у насип або під укіс насипу. Ухил

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

укоосу, по якому може спускатися бульдозер, переміщаючи ґрунт, щоб уникнути сповзання, не повинен перевищувати 25° .

При влаштуванні каналів з поперечним переміщенням ґрунту ніж відвалу бульдозера зрізає ґрунт по всій ширині каналу і переміщає його на протилежну брівку, вертаючись заднім ходом у вихідне положення.

Такий спосіб застосуємо при пристрою каналів щодо невеликої ширини глибиною до 2,0 м і крутості його укосів не більш 20° . Остаточне доведення профілю каналу виконується укісниками.

1.4 Установка і налагодження робочих органів бульдозерів

Міняючи при установці положення відвалу, можна зменшити або збільшити зусилля різання, відповідно збільшити або зменшити швидкість робочого ходу машини, а також у відомих межах і потужність її двигуна. Положення відвалу бульдозера визначається кутами: різання J ; положення відвалу в плані a ; нахилу відвалу ϕ .

Кут різання ґрунту J – кут між передньою гранню відвалу і площиною різання, яка в бульдозерах збігається із площиною руху ріжучої крайки ножів. При розробці легких ґрунтів відвал слід установлювати з кутом різання $J=60\dots65^\circ$, а при розробці важких ґрунтів $J=52\dots57^\circ$. Для зміни кута різання J бульдозери обладнані пристроями (механічними або гідравлічними), за допомогою яких міняють положення відвалу. У бульдозерів з механічним приводом для зміни кута J передбачені регульовальні гвинти на розкосах або спеціальна планка з отворами, а також особлива конструкція опорних шарнірів брусів, що штовхають, що забезпечують зазор у їхніх з'єднаннях: у бульдозерів з гідравлічним приводом – окремо встановлені гідроциліндри.

Кут положення відвалу в плані a – кут між віссю руху бульдозера і площиною відвалу. Зміна положення відвалу в плані може бути забезпечена тільки в бульдозерах з поворотним відвалом (в універсальних бульдозерах – шляхом його перестановки при зупинці машини). У бульдозерах з канатно-блоковим, механіч-

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

ним приводами перестановка виконується вручну із закріпленням штирями підкосів бульдозерного устаткування на основній штовхаючій рамі бульдозера; у бульдозерах з гідравлічним приводом – за допомогою гідроциліндрів з кабіни машиніста.

Кут положення відвалу в плані повинен відповідати характеру виконуваних робіт. Рекомендуються наступні значення кута α : при переміщенні ґрунту – 90° ; при розрівнюванні ґрунту – 120° ; при засипанні траншей, канав і ін. – 135° .

Кут нахилу відвалу φ – кут між площиною руху крайки ножів відвалу і площиною руху бульдозера. У більшості випадків нахил відвалу є небажаним, тому що виникаючий нерівномірний розподіл зусиль різання несприятливо відбивається на керованості бульдозера (машину веде убік) і його технічному стані. В окремих випадках (робота на косогорах і т.п.) нахил відвалу є необхідним. Ухвалюються наступні кути нахилу відвалу: на важких, а також зв'язних ґрунтах $4 \dots 8^\circ$; при роботі на косогорах і нерівностях 4° .

1.5 Розрахунки параметрів бульдозера

1.5.1 Вихідні дані

Потужність двигуна – 119 кВт; швидкість копання ґрунту – 2,36 м/с; маса машини – 19,218 т, маса робочого обладнання – 2350 кг.

1.5.2 Вибір основних параметрів трактора

Головний параметр бульдозера – номінальне тягове зусилля, під яким розуміється найбільше тягове зусилля, реалізоване базовим трактором при роботі із щільним снігом з урахуванням довантаження від маси навісного устаткування при буксуванні не вище 7% для гусеничних і 20% для колісних машин і швидкості 2,5...3,5 км/год.

Це зусилля визначається залежністю:

$$T_n = R_{cy} \cdot \varphi_{cy}, \quad (1.1)$$

де R_{cy} – нормальна реакція ґрунту на рушії бульдозера в робочому стані, Н.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$R_{cy} = (1,17...1,22) G_{б.м.}, \quad (1.2)$$

де $G_{б.м.}$ – сила ваги базової машини, Н; φ_{cy} – коефіцієнт зчеплення рушіїв із ґрунтом, що відповідає припустимому буксуванню рушіїв; $\varphi_{cy} = 0,8$.

$$G_{б.м.} = T_{б.м.} \cdot g, \quad (1.3)$$

де $T_{б.м.}$ – маса базової машини, кг.

$$G_{б.м.} = 19218 \cdot 9,81 = 188352 \text{ Н},$$

$$R_{cy} = (1,17...1,22) \cdot 188352 = 229789 \text{ Н},$$

$$T_{н.} = 229789 \cdot 0,8 = 160000 \text{ Н} = 183 \text{ кН}.$$

Також номінальним тяговим зусиллям вважають найбільше зусилля, що відповідає потужності двигуна.

Тягове зусилля визначається по формулі:

$$T_{н.} = 3,6 \cdot N \cdot \eta'_{тр} / \vartheta, \quad (1.4)$$

де N – потужність двигуна базової машини, кВт; ϑ – швидкість руху базової машини, км/год.; $\eta'_{тр}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії: механічної – 0,83...0,86, гідравлічної – 0,73...0,76.

Приймаємо $\eta'_{тр} = 0,75$.

$$T_{н.} = 3,6 \cdot 134,6 \cdot 0,75 / 3 = 121 \text{ кН}.$$

Тягове зусилля приймаємо розраховане по потужності двигуна і рівне $T_{н.} = 121 \text{ кН}$.

Швидкість зворотного ходу бульдозера вибирається залежно від типу підвіски базового трактора або підвіски мостів колісного тягача і розташування центру ваги машини. Рекомендовані значення швидкості зворотного ходу при напівжорсткій і балансірній підвісці гусениць становлять 6...7 км/год., при балансірно-ланковий підвісці – 8...15 км/год.

Оскільки підвіска гусениць балансірно-ланкова вибираємо швидкість, рівну 10 км/год.

Середній статичний тиск бульдозера на ґрунт:

$$q = G / F, \quad (1.5)$$

де G – сила ваги бульдозера, Н;

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$G = m_6 \text{ g}, \quad (1.6)$$

де m_6 – маса бульдозера, кг;

$$G = 19218 \cdot 9,81 = 188352 \text{ Н};$$

F – опорна площа рушіїв для гусеничного бульдозера, м^2 .

$$F = 2LB_r, \quad (1.7)$$

де L – довжина опорної поверхні гусениць, м; B_r – ширина гусениць, м.

$$F = 2 \cdot 3,8 \cdot 0,7 = 5,3 \text{ м}^2,$$

$$q = 188352/5,3 = 3,6 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2.$$

Положення центру тиску, тобто точки прикладання рівнодіючих усіх нормальних реакцій ґрунту на гусеничний рушій установлюється для трьох основних випадків:

- а) бульдозер стоїть на горизонтальній площині (робочий орган піднятий на максимальну висоту);
- б) ріже ґрунт на горизонтальній ділянці з оптимальною глибиною різання при максимальному обсязі призми волочіння.

1.6 Продуктивність бульдозера

Технічна продуктивність бульдозера:

$$\Pi_T = V_{\text{пр}} \cdot n_{\text{ц}} \cdot K, \quad (1.8)$$

де $V_{\text{пр}}$ – обсяг призми волочіння, м^3 ;

$n_{\text{ц}}$ – розрахункове число робочих циклів в одиницю часу в середніх ґрунтових умовах на горизонтальній поверхні:

$$n_{\text{ц}} = 3600/T_{\text{ц}}, \quad (1.9)$$

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{рх}} + t_{\text{ох}} + t_o' + t_o'' + t_{\text{м}}, \quad (1.10)$$

де $t_{\text{рх}}$ – розрахунковий час робочого ходу;

$t_{\text{ох}}$ – розрахунковий час зворотного ходу;

t_o' , t_o'' – час зупинок після робочого й зворотного ходів, при яких починається підйом або опускання відвала;

$t_{\text{м}}$ – час маневрування (переходу на іншу смугу після зворотного ходу);

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

K – комплексний коефіцієнт, що представляє собою добуток коефіцієнтів, що враховують вплив різних факторів.

Комплексний коефіцієнт визначається формулою:

$$K = K_k \cdot K_r \cdot K_t \cdot K_n \cdot K_y \cdot K_b \cdot K_{yш}, \quad (1.11)$$

де K_k – коефіцієнт, що залежить від застосування способу укладання ґрунту купами – окремими, напівпритискання і в притискання. При укладанні ґрунту окремими купами їх доставляють до місця укладання і відсипають на такій відстані, щоб підосви їх укосів торкались один одного (див. рис. 1.7, в). При укладанні ґрунту в напівпритискання другу і наступні купи при відсипанні насувають на раніше відсипані так, що відстань між вершинами куп приблизно рівно їх висоті (див. рис. 1.7, г). При укладанні ґрунту в притискання відстань між вершинами куп, що відсипаються, повинна бути 0,5...0,75 їх висоти (див. рис. 1.7, д)

від кваліфікації оператора, $K_k = 0,75$ [3, с. 298, табл. 34];

K_r – коефіцієнт, що залежить від ґрунтових умов при роботі бульдозера, $K_r = 0,7$ [3, с. 298, табл. 34];

K_m – коефіцієнт, що залежить від технології роботи, $K_m = 1,2$ [3, с. 298, табл. 34];

K_n – коефіцієнт, що залежить від погодних умов (пил, сніг, дощ, туман або в сутінки), $K_n = 0,8$ [3, с. 298, табл. 34];

K_y – коефіцієнт, що залежить від ухилу шляху, $K_y = 1,35$ [3, с. 298, табл. 34];

K_b – коефіцієнт, що залежить від використання робочого часу, $K_b = 0,85$ [3, с. 298, табл. 34];

$K_{yш}$ – коефіцієнт, що залежить від того, чи використовується розширювач чи ні, $K_{yш} = 1,25$ [3, с. 298, табл. 34];

$$K = 0,75 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,35 \cdot 1,25 = 0,73.$$

При підрахунку часу елементів робочого циклу слід враховувати, що коефіцієнт втрати швидкості робочого ходу $K_{п.р.х.}$ через буксування, різницю в опорі для середніх умов роботи становить 0,6...0,75, а коефіцієнт зворотного ходу $K_{п.о.х.} = 0,9...0,95$. Час зупинок після робочого і зворотного ходів становить 3...4 с, час маневрування, що доводиться на один цикл 1...2 с.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Продуктивність бульдозерів залежить, головним чином, від використання робочого часу, що вказує на необхідність прагнути до скорочення простоїв, у тому числі на технічне обслуговування і ремонти.

1.7 Висновки за розділом

Огляд технічних рішень промислових гусеничних бульдозерів доводить відсутність широкого застосування щелепного обладнання на їх відвалах.

Стосовно ножових систем з косим копанням ґрунту можна стверджувати, що на неповоротних відвалах вони взагалі не застосовуються і такі конструктивні рішення ножових систем серійно не випускаються, але фрагментарно на окремих відвалах вони мають місце.

Під час копання та переміщення ґрунту бульдозерами у призмах перед відвалом традиційно спостерігаються втрати ґрунту у бічні валики обабіч неповоротного відвала. Для компенсації цих втрат ґрунту застосовують різні траєкторії руху відвала щодо горизонталі, що призводить до збільшення часу циклу та відповідно зменшення продуктивності машини.

Окремі технологічні схеми виконання робіт бульдозерами щодо копання ґрунту передбачають зменшення втрат ґрунту при його копанні та транспортуванні, але це потребує певної специфіки виконання робіт, зокрема, використання обмежувальних ґрунтових стінок траншей, повторних проходів, застосування спареної роботи двох бульдозерів.

Основні схеми виконання робіт бульдозерами з неповоротним відвалом досить обмежені і не передбачають роботу з штучними вантажами, які стануть можливими після оснащення їх відвалів додатковими щелепами.

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БУЛЬДОЗЕРА

2.1 Розрахунок діючих на бульдозер сил

Можливість руху бульдозера визначається залежністю:

$$T_{зчд} \geq T_{дв} \geq \sum P_i, \quad (2.1)$$

де $T_{зчд}$ - динамічна сила тяги бульдозера за зчепленням, кН; $T_{дв}$ - сила тяги бульдозера за двигуном, кН; $\sum P_i$ - сумарний опір руху машини, кН.

Динамічна сила тяги бульдозера за зчепленням:

$$T_{зч.д} = T_{зч.ст} \cdot K_{дин} - P_{02} = 169,5 \cdot 3 - 1,28 = 507,22 \text{ кН}, \quad (2.2)$$

де $T_{зч.ст}$ - статична сила тяги бульдозера за зчепленням, кН; $K_{дин}$ - коефіцієнт динамічності процесу копання (приймаю 3) [7]; P_{02} - вертикальна сила діюча на площу площадки затуплення ножа, кН.

Статична сила тяги бульдозера за зчепленням:

$$T_{зч} = G_{зч} \cdot \varphi_{зч} = 188,336 \cdot 0,9 = 169,5 \text{ кН}, \quad (2.3)$$

де $G_{зч}$ - зчіпна вага бульдозера, що припадає на опорно-ходове обладнання, Н; $\varphi_{зч}$ - коефіцієнт зчеплення опорно-ходового обладнання бульдозера з ґрунтом (приймаю 0,9) [7];

Зчіпна вага бульдозера, що припадає на опорно-ходове обладнання:

$$G_{зч} = G_б \cdot g = 19218 \cdot 9,8 = 188,336 \text{ кН}, \quad (2.4)$$

де $G_б$ - маса бульдозера [8]; g - прискорення вільного падіння, м/с².

Вертикальна сила діюча на площу площадки затуплення ножа:

$$P_{02} = A_{пл.зат} \cdot [\sigma_{зм}] = 0,0064 \cdot 0,2 \cdot 10^6 = 1,28 \text{ кН}, \quad (2.5)$$

де $A_{пл.зат}$ - горизонтальна проекція площі площадки затуплення ножа, м²; $[\sigma_{зм}]$ - межа міцності ґрунту на зминання, Па (дорівнює $0,2 \cdot 10^6$) [9].

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Горизонтальна площа площадки затуплення ножа:

$$A_{пл.зат} = b \cdot a = 3,22 \cdot 0,002 = 0,0064 \text{ м}^2, \quad (2.6)$$

де b - ширина відвала, м; a - горизонтальна відстань проекції площадки затуплення ножа, м.

Сила тяги бульдозера за двигуном:

$$T_{зч.д} = T_{дв} = \frac{N_2}{V_2} = 507,22 \text{ кН}, \quad (2.7)$$

де N_2 - потужність на привідній зірочці гусеничного ходу, Вт [8]; V_2 - швидкість руху бульдозера, м/с.

Потужність на привідній зірочці гусеничного ходу:

$$N_2 = N_{дв} \cdot \eta_{Мех} = 119000 \cdot 0,85 = 101150 \text{ Вт}, \quad (2.8)$$

де $N_{дв}$ - потужність двигуна трактора, Вт; $\eta_{Мех}$ - ККД трансмісії трактора (приймаю 0,85) [8].

Швидкість руху бульдозера:

$$V_2 = \frac{N_2}{T_{дв}} = \frac{101150}{507,22} = 0,2 \text{ м/с}. \quad (2.9)$$

Опір руху машини від бульдозерного обладнання при його роботі:

$$\begin{aligned} T_{зч.д} = T_{дв} = \sum P_i = 507,22 \text{ кН} &= P_{01} + P_{тр} + P_{пл.зат} + P_{п} + P_{коч} + P_B = \\ &= P_{01} + 11,07 + 1,92 + 36,9 + 41,43 + 1,13 \text{ кН}, \end{aligned} \quad (2.10)$$

де P_{01} - дотична складова опору відділення ґрунту від масиву, кН; $P_{тр}$ - опір від тертя ґрунтової призми по ґрунту, кН; $P_{пл.зат}$ - опір від площадки затуплення в зоні ріжучого краю ножа, кН; $P_{п}$ - опір переміщенню ґрунту в призмі; $P_{коч}$ - опір коченню бульдозера, кН; P_B - опір від вітрового навантаження, кН.

Опір від тертя ґрунтової призми по ґрунту:

$$P_{тр} = \mu_{г-г} \cdot G_{пр} = 0,3 \cdot 36,9 = 11,07 \text{ кН}, \quad (2.11)$$

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

де $\mu_{Г-Г}$ - коефіцієнт тертя ґрунту по ґрунту (приймаю 0,3); $G_{\text{пр}}$ - вага призми волочіння ґрунту, Н.

Вага призми волочіння ґрунту знаходиться з виразу:

$$G_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \gamma_{\text{гр}} \cdot g = 2,093 \cdot 1800 \cdot 9,8 = 36,9 \text{ кН}, \quad (2.12)$$

де $\gamma_{\text{гр}}$ - об'ємна щільність ґрунту, кг/м³ (приймаю 1800) [9]; g - прискорення вільного падіння, м/с²; $V_{\text{пр}}$ - об'єм призми волочіння ґрунту.

Об'єм призми волочіння ґрунту:

$$V_{\text{пр}} = \frac{b \cdot H^2}{2 \cdot K_p} = \frac{3,22 \cdot 1,3^2}{2 \cdot 1,3} = 2,093 \text{ м}^3, \quad (2.13)$$

де b і H - відповідно, ширина ножа і висота відвала, м [7]; K_p - коефіцієнт, що залежить від співвідношення H/b (приймаю 1,3).

Опір від площадки затуплення в зоні ріжучого краю ножа:

$$P_{\text{пл.зат}} = A_{\text{пл}} \cdot \sigma_{\text{гр}} = 0,0096 \cdot 0,2 \cdot 10^6 = 1,92 \text{ кН}, \quad (2.14)$$

де $A_{\text{пл}}$ - вертикальна проекція площі площадки затуплення ножа, м²; $\sigma_{\text{гр}}$ - межа міцності ґрунту, Па.

Вертикальна площа площадки затуплення ножа:

$$A_{\text{пл}} = b \cdot a = 3,22 \cdot 0,003 = 0,0096 \text{ м}^2, \quad (2.15)$$

де b - ширина відвала, м; a - вертикальна відстань проекції площадки затуплення ножа, м.

Опір переміщенню ґрунту в призмі:

$$P_{\text{п}} = G_{\text{пр}} = 36,9 \text{ кН}.$$

Опір коченню бульдозера:

$$P_{\text{коч}} = G_{\Sigma} (f \pm i) = 188,36 \cdot (0,2 + 0,02) = 41,43 \text{ кН}, \quad (2.16)$$

де f - коефіцієнт опору коченню (приймаю 0,2); i - ухил місцевості, виражений в долях і залежний від кута α (приймаю 20°); G_{Σ} - вага бульдозера з бульдозерним обладнанням, кН.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Опір від вітрового навантаження:

$$P_B = p_B \cdot A_B = p_B \cdot H_M \cdot B = 200 \cdot 1,88 \cdot 3 = 1,13 \text{ кН}, \quad (2.17)$$

де p_B - питомий тиск вітру, Па (приймаю 200); A_B - підвітрова площа бульдозера, м²; H_M , B - відповідно висота, ширина машини, м.

Дотична складова опору відділення ґрунту від масиву:

$$\begin{aligned} \sum P_I = 1058 &= P_{01} + P_{TP} + P_{ПЛ.ЗАТ} + P_{II} + P_{КОЧ} + P_B = \\ P_{01} + 11,07 + 1,92 + 36,9 + 41,43 + 1,13 &= P_{01} = 92,45 \text{ кН}, \end{aligned} \quad (2.18)$$

звідки $P_{01} = 414,75 \text{ кН}$.

Дотична складова опору відділення ґрунту від масиву:

$$P_{01} = 414,75 = K_{ПНТ} \cdot b \cdot h_{СТР} = 0,2 \cdot 10^6 \cdot 3,22 \cdot h_{СТР} \text{ кН}, \quad (2.19)$$

де $K_{ПНТ}$ - питомий коефіцієнт опору ґрунту різанню, Па; b і $h_{СТР}$ - відповідно ширина ножа і товщина стружки, м.

Висота стружки:

$$h_{СТР} = \frac{P_{01}}{K_{ПНТ} \cdot b} = \frac{414,75 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 10^6 \cdot 3,22} = 0,64 \text{ м}. \quad (2.20)$$

2.2 Статичний розрахунок бульдозера

Положення центру тиску, тобто точки прикладення рівнодійної усіх нормальних реакцій ґрунту на рушій базової машини визначається за схемами на рис. 2.1.

Положення центру тиску:

$$X = \frac{G_{\delta} d + R_Z d_1 + R_X h_R}{N} \text{ мм}, \quad (2.21)$$

де $R_Z = R_X \operatorname{tg} \nu$ - вертикальна складова результуючої сили опору на відвал, кН;

$R_X = k_{num} \cdot \varphi \cdot h_{стр}$ - горизонтальна складова результуючої сили опору на відвал,

кН; $h_R = 0,17 \text{ м}$ - висота точки прикладення результуючої сил опору на відвалі,

при копанні щільного ґрунту, мм; $\nu = 17^\circ$ - кут нахилу результуючої сили опору

					ДІП. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

на відвал; $d_1=4,88$ м – відстань дії вертикальної складової результуючої сили опору на відвал.

Висота точки прикладення результуючої сил опору на відвал:

$$h_R = 0,17H = 0,17 \cdot 1300 = 221 \text{ мм.} \quad (2.22)$$

Горизонтальна складова результуючої сили опору на відвал:

$$R_x = k_{nut} \cdot b \cdot h_{cmp} = 0,2 \cdot 10^6 \cdot 3,22 \cdot 0,64 = 412,16 \text{ кН,} \quad (2.23)$$

де $k_{nut} = 0,2 \cdot 10^6$ – питомий коефіцієнт опору ґрунту різанню, Па; b – ширина відвала, м; h_{cmp} – висота стружки, м.

Визначаю координату зміщення центру тиску N від середини опорної поверхні гусениць:

$$x = L / 6 = 2250 / 6 = 375 \text{ мм.} \quad (2.24)$$

Вертикальна складова результуючої сили опору на відвал:

$$R_z = R_x \operatorname{tg} \nu = 412,16 \cdot \operatorname{tg} 17^\circ = 126 \text{ кН.} \quad (2.25)$$

Визначаю значення центру тиску N від середини опорної поверхні гусениць:

$$N = G_B g + R_z = 19,218 \cdot 9,81 + 126 = 314,53 \text{ кН.} \quad (2.26)$$

Після визначення усіх значень формули (2.21) обчислюю центр тяжіння бульдозера:

$$X = \frac{G_B d + R_z d_1 + R_x h_R}{N} = \frac{188,53 \cdot 1,275 + 126 \cdot 4,88 + 412,16 \cdot 0,221}{314,53} = 3 \text{ м.} \quad (2.27)$$

Значення коефіцієнту стійкості зчеплення бульдозера з ґрунтом при вивішуванні передньої частини (рис. 2.2):

$$K_{устц} = \frac{G_B \cdot l_1}{2 \cdot S \cdot l_2 + R_x \cdot r} = \frac{188,53 \cdot 1,275}{2 \cdot 122,7 \cdot 2,983 + 412,16 \cdot 0,554} = 0,25, \quad (2.28)$$

де l_1 – плече сили тяжіння відносно точки O_1 , м; $S_{шт}$ – штовхальне зусилля гідроциліндра керування відвалом, кН; l_2 – плече штовхаючого зусилля гідроциліндра керування відвалом відносно точки O_1 , м.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

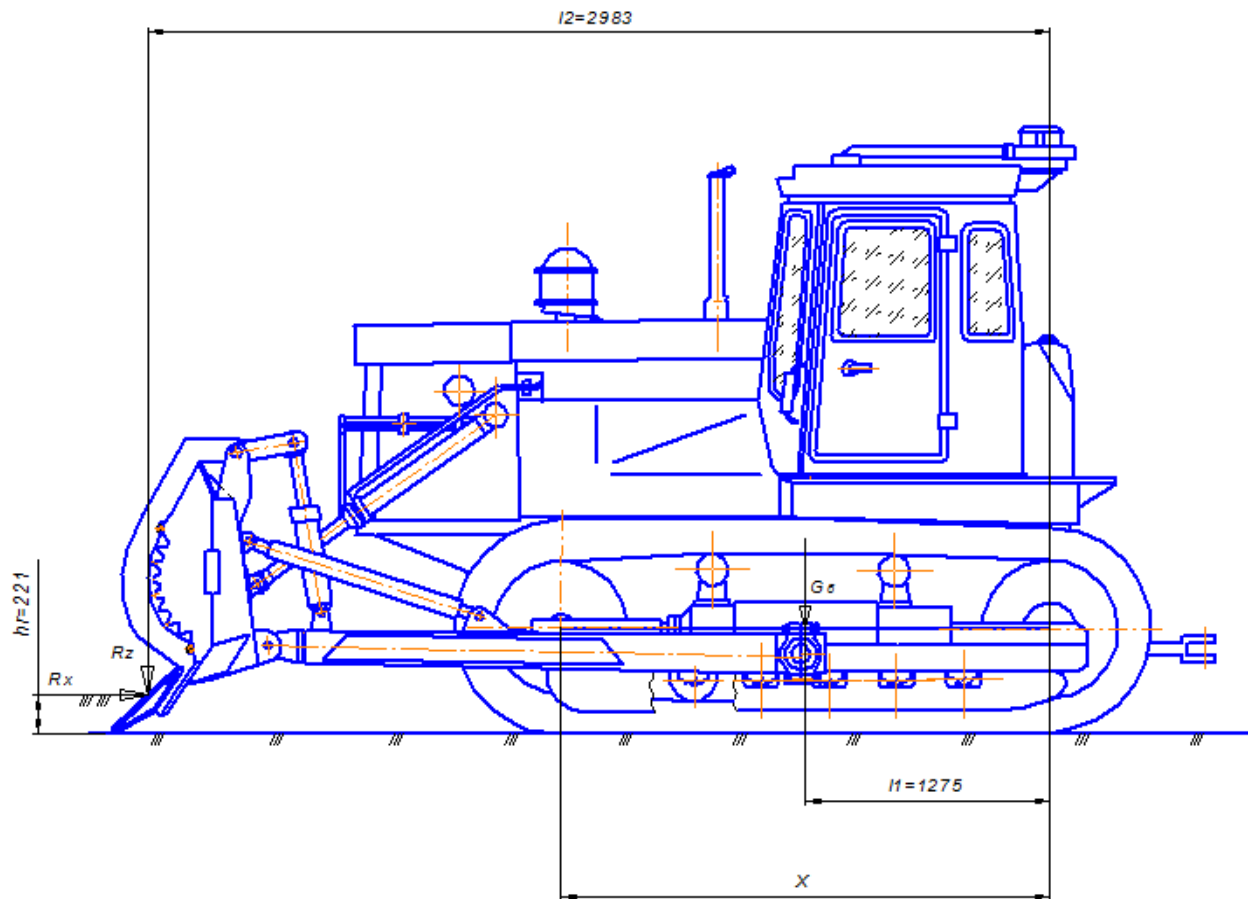


Рис. 2.1. Положення центру тиску у разі, коли бульдозер рухається по горизонтальній поверхні з максимально можливим об'ємом призми волочіння при одночасному різанні ґрунту з оптимальною глибиною різання

Штовхаюче зусилля гідроциліндра керування відвалом:

$$S_{шт} = p_n \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 10 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,125^2}{4} = 122,7 \text{ кН.} \quad (2.29)$$

Визначаю значення коефіцієнту стійкості зчеплення бульдозера з ґрунтом при вивішуванні задньої частини (рис. 2.3):

$$K_{устц} = \frac{G_B \cdot l_1}{2 \cdot S \cdot l_2 + R_x \cdot r} = \frac{188,53 \cdot 1,275}{2 \cdot 72,4 \cdot 1,533 + 412,16 \cdot 0,523} = 0,55, \quad (2.30)$$

де l_1 - плече сили тяжіння відносно точки O_2 , м; $S_{тяг}$ - тягнуче зусилля гідроциліндра керування відвалом, кН; l_2 - плече тягнучого зусилля гідроциліндра керування відвалом відносно точки O_2 , м.

Тягнуче зусилля гідроциліндра керування відвалом:

$$S_{тяг} = p_n \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = 10 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,125^2 - 0,08^2)}{4} = 72,4 \text{ кН} \quad (2.31)$$

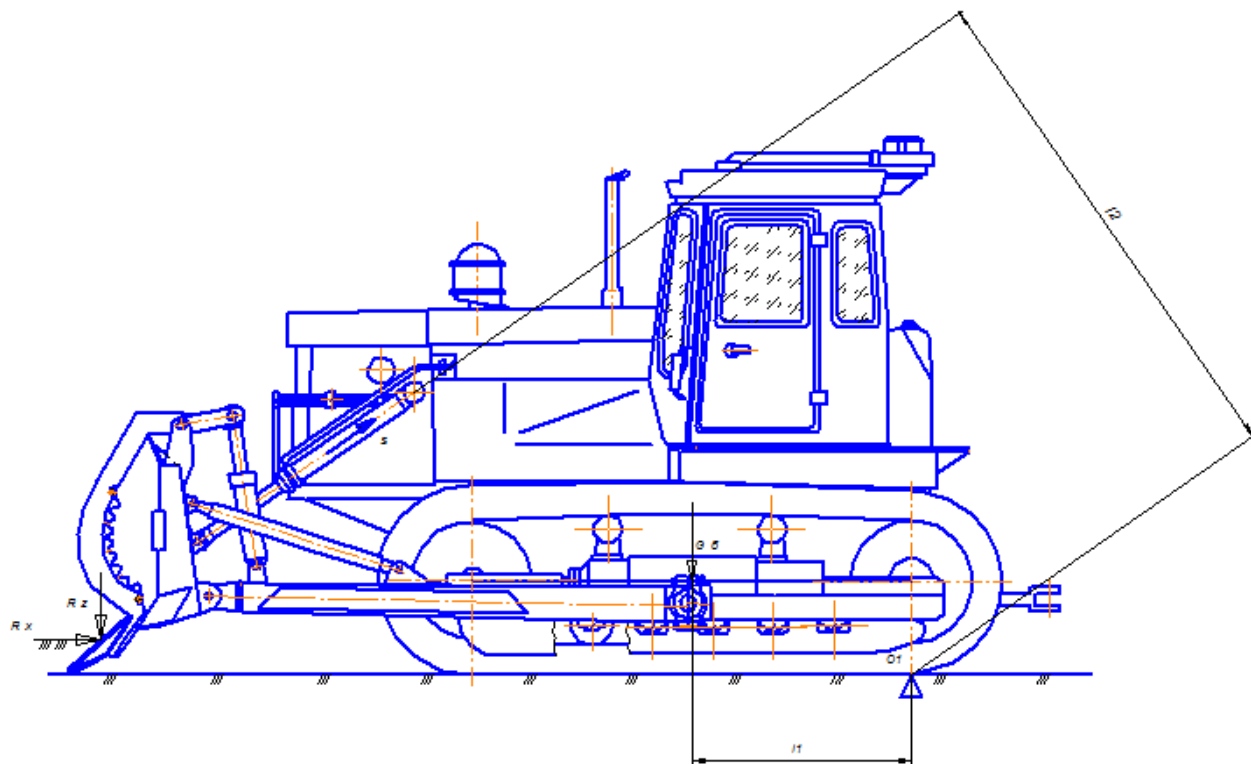


Рис. 2.2. Схеми для визначення стійкості бульдозера при вивішуванні передньої частини

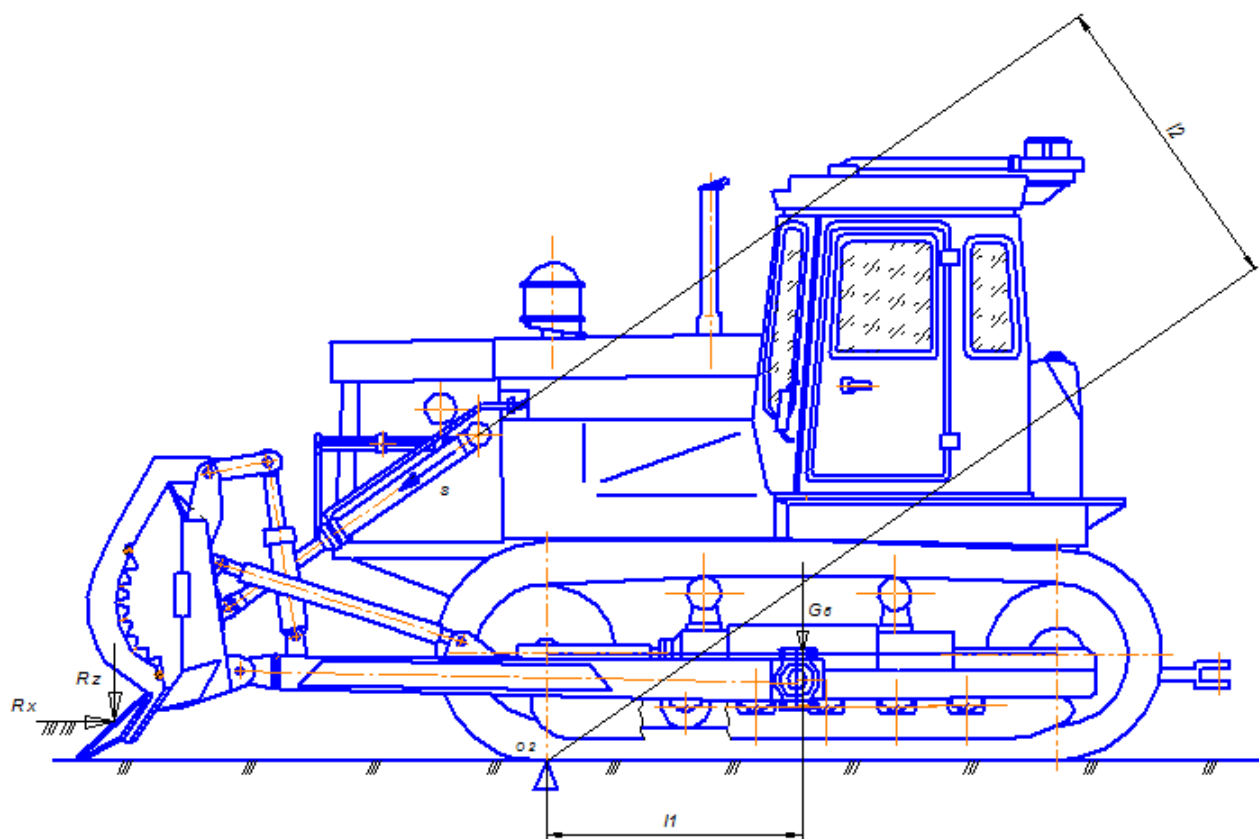


Рис 2.3. Схема для визначення стійкості бульдозера при вивішуванні задньої частини

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ

Арк.

35

Прирівнюю $K_{уст}cu = 1,2$ та визначаю значення R_x , кН:

$$K_{уст}cu = \frac{G_B \cdot l_1}{2 \cdot S \cdot l_2 + R_x \cdot r} = \frac{188,53 \cdot 1,275}{2 \cdot 122,7 \cdot 2,983 + R_x \cdot 0,554} = 1,2. \quad (2.32)$$

$$R_x = \frac{G_B \cdot l_1}{K_{уст} \cdot r} - \frac{2 \cdot S \cdot l_2}{r} = \frac{188,53 \cdot 1,275}{1,2 \cdot 0,554} - \frac{2 \cdot 122,7 \cdot 2,983}{0,554} = -962,6 \text{ кН}. \quad (2.33)$$

При значенні $K_{уст}cu = 1,2$ сила R_x набуває від'ємне значення, тому підвищення коефіцієнту стійкості зчеплення за рахунок зменшення дотичної складової опору ґрунту копанню відвалом неможливо.

Значення коефіцієнту стійкості зчеплення бульдозера з ґрунтом у неробочому положенні:

$$K_{уст}cu = \frac{G_B \cdot l_1}{2 \cdot S \cdot l_2} = \frac{188,53 \cdot 1,275}{2 \cdot 122,7 \cdot 2,983} = \frac{240,4}{732,03} = 0,33. \quad (2.34)$$

2.3 Визначення навантажень на обладнання бульдозера

Горизонтальне зусилля діюче на кромку відвала:

$$P_P = P_{CT} + P_D = 353,2 \cdot 3 = 169,7 + 509,1 = 678,8 \text{ кН}, \quad (2.35)$$

$$P_D = P_{CT} \cdot K_D = 169,7 \cdot 3 = 509,1 \text{ кН}; \quad (2.36)$$

$$P_{CT} = \varphi_{3ч} \cdot G_B = 0,9 \cdot 188,53 = 169,7 \text{ кН}. \quad (2.37)$$

Зусилля на штоках поршнів при горизонтальному положенні щеле-

$$\text{пи: } S = \frac{P_{PAC} \cdot r_{pac} + G_{Б.О.} \cdot r_{б.о.}}{2 \cdot r_s} = \frac{678,8 \cdot 0,4 + 23,03 \cdot 2,42}{2 \cdot 1,91} = \frac{271,52 + 55,73}{3,82} = 85,7 \text{ кН},$$

(2.38)

де $G_{Б.О.}$ - сила тяжіння обладнання бульдозера-розпушувача, кН; r_{pac} , $r_{б.о.}$, r_s - плечі відповідних сил відносно точки О, м.

Горизонтальне зусилля у штовхаючому брусі:

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$\begin{aligned}
 R_x &= \frac{P_{PAC} \cdot \cos \alpha - G_{B.O} \cdot \sin \alpha + 2 \cdot S \cdot \cos \nu}{2} = \\
 &= \frac{678,8 \cdot \cos 1^\circ - 23,03 \cdot \sin 1^\circ + 2 \cdot 169 \cdot \cos 35^\circ}{2} = \\
 &= \frac{678,8 \cdot 0,999 - 23,03 \cdot 0,017 + 2 \cdot 169 \cdot 0,819}{2} = \frac{955,23}{2} = 477,6 \text{ кН.} \quad (2.39)
 \end{aligned}$$

Вертикальне зусилля у штовхаючому брусі:

$$\begin{aligned}
 R_z &= \frac{P_{PAC} \cdot \sin \alpha + G_{B.O} \cdot \cos \alpha - 2 \cdot S \cdot \sin \nu}{2} = \\
 &= \frac{678,8 \cdot \sin 1^\circ + 23,03 \cdot \cos 1^\circ - 2 \cdot 169 \cdot \sin 35^\circ}{2} = \\
 &= \frac{678,8 \cdot 0,017 + 23,03 \cdot 0,999 - 2 \cdot 169 \cdot 0,576}{2} = -\frac{160,2}{2} = -80,1 \text{ кН.} \quad (2.40)
 \end{aligned}$$

Зусилля в підкосі:

$$R_n = \frac{P_{PAC} \cdot r'_{pac} + G_o \cdot r'_o}{2 \cdot r'_n} = \frac{678,8 \cdot 0,45 + 16,52 \cdot 0,194}{2 \cdot 0,48} = \frac{308,66}{0,96} = 321,52 \text{ кН,} \quad (2.41)_д$$

є G_o - сила тяжіння відвала, кН; r'_{pac} , r'_o , r'_n - плечі відповідних сил відносно точки А, м.

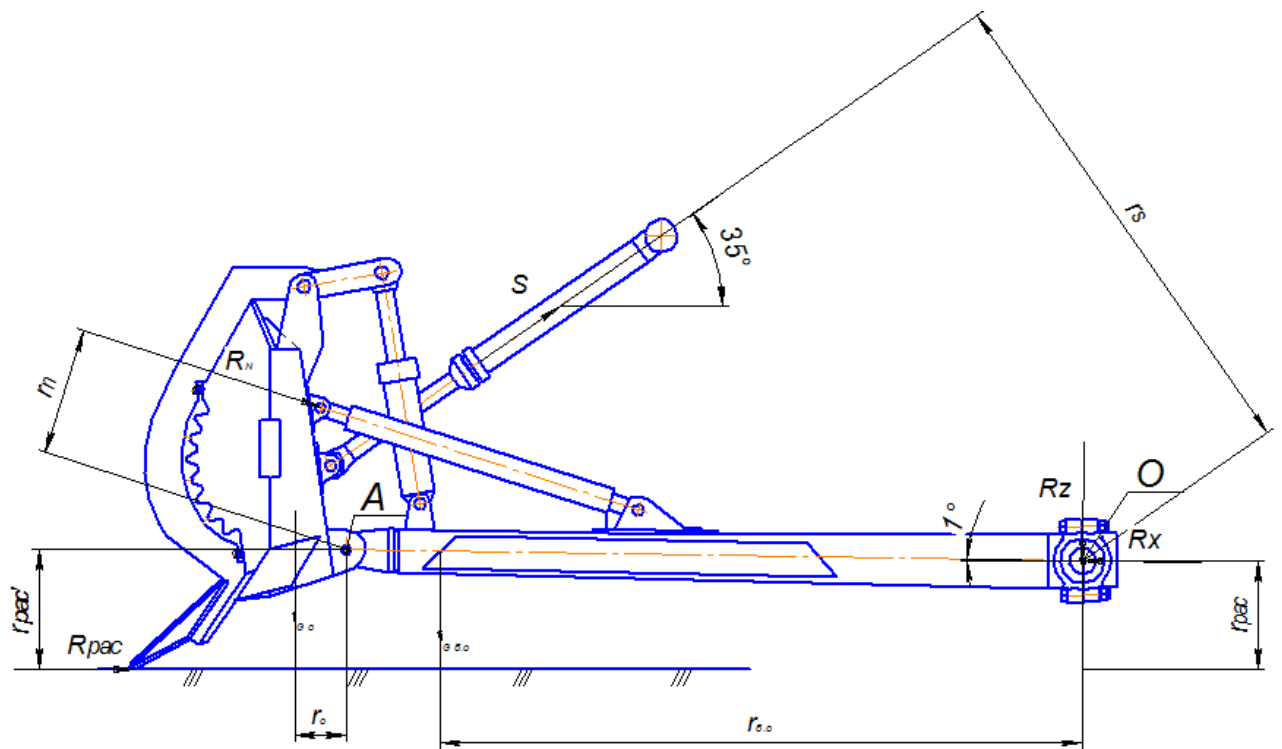


Рис. 2.4. Положення бульдозерного обладнання у горизонтальному положенні

Зусилля на штоках поршнів у нижньому положенні:

$$S = \frac{P_{PAC} \cdot r_{pac} + G_{Б.О.} \cdot r_{б.о}}{2 \cdot r_s} = \frac{678,8 \cdot 1,584 + 23,03 \cdot 2,208}{2 \cdot 1,824} = \frac{1126,07}{3,648} = 308,68 \text{ кН.} \quad (2.42)$$

Горизонтальне зусилля у штовхаючому брусі:

$$\begin{aligned} R_x &= \frac{P_{PAC} \cdot \cos \alpha - G_{Б.О.} \cdot \sin \alpha + 2 \cdot S \cdot \cos \nu}{2} = \\ &= \frac{678,8 \cdot \cos 25^\circ - 23,03 \cdot \sin 25^\circ + 2 \cdot 339 \cdot \cos 60^\circ}{2} = \\ &= \frac{678,8 \cdot 0,906 - 23,03 \cdot 0,427 + 2 \cdot 339 \cdot 0,5}{2} = \frac{944,16}{2} = 472,08 \text{ кН.} \end{aligned} \quad (2.43)$$

Вертикальне зусилля у штовхаючому брусі:

$$\begin{aligned} R_z &= \frac{P_{PAC} \cdot \sin \alpha + G_{Б.О.} \cdot \cos \alpha - 2 \cdot S \cdot \sin \nu}{2} = \\ &= \frac{678,8 \cdot \sin 25^\circ + 23,03 \cdot \cos 25^\circ - 2 \cdot 339 \cdot \sin 60^\circ}{2} = \\ &= \frac{678,8 \cdot 0,427 + 23,03 \cdot 0,906 - 2 \cdot 339 \cdot 0,642}{2} = -\frac{124,57}{2} = -62,28 \text{ кН.} \end{aligned} \quad (2.44)$$

Зусилля в підкосі:

$$R_n = \frac{P_{PAC} \cdot r'_{pac} + G_O \cdot r'_o}{2 \cdot r'_n} = \frac{678,8 \cdot 0,45 + 16,52 \cdot 0,194}{2 \cdot 0,54} = \frac{308,66}{1,08} = 285,8 \text{ кН.} \quad (2.45)$$

Зусилля на штоках поршнів у верхньому положенні:

$$S = \frac{P_{PAC} \cdot r_{pac} + G_{Б.О.} \cdot r_{б.о}}{2 \cdot r_s} = \frac{678,8 \cdot 0,308 + 23,03 \cdot 2,327}{2 \cdot 1,935} = \frac{262,66}{3,87} = 67,87 \text{ кН.} \quad (2.46)$$

Горизонтальне зусилля у штовхаючому брусі:

$$\begin{aligned} R_x &= \frac{P_{PAC} \cdot \cos \alpha - G_{Б.О.} \cdot \sin \alpha + 2 \cdot S \cdot \cos \nu}{2} = \\ &= \frac{678,8 \cdot \cos 15^\circ - 23,03 \cdot \sin 15^\circ + 2 \cdot 116,7 \cdot \cos 20^\circ}{2} = \\ &= \frac{678,8 \cdot 0,965 - 23,03 \cdot 0,258 + 2 \cdot 116,7 \cdot 0,939}{2} = \frac{868,26}{2} = 434,13 \text{ кН.} \end{aligned} \quad (2.47)$$

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

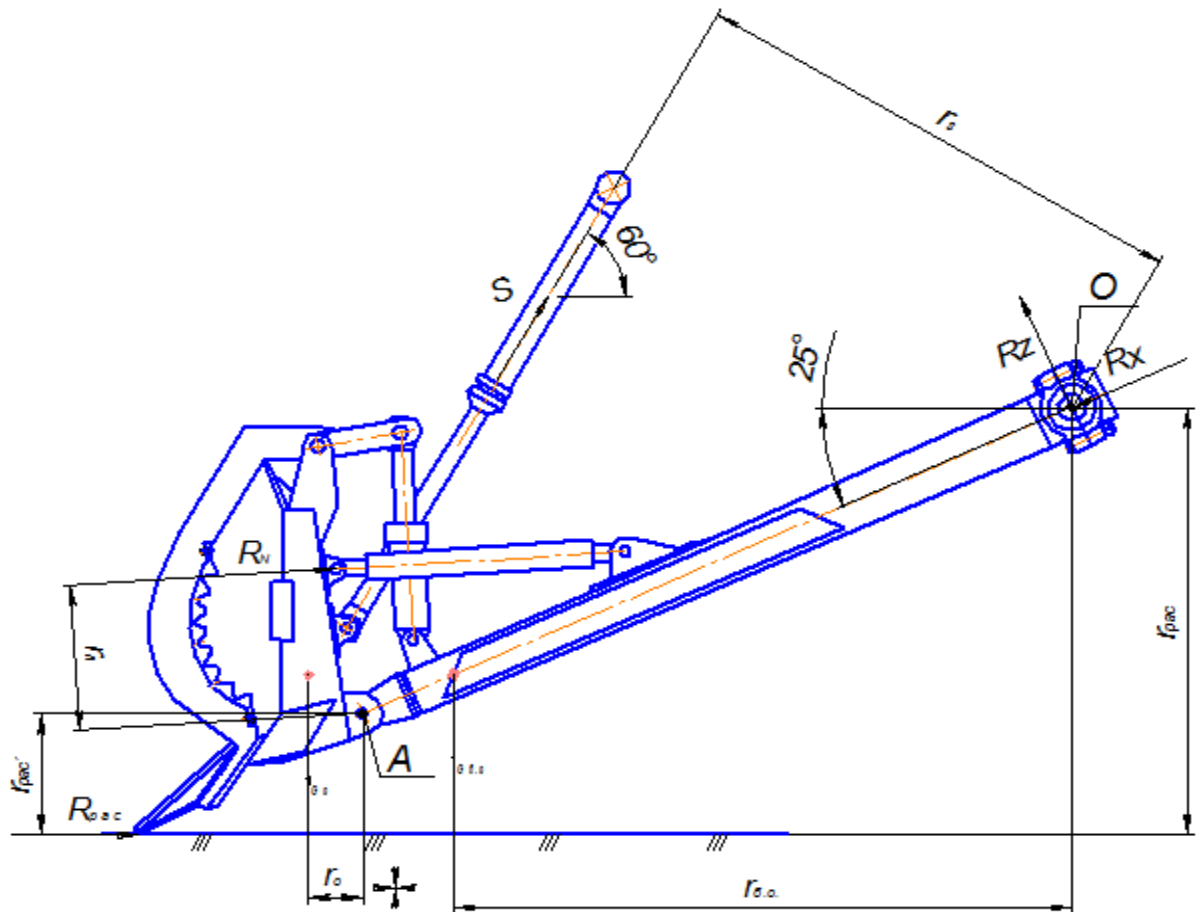


Рис 2.5. Положення бульдозерного обладнання у нижньому положенні

Вертикальне зусилля у штовхаючому брусі:

$$\begin{aligned}
 R_z &= \frac{P_{PAC} \cdot \sin \alpha + G_{B.O} \cdot \cos \alpha - 2 \cdot S \cdot \sin \nu}{2} = \\
 &= \frac{678,8 \cdot \sin 15^\circ + 23,03 \cdot \cos 15^\circ - 2 \cdot 116,7 \cdot \sin 20^\circ}{2} = \\
 &= \frac{678,8 \cdot 0,258 + 23,03 \cdot 0,965 - 2 \cdot 116,7 \cdot 0,342}{2} = \frac{117,53}{2} = 58,76 \text{ кН.} \quad (2.48)
 \end{aligned}$$

Зусилля в підкосі:

$$R_n = \frac{P_{PAC} \cdot r'_{pac} + G_O \cdot r'_o}{2 \cdot r'_n} = \frac{678,8 \cdot 0,45 + 16,52 \cdot 0,194}{2 \cdot 0,418} = \frac{308,66}{0,836} = 369,22 \text{ кН.} \quad (2.49)$$

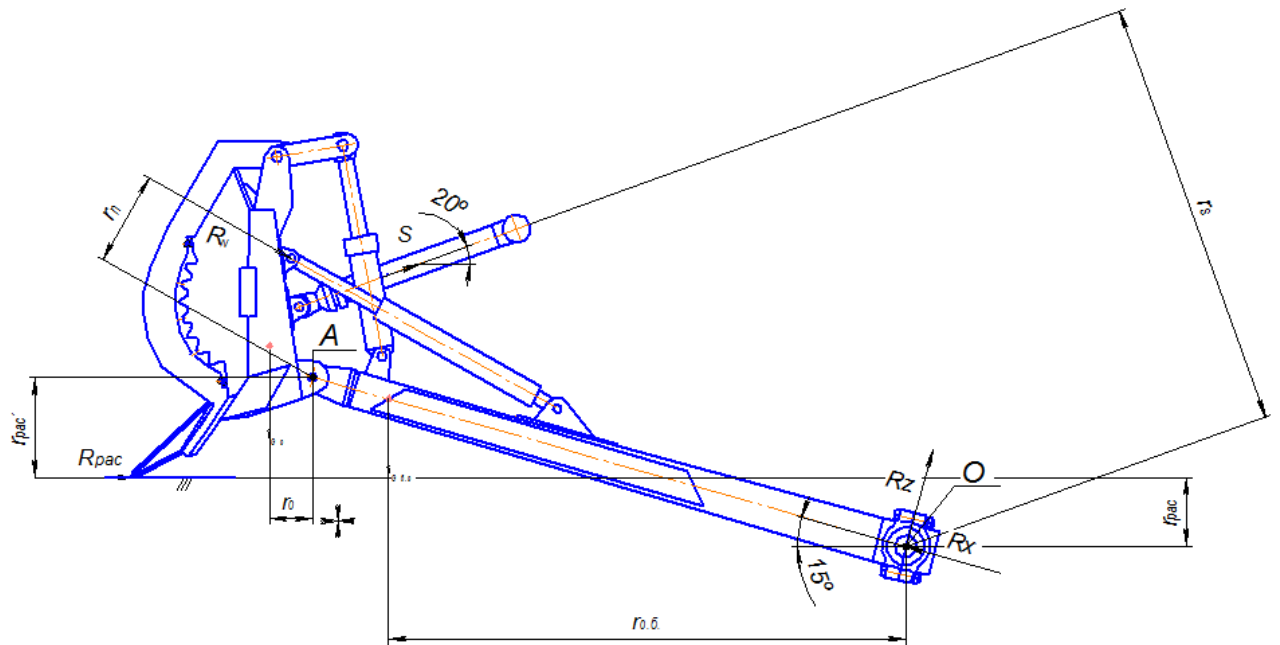


Рис 2.6. Положення бульдозерного обладнання у верхньому положенні

2.4 Розрахунок гідроциліндра

Штовхаюче зусилля гідроциліндра керування відвалом:

$$F_{шт} = p_n \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 339 \text{ кН.} \quad (2.50)$$

Діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{шт}}{\pi \cdot p_n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 339 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 10 \cdot 10^6}} = 0,208 \text{ м.} \quad (2.51)$$

Приймаю $D=220$ мм.

Конструктивний розмір гідроциліндра:

$$\frac{D^2}{d^2} \geq 1,65 = \psi \quad (2.52)$$

Діаметр штока:

$$d = \sqrt{\frac{D^2}{1,65}} = \sqrt{\frac{0,043}{1,65}} = 0,16 \text{ м.} \quad (2.53)$$

Штовхальне зусилля гідроциліндра керування відвалом уточнене:

$$F_{шт.ут.} = p_n \cdot \frac{\pi \cdot D_{\Pi}^2}{4} = 10 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,0484}{4} = 380 \text{ кН.} \quad (2.54)$$

Діаметр осі кріплення гідроциліндра:

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{шт.шт.}}{\pi \cdot \tau_{зр.д.}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 380 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 60 \cdot 10^6}} = 0,09 \text{ м}, \quad (2.55)$$

де $\tau_{зр.д.} = 60 \text{ МПа}$.

Приймаю $d_o = 0,12 \text{ м}$.

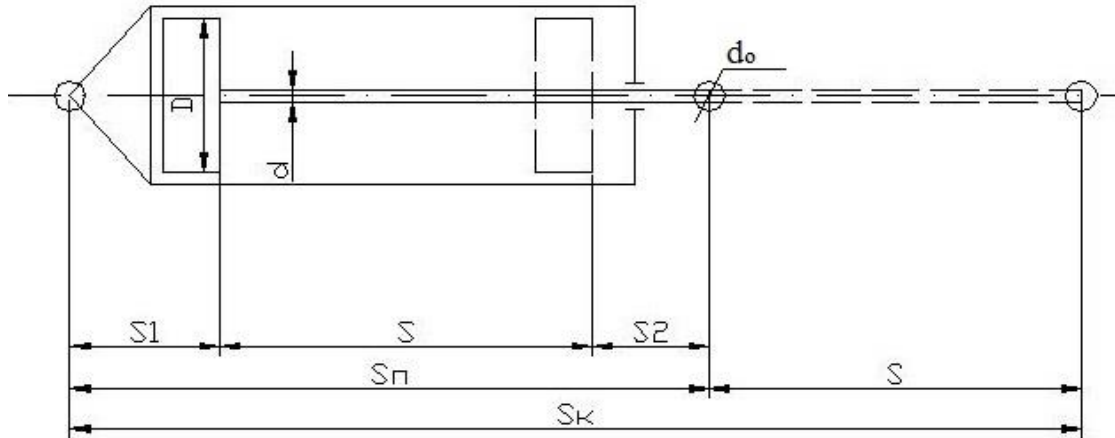


Рис. 2.7. Розрахункова схема гідроциліндра

2.5 Висновки за розділом

Визначені під час силового розрахунку параметри уточнені згідно бульдозерного обладнання з неповоротним відвалом бульдозера та прийняті за вихідні дані для виконання конструктивного розрахунку бульдозера.

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

3 КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК БУЛЬДОЗЕРА

3.1 Розрахунок вісей шарнірів бульдозерного обладнання

3.1.1 Шарнір з'єднання штовхаючого бруса з відвалом

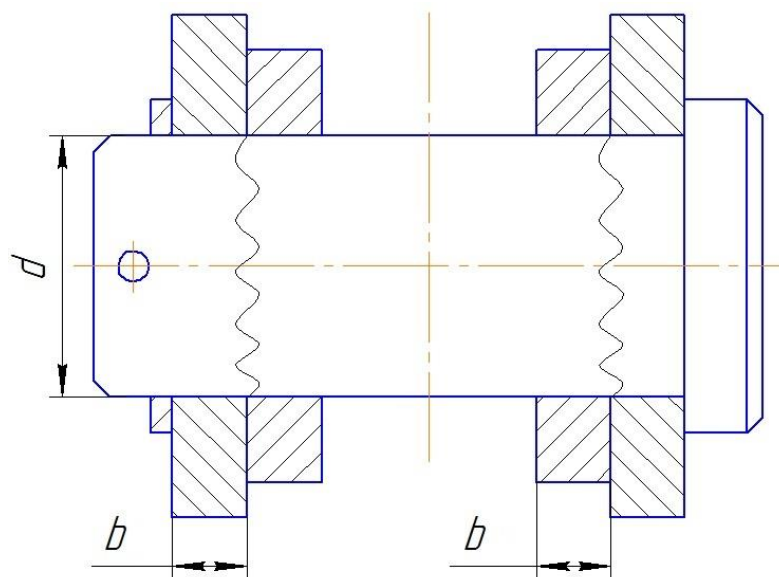


Рис. 3.1. Схема шарніра з'єднання штовхаючого бруса з відвалом в розрізі

Матеріалом обираю сталь 40ХН [9].

Шарнір розраховується за умови міцності на зріз та зминання.

Умова міцності на зріз:

$$\tau_{зр.роб.} = \frac{F_{шт}}{A_{зр}} \leq \frac{[\tau]}{K_3} \leq \frac{470}{1,2} \leq 392 \text{ МПа}, \quad (3.1)$$

де $F_{шт}$ - штовхальне зусилля у штоці, дорівнює горизонтальному зусилля в штовхальному брусі (2.43) кН; $A_{зр}$ - площа зрізу, м²; $[\tau]$ - опір матеріалу зрізу, МПа; K_3 - коефіцієнт запасу.

Діаметр пальця:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{шт}}{2 \cdot \pi \cdot \tau_{зр.роб.}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 472,08 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 392 \cdot 10^6}} = 0,0277 \text{ м}. \quad (3.2)$$

Приймаю $d=0,03$ м.

Площа зрізу:

$$A_{зр} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,0009}{4} = 0,0014 \text{ м}^2. \quad (3.3)$$

Умова міцності на зминання:

$$\sigma_{зм.роб.} = \frac{F_{шт}}{A_{зм}} \leq \frac{[\sigma_{зм}]}{K_3} \leq \frac{628}{1,2} \leq 523 \text{ МПа}, \quad (3.4)$$

де $A_{зм}$ - площа зминання, м²; $[\sigma_{зм}]$ - опір матеріалу на зминання, МПа.

Товщина стінки кріплення:

$$b = \frac{F_{шт}}{2 \cdot d \cdot \sigma_{зм.роб.}} = \frac{472,08 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,03 \cdot 523 \cdot 10^6} = 0,015 \text{ м}. \quad (3.5)$$

3.1.2 Шарнір з'єднання гідроциліндра з відвалом

Умова міцності на зріз:

$$\tau_{зр.роб.} = \frac{F_{шт}}{A_{зр}} \leq \frac{[\tau]}{K_3} \leq \frac{470}{1,2} \leq 392 \text{ МПа}, \quad (3.6)$$

де $F_{шт}$ - штовхальне зусилля у штоці, дорівнює зусиллю на штоках поршнів гідроциліндра (2.42) кН.

Діаметр пальця:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{шт}}{2 \cdot \pi \cdot \tau_{зр.роб.}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 308,68 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 392 \cdot 10^6}} = 0,022 \text{ м}. \quad (3.7)$$

Приймаю $d=0,025$ м.

Площа зрізу:

$$A_{зр} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,000625}{4} = 0,001 \text{ м}^2. \quad (3.8)$$

Умова міцності на зминання:

$$\sigma_{зм.роб.} = \frac{F_{шт}}{A_{зм}} \leq \frac{[\sigma_{зм}]}{K_3} \leq \frac{628}{1,2} \leq 523 \text{ МПа}, \quad (3.9)$$

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Товщина стінки кріплення:

$$b = \frac{F_{шт}}{2 \cdot d \cdot \sigma_{зм.роб.}} = \frac{308,68 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,025 \cdot 523 \cdot 10^6} = 0,011 \text{ м.} \quad (3.10)$$

Приймаю $b=0,015\text{м.}$

3.1.3 Шарнір з'єднання розкоса з відвалом

Умова міцності на зріз:

$$\tau_{зр.роб.} = \frac{F_{шт}}{A_{зр}} \leq \frac{[\tau]}{K_3} \leq \frac{470}{1,2} \leq 392 \text{ МПа,} \quad (3.11)$$

де $F_{шт}$ - штовхальне зусилля у штоці, дорівнює зусиллю в розкосі(2.41) кН.

Діаметр пальця:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{шт}}{2 \cdot \pi \cdot \tau_{зр.роб.}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 321,52 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 392 \cdot 10^6}} = 0,023 \text{ м.} \quad (3.12)$$

Приймаю $d=0,025\text{м.}$

Площа зрізу:

$$A_{зр} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,000625}{4} = 0,001 \text{ м}^2. \quad (3.13)$$

Умова міцності на зминання:

$$\sigma_{зм.роб.} = \frac{F_{шт}}{A_{зм}} \leq \frac{[\sigma_{зм}]}{K_3} \leq \frac{628}{1,2} \leq 523 \text{ МПа,} \quad (3.14)$$

Товщина стінки кріплення:

$$b = \frac{F_{шт}}{2 \cdot d \cdot \sigma_{зм.роб.}} = \frac{321,52 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,025 \cdot 523 \cdot 10^6} = 0,012 \text{ м.} \quad (3.15)$$

Приймаю $b=0,015\text{м.}$

3.2 Розрахунок ножа

3.2.1 Розрахунок ножа на згинання

Схема ножа та сили діючі на нього показані на рисунку 3.2.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

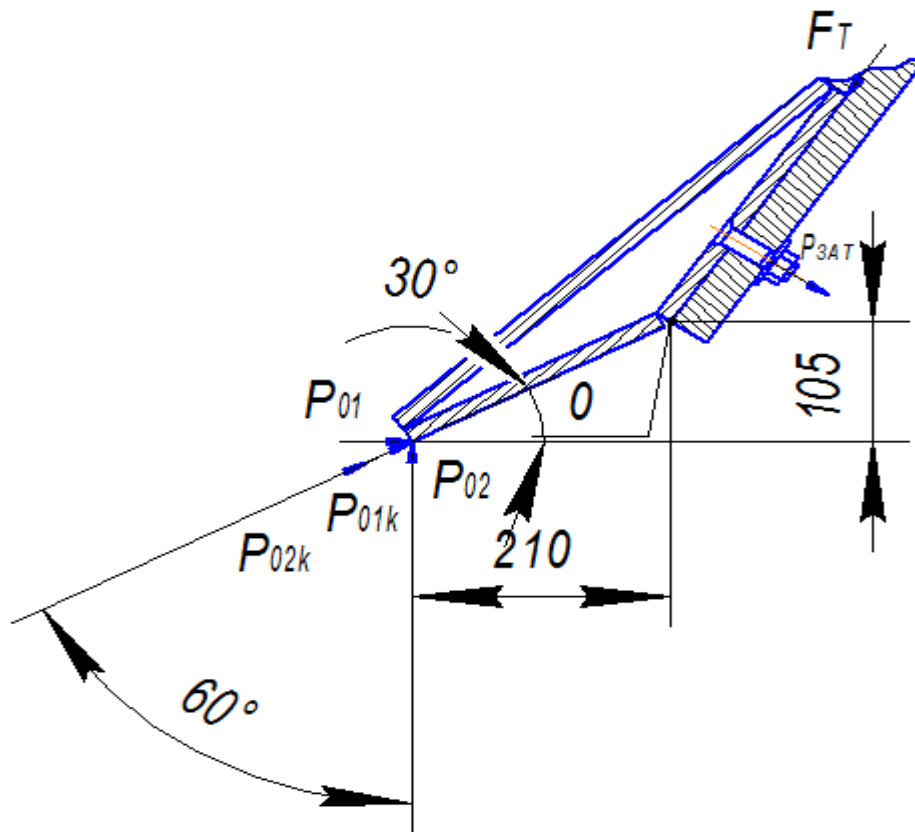


Рис. 3.2. Ніж та сили діючі на нього

Умові міцності на згинання:

$$\sigma_{зг.роб.} \geq \frac{M_{зг}}{W_{зг}} \leq \frac{[\sigma_{зг}]}{K_3} \leq \frac{250}{1,2} \leq 208 \text{ МПа}, \quad (3.16)$$

де $M_{зг}$ - момент згинання відносно точки О, Дж; $[\sigma_{зг}]$ - опір матеріалу згинанню, МПа; $W_{зг}$ - момент опору, м³.

Момент згинання відносно точки О:

$$\begin{aligned} M_{зг} &= \frac{1}{6} P_{01} \cdot l_1 - \frac{1}{6} P_{02} \cdot l_2 = \frac{1}{6} \cdot 414,75 \cdot 0,105 - \frac{1}{6} \cdot 1,28 \cdot 0,21 = \\ &= 7,26 - 0,044 = 7,22 \text{ кДж}, \end{aligned} \quad (3.17)$$

де l_1 - плече дії сили P_{01} відносно точки О, м; l_2 - плече дії сили P_{02} відносно точки О, м.

Момент опору згинанню:

$$W_{зг} = \frac{M_{зг} \cdot K_3}{[\sigma_{зг}]} = \frac{7,22 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{208 \cdot 10^6} = 4,16 \text{ м}^3. \quad (3.18)$$

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Товщина зуба:

$$a = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{3Г}}{b \cdot \sigma_{3Г.РОб.}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 7,22 \cdot 10^3}{0,475 \cdot 208 \cdot 10^6}} = 0,02 \text{ м}, \quad (3.19)$$

де b - довжина зуба, м.

Штовхальне зусилля у зубі:

$$F_{шт} = P_{01} \cdot \cos 30^\circ + P_{02} \cdot \cos 60^\circ = 414,75 \cdot 0,866 + 1,28 \cdot 0,5 = 359,8 \text{ кН}. \quad (3.20)$$

Площа зрізу:

$$A_{зр} = \frac{F_{шт}}{\tau_{зр.РОб.}} = \frac{359,8 \cdot 10^3}{392 \cdot 10^6} = 0,9 \text{ м}^2. \quad (3.21)$$

Для утримання ножової системи використовую 32 болта.

Діаметр болта утримуючого зуб:

$$d_b = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum P}{n \cdot \pi \cdot \sum \rho_{об}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 359,8}{32 \cdot 3,14 \cdot 17990}} = 0,02 \text{ м}, \quad (3.22)$$

де $\sum P = F_{шт} = 359,8 \text{ кН}$ - штовхаюче зусилля; $\sum P_{РОб} = \frac{\sum P}{A_{зр}} = \frac{359,8}{0,02} = 17990 \text{ кН}$;

n – кількість болтів.

Приймаю болти марки М24.

3.3 Висновки за розділом

Конструктивні розрахунки вісей шарнірів бульдозерного обладнання та ножа виконані з урахуванням сортаменту матеріалу, з якого вони будуть виготовлятися та відповідного коефіцієнту запасу міцності. При цьому враховані умови взаємозамінності деталей бульдозерного обладнання.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ НОЖА

4.1 Призначення і вибір заготовки для ножа

Ножова система (рис. 4.1) є однією з основних деталей робочого устаткування бульдозера. Ножова система, що виготовляється, встановлюється в передній частині відвала бульдозера.

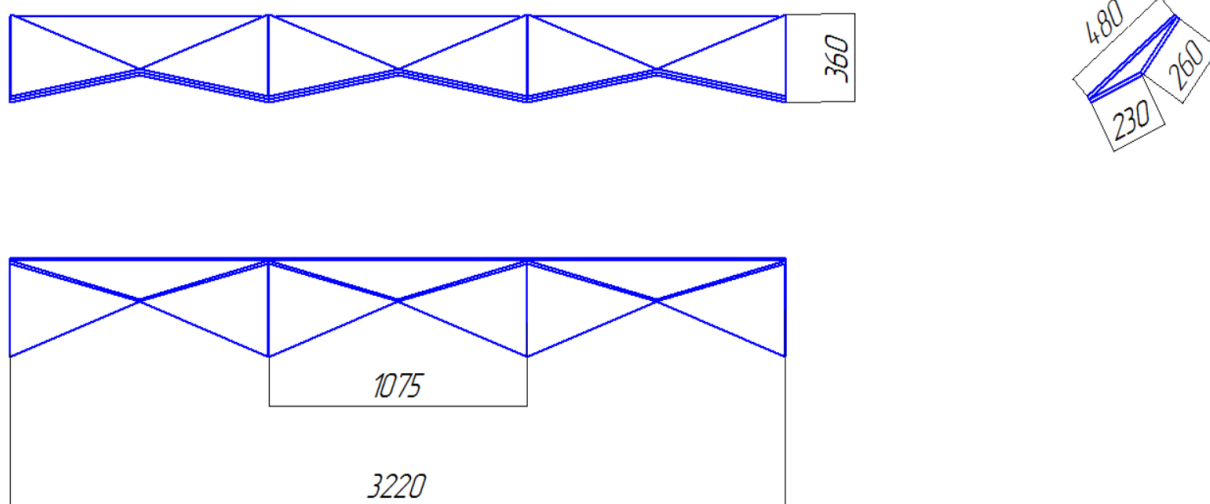


Рис. 4.1. Ножова система бульдозера

Ножі бульдозерів виготовляють з низьковуглецевої сталі з нанесенням на ріжучу частину шару сормайт. Сормайт – порошкоподібний сплав, що є чорно-сірою зерноподібною масою з розміром зерен 1...2 мм. Хімічний склад: вуглецю 8...10%, хрому 16...20%, марганцю 13...17%, кремнію не більше 3%, решта – залізо. Твердість наплавленого шару HRC 75...78. Температура плавлення сормайт 1300...1350°C.

Ніж виготовлений зі сталевого прокату - лист $\frac{16 \text{ ГОСТ } 19904 - 74}{\text{Ст } 5 \text{ис } \text{ГОСТ } 14637 - 89}$.

4.2 Проектування маршруту виготовлення і відповідного устаткування

Спроектований технологічний маршрут виготовлення ножа бульдозера наведений в таблиці 4.1.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 4.1

Технологічний маршрут виготовлення ножа бульдозера

№ з.п.	Назва операції	Устаткування	Інструмент	Матеріали
1	2	3	4	5
005	Відрізна	Верстат для гідроабразивного різання WJ 2030B-1Z-EKO		Водноабразивний склад
010	Фрезерна	Верстат фрезерний 6Б75, притиски	Фреза 2210-0063 ГОСТ 9304-69; лінійка сталева 1000 мм ГОСТ 497-75; штангенциркуль ШЦ-1-125-0,01 ГОСТ 166-89	МОР МР-10 ТУ 0258-032-06377-288-2001
015	Фрезерна	Верстат фрезерний 6Б75, стіл поворотний с ноніусом	Фреза 2210-0085 ГОСТ 9304-96; лінійка сталева 1000 мм ГОСТ 497-75; штангенциркуль ШЦ-1-125-0,01 ГОСТ 166-89	МОР МР-10 ТУ 0258-032-06377-288-2001
020	Свердлувальна	Верстат вертикально-свердлильний 21104Н7Ф4	Свердло 2301-3578 ГОСТ 10902-77; Зенкер 2320–2565 h8 ГОСТ 12489–71; штангенциркуль ШЦ-1-125-0,01 ГОСТ 166-89	МОР МР-10 ТУ 0258-032-06377-288-2001
025	Наплавлювальна	Автомат-А530М	Лінійка сталева 1000 мм ГОСТ 497-75; штангенциркуль ШЦ-1-125-0,01 ГОСТ 166-89	Сормайт прутковий Пр-С27 ГОСТ 21449-75 (d = 6 мм)
030	Термічна	Установка для гартування СВЧ	Індуктор для гартування плоских деталей	

					ДІП. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закінчення таблиці 4.1				
1	2	3	4	5
035	Правка	Пресс гідравлічний ПСТ-621, призми, плита контрольна,	Індикатор го- динного типу ИЧ02-0,001 ГОСТ 577-68; стійка С-І (07201), штатив Ш-П Н ГОСТ 10197-70	
040	Шліфувальна	Верстат плоскошлі- фувальний 3П756Л, плита магнітна	Круг ПП 150×30× 15 А ГОСТ 2424-83; лінійка сталева 1000 мм ГОСТ 497-75; штан- генциркуль ШЦ- 1-125-0,01 ГОСТ 166-89	Зв'язка керамічна
045	Контрольна	Плита контрольна	Лінійка сталева 1000 мм ГОСТ 497-75; штан- генциркуль ШЦ- 1-125-0,01 ГОСТ 166-89	

4.3 Розрахунок режимів обробки і норм часу

Робимо розрахунок режимів основних операцій.

Режими обробки, основні параметри і норми часу розраховуються відповідно до методики, викладеної в [13].

Операція 010 – фрезерна.

На фрезерному верстаті 6Б750 виконується фрезерування плоскої поверхні шириною $B = 54$ мм і завдовжки $L = 1425$ мм. Потужність верстата 5,5 кВт.

Діаметр фрези $D = 160$ мм; фреза 2210-0063 ГОСТ 9304-69.

Призначаю режим різання.

Призначаю подачу на зуб фрези. По [8] $S_z = 0,1...0,22$ мм/об. Приймаю $S_z = 0,22$ мм/об.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Подача на оберт шпинделя:

$$S_O = S_Z \cdot z = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ мм/об.}, \quad (4.1)$$

де z – кількість зубів фрези.

Призначаю період стійкості фрези в хвилинах основного часу $T_p = 160$ хв.

Швидкість різання $\mathcal{G}_p$ визначимо з формули:

$$\mathcal{G}_p = \mathcal{G}_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3 = 125 \cdot 0,85 \cdot 0,88 \cdot 1 = 93,5 \text{ м/хв.}, \quad (4.2)$$

де $\mathcal{G}_{\text{табл}}$ – швидкість різання, м/хв., $\mathcal{G}_{\text{табл}} = 125$ м/хв.; K_1 – коефіцієнт, залежний від матеріалу, що обробляється, $K_1 = 0,85$; K_2 – коефіцієнт, залежний від типу, матеріалу і стійкості інструменту, $K_1 = 0,88$; K_3 – коефіцієнт, залежний від товщини деталі, $K_2 = 1$.

Розраховую число обертів шпинделя верстата n , об/хв., що відповідає знайдений швидкості головного руху різання:

$$n = \frac{1000 \mathcal{G}_p}{\pi D} = \frac{10000 \cdot 93,5}{3,14 \cdot 160} = 186,1 \text{ об./хв.}, \quad (4.3)$$

де D – діаметр фрези, мм, $D = 160$ мм; $\mathcal{G}_p$ – швидкість різання, м/хв., $\mathcal{G}_p = 93,5$ м/хв.

Корегую частоту обертання за даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання $n_o = 200$ об./хв.

Тоді уточняю величини $\mathcal{G}_p$, м/хв., по набутих значенням n_o , об/хв.:

$$\mathcal{G}_o = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 200}{1000} = 100,5 \text{ м/хв.} \quad (4.4)$$

Визначаю довжину робочого ходу супорта, мм;

$$L = L_p + L_n + L_o = 1425 + 8 + 2 = 1435 \text{ мм}, \quad (4.5)$$

де L_p – довжина різання, мм, $L_p = 1,425$ мм; L_n – величина підведення, врізання, перебігу інструменту, мм, $L_n = 8$ мм; L_o – додаткова довжина ходу інструменту, мм, викликана особливостями наладки або конфігурації деталі, $L_o = 2$ мм.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Визначаю швидкість руху подачі:

$$S_m = S_z z n = 0,2 \cdot 10 \cdot 100 = 200 \text{ мм/хв.}, \quad (4.6)$$

де S_z – подача на зуб фрези, мм/об., $S_m = 0,2$ мм/об.; z – кількість зубів фрези, $z = 10$; n – число обертів шпинделя верстата, об./хв., $n = 100$ об./хв.

Розрахую основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L}{S_m} = \frac{1435}{200} = 7,2 \text{ хв.} \quad (4.7)$$

де L – довжина робочого ходу супорта, мм, $L = 1435$ мм; S_m – швидкість руху подачі, мм/хв., $S_m = 200$ мм/хв.

Знайду потужність різання:

$$N_p = N_z K, \text{ кВт}, \quad (4.8)$$

де N_z – потужність різання за даними графіка [13], що визначається залежно від об'єму шару, що зрізається, в одиницю часу Q , кВт; K – коефіцієнт, залежний від матеріалу, що обробляється і його твердості, $K = 1,05$.

$$Q = \frac{tBS_m}{1000} = \frac{5,5 \cdot 54 \cdot 200}{1000} = 59,4 \text{ см}^3/\text{хв.}, \quad (4.9)$$

де t – товщина зрізаного шару, мм, $t = 5,5$ мм; B – ширина деталі, мм, $B = 54$ мм.

За цієї умови $N_z = 1,9$ кВт.

Тоді потужність різання:

$$N_p = 1,9 \cdot 1,05 = 1,99 \text{ кВт.}$$

Перевірка достатності потужності.

Потужність різання з урахуванням ККД верстата:

$$N = \frac{N_p}{\eta} = \frac{1,99}{0,8} = 2,5 \text{ кВт}, \quad (4.10)$$

де η – ККД верстата, $\eta = 0,8$ кВт.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Обробка можлива, оскільки потужність фрезерного верстата 6Б75 дорівнює 4,4 кВт.

Операція 020 – свердлувальна.

Перехід 1 – Свердління отворів.

Свердління виконується на свердлувальному верстаті 21104Н7Ф4 з частотою обертання патрона зі свердлом в межах 30...3000 об./хв., потужність електродвигуна 5,5 кВт. Свердління виконується свердлом діаметром 12 мм ГОСТ 10902-77.

При свердлінні глибина різання визначається наступним виразом:

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 12 = 6, \text{ мм}, \quad (4.11)$$

де D – діаметр свердла, мм, $D = 12$ мм.

При свердлінні отворів вибираємо максимально допустиму по міцності свердла подачу $s = 0,32$ мм/об.

Швидкість різання при свердлінні:

$$g = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} = \frac{9,8 \cdot 12^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,32^{0,5}} = 21,4, \text{ м/хв.}, \quad (4.12)$$

де T – період стійкості свердла, хв., $T = 50$ хв.; C_v , q , y , m – коефіцієнт і показники ступеня, що призначаються залежно від виду обробки, подачі і виду матеріалу свердла, $C_v = 9,8$, $q = 0,40$, $y = 0,50$, $m = 0,20$.

Потужність, що витрачається на свердління:

$$P = \frac{M_{кр} n}{9750}, \text{ кВт}, \quad (4.13)$$

де n – частота обертання свердла, об./хв.; $M_{кр}$ – крутний момент при свердлінні, Нм.

Частота обертання свердла:

$$n = \frac{1000g}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 21,4}{3,14 \cdot 12} = 567,9 \text{ об./хв.} \quad (4.14)$$

За паспортом верстата приймаю частоту обертання свердла 580 об./хв.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Крутний момент при свердлінні:

$$M_{кр} = 10C_m D^q s^y = 10 \cdot 0,0345 \cdot 12^2 \cdot 0,32^{0,8} = 19,97 \text{ Нм}, \quad (4.15)$$

де C_m , q , y – коефіцієнт і показники ступеня, що призначаються залежно від виду оброблюваного матеріалу, $C_m = 0,0345$, $q = 0,8$.

Потужність, що витрачається на свердління рівна з урахуванням ККД верстата, $\eta = 0,75$:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750 \eta} = \frac{19,97 \cdot 580}{9750 \cdot 0,75} = 1,58 \text{ кВт}. \quad (4.16)$$

Основний час свердління:

$$t_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{ns}, \text{ хв.} \quad (4.17)$$

де l_1 – довжина врізання свердла, мм,

$$l_1 = 0,5 D \operatorname{ctg} 120^\circ = 0,5 \cdot 12 \cdot 0,57 = 3,42 \text{ мм}, \quad (4.18)$$

l_2 – товщина деталі, мм, $l_2 = 16$ мм; l_3 – перебігання при виході з просвердленого отвору, мм, $l_3 = 8$ мм.

Основний час:

$$t_o = \frac{3,42 + 16 + 8}{580 \cdot 0,32} = 0,15 \text{ хв.}$$

Перехід 2 – Зенкування фасок в отворах.

Зенкування виконується на свердлувальному верстаті 21104Н7Ф4 з частотою обертання патрона із зенкером в межах 30...3000 об./хв., потужність електродвигуна 5,5 кВт. Зенкування виконується зенкером ГОСТ 12489-71.

При зенкуванні глибина різання визначається наступним виразом:

$$t = 0,5(D - d) = 0,5(20 - 12) = 4 \text{ мм}. \quad (4.19)$$

де D – діаметр зенкера, мм, $D = 20$ мм; d – діаметр отвору під зенкування, мм, $d = 12$ мм.

При зенкуванні отворів вибираємо подачу $S = 1$ мм/об.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Швидкість різання при зенкуванні рівна:

$$g = \frac{C_v D^q}{T^m s^y t^x} = \frac{16,2 \cdot 20^{0,4}}{50^{0,5} \cdot 1^{0,5} \cdot 5^{0,2}} = 5,5 \text{ м/хв.}, \quad (4.20)$$

де T – період стійкості зенкера, хв., $T = 50$ хв.; C_v , q , y , m , x – коефіцієнт і показники ступеня, що призначаються залежно від виду обробки, подачі і виду матеріалу зенкера $C_v = 16,2$, $q = 0,40$, $y = 0,5$, $m = 0,3$, $x = 0,2$.

Потужність, що витрачається на зенкування:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750 \eta}, \text{ кВт}, \quad (4.21)$$

де n – частота обертання зенкера, об./хв.; $M_{кр}$ – крутний момент при зенкуванні, Нм; η – ККД верстата, $\eta = 0,75$.

Частота обертання зенкера:

$$n = \frac{1000g}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 5,5}{3,14 \cdot 20} = 87,6 \text{ об./хв.} \quad (4.22)$$

Приймаю частоту обертання зенкера за паспортом верстата 95 об./хв.

Крутний момент при зенкуванні:

$$M_{кр} = 10C_m D^q s^y t^x = 10 \cdot 0,09 \cdot 20^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 4^{0,9} = 12,5 \text{ Нм}, \quad (4.23)$$

де C_m , q , y , x – коефіцієнт і показники ступеня, що призначаються залежно від виду оброблюваного матеріалу, $C_m = 0,09$, $q = 1$, $y = 0,7$, $x = 0,9$.

Потужність, що витрачається на зенкування:

$$N = \frac{12,5 \cdot 95}{9750 \cdot 0,75} = 0,16 \text{ кВт}. \quad (4.24)$$

Основний час зенкування:

$$t_o = \frac{l_1 + l_2}{ns} = \frac{4 + 3}{95 \cdot 1} = 0,074 \text{ хв.} \quad (4.25)$$

де l_1 – довжина врізання зенкера, мм, $l_1 = 4$ мм; l_2 – перебіг при виході з отвору, мм, $l_2 = 3$ мм.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Операція 025 – наплавлювальна.

Розрахунок режимів наплавлення ведемо за методикою, наведеною в [14].

Режим наплавлення включає показники: величину і вид струму, величину напруги дуги, швидкість наплавлення, крок наплавлення, зміщення електроду від зеніту.

Величина струму залежить від діаметра електроду і від товщини деталі. Зварювальна дуга стійко горить при щільності зварювального струму $I_{св}$ не менше 25 А/мм².

Напруга визначається по формулі:

$$U = 21 + 0,04 \cdot I_{св} = 21 + 0,04 \cdot 160 = 27,4 \text{ В}, \quad (4.26)$$

де I – струм наплавлення, А, $I = 160$ А.

Показник, що характеризує питоме значення швидкості наплавлення, є коефіцієнтом наплавлення:

$$K_n = 2,3 + 0,065 \frac{I_{св}}{d_{np}} = 2,3 + 0,065 \frac{160}{4} = 4,9 \text{ г/А год.} \quad (4.27)$$

де d_{np} – діаметр прутка електроду, мм, $d_{np} = 4$ мм.

Швидкість переміщення дуги, або швидкість наплавлення, обумовлюється шириною валика і глибиною проплавлення:

$$g_n = \frac{K_n I_{св}}{100 \cdot 60 \cdot F \gamma} = \frac{4,9 \cdot 160}{100 \cdot 60 \cdot 0,3 \cdot 7,8} = 0,056 \text{ м/хв.} \quad (4.28)$$

де F – площа поперечного перерізу напавленого валика, см², при $d_{np} = 4,0 \dots 6,0$ мм; $F = 0,08 \dots 0,4$ см²; γ – щільність матеріалу шва, г/см³, $\gamma = 7,8$ г/см³.

Крок наплавлення визначається перекриттям валиків і впливає на хвилястість напавленого шару:

$$s = (2 \dots 2,5) d_{np} = 2,0 \cdot 4,0 = 8,0 \text{ мм.} \quad (4.29)$$

Основний час при напавленні плоских деталей:

					ДІП. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$t_o = \frac{lB}{1000 \mathcal{G}_i s} = \frac{1425 \cdot 55}{1000 \cdot 0,056 \cdot 8} = 174 \text{ хв.} \quad (4.30)$$

де B – ширина ділянки, що наплавляється, мм, $B = 55$ мм; l – довжина деталі, мм, $l = 1425$ мм.

Операція 040 – шліфувальна.

Після наплавлення виконується шліфування цих поверхонь до номінальних розмірів.

Шліфування виконується на плоскошліфувальному верстаті 3П756Л з частотою обертання шпинделя зі шліфувальним кругом 1000 об./хв. Необхідна потужність електродвигуна 30 кВт. Шліфування виконується кругом ПП 150×30×15 А ГОСТ 2424-83.

Довжина поверхні, що обробляється, $l = 1425$ мм. Частота обертання шліфувального круга $n_k = 1000$ об./хв.

При шліфуванні периферією круга з радіальною подачею потужність визначається по формулі:

$$P = C_N \mathcal{G}_d^r s_p^y l^q t^x, \text{ кВт,} \quad (4.31)$$

де l – довжина шліфування, мм, $l = 170$ мм; $\mathcal{G}$ – швидкість руху круга, м/хв., $\mathcal{G} = 25$ м/хв.; t – глибина шліфування, мм, $t = 0,01$ мм; s_p – переміщення шліфувального круга в радіальному напрямі, мм/об., $s_p = 0,005$ мм/об.; C_N, r, y, q, x – поправочний коефіцієнт і ступені для табличних умов роботи, $C_N = 0,68$, $r = 1,0$, $y = 0,8$, $x = 0,8$, $q = 0,5$.

Тоді потужність при шліфуванні:

$$N = 0,68 \cdot 25^1 \cdot 0,05^{0,8} \cdot 170^{0,5} \cdot 0,01^{0,8} = 0,51 \text{ кВт.} \quad (4.32)$$

З урахуванням ККД верстата потужність:

$$N_{рез} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,51}{0,8} = 0,64 \text{ кВт,} \quad (4.33)$$

де – ККД верстата, $\eta = 0,8$.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Отже двигун має потужність, необхідну для шліфування.

Число проходів визначимо по наступній залежності:

$$i = \frac{b}{t} = \frac{2}{0,6} = 3,33 \approx 4, \quad (4.34)$$

де t – товщина шару, що знімається, за прохід, мм, $t = 0,6$ мм; b – шар матеріалу, що знімається, при обробці, мм, $b = 2$ мм.

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{prod}} = \frac{1,425 \cdot 4}{5} = 1,14 \text{ хв.} \quad (4.35)$$

де L_{px} – довжина робочого ходу інструменту, м, $L_{px} = 1,425$ м; S_{prod} – довжина подача, м/хв., $S_{prod} = 5$ м/хв.

Сумарний основний час визначаємо, як суму основного часу на кожну з попередньо призначених операцій:

$$\sum t_o = 7,2 + 0,15 + 0,074 + 1,14 = 182,56 \text{ хв.} \quad (4.36)$$

Сумарний допоміжний час:

$$\sum t_{don} = 0,2 t_o = 0,2 \cdot 182,56 = 36,5 \text{ хв.} \quad (4.37)$$

Сумарний додатковий час:

$$\sum t_{dod} = 0,12 (\sum t_o + \sum t_{don}) = 0,12 (182,56 + 36,5) = 26,29 \text{ хв.} \quad (4.38)$$

Штучний час:

$$t_{um} = \sum t_o + \sum t_{don} + \sum t_{dod} = 182,56 + 36,5 + 26,29 = 245,35 \text{ хв.} \quad (4.39)$$

Отриманий результат свідчить про доцільність організації серійного виробництва ножа бульдозера.

4.4 Висновки за розділом

У даному розділі представлена структура технологічного процесу виготовлення ножа, яка при певних уточненнях може бути використана для створення робочого технологічного процесу виготовлення ножа, як елемента ножової системи для неповоротного відвала бульдозера та додаткової рухомої щелепи, шарнірно встановленої на відвалі бульдозера з можливістю копання ґрунту та виконання маніпуляторних робіт з штучними вантажами.

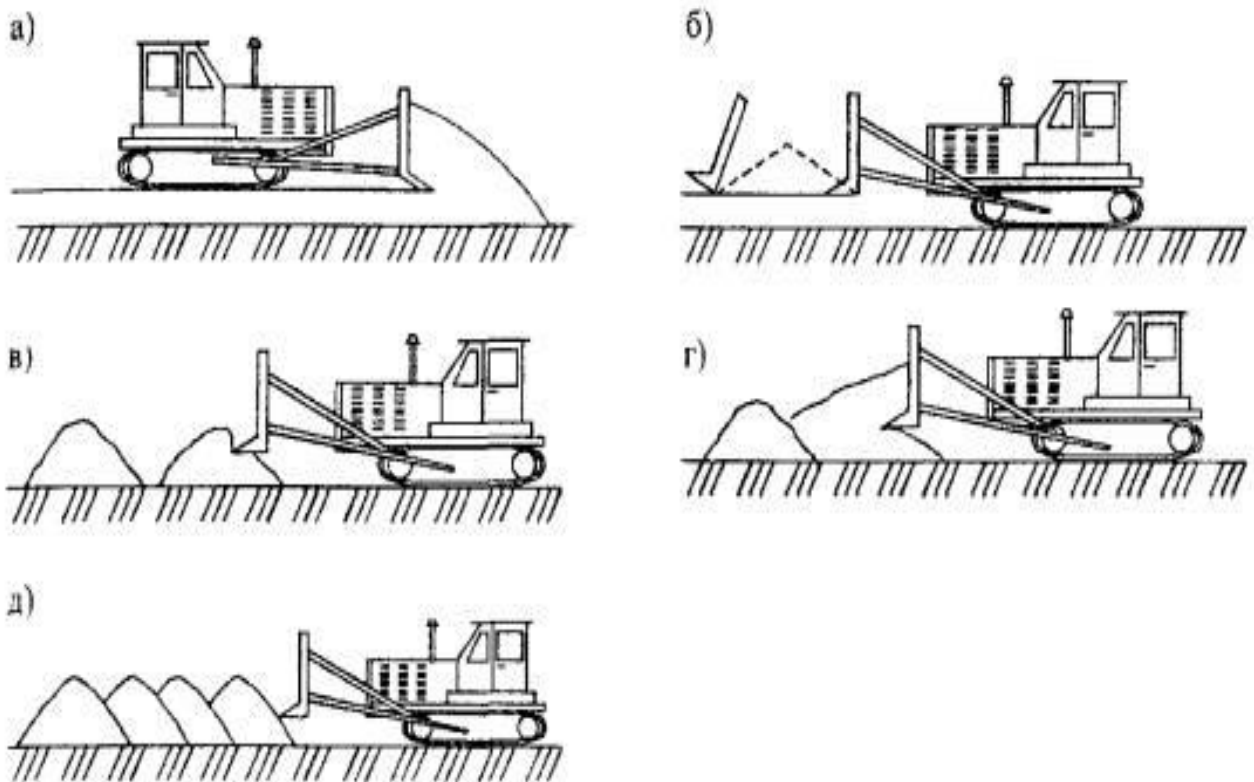
					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

5 ТЕХНОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ БУЛЬДОЗЕРА

5.1 Раціональні схеми роботи бульдозерів

Залежно від умов введення земляних та навантажувально-розвантажувальних робіт запропонованим робочим обладнанням бульдозера з рухомою щелепою, типу вантажів і транспортних засобів, темпу робіт і т.п. можуть застосовуватися різні схеми роботи бульдозера.

На рисунку 5.1 наведені характерні схеми роботи бульдозерів.



а - від себе; б - на себе; в - окремими масивами ґрунту;
г - у напівнатиску на ґрунт; д - у натиску на ґрунт;

Рис. 5.1. Схема укладки ґрунту бульдозером

Зворотний холостий хід здійснюється заднім або переднім ходом.

При переміщенні ґрунту на відстань менше ніж 50 м холостий хід бульдозера виконують заднім ходом.

До зведення земляного полотна необхідно:

- відновити і закріпити трасу дороги і смугу відведення;
- очистити територію в межах смуги відводу від чагарнику, пнів і валунів;

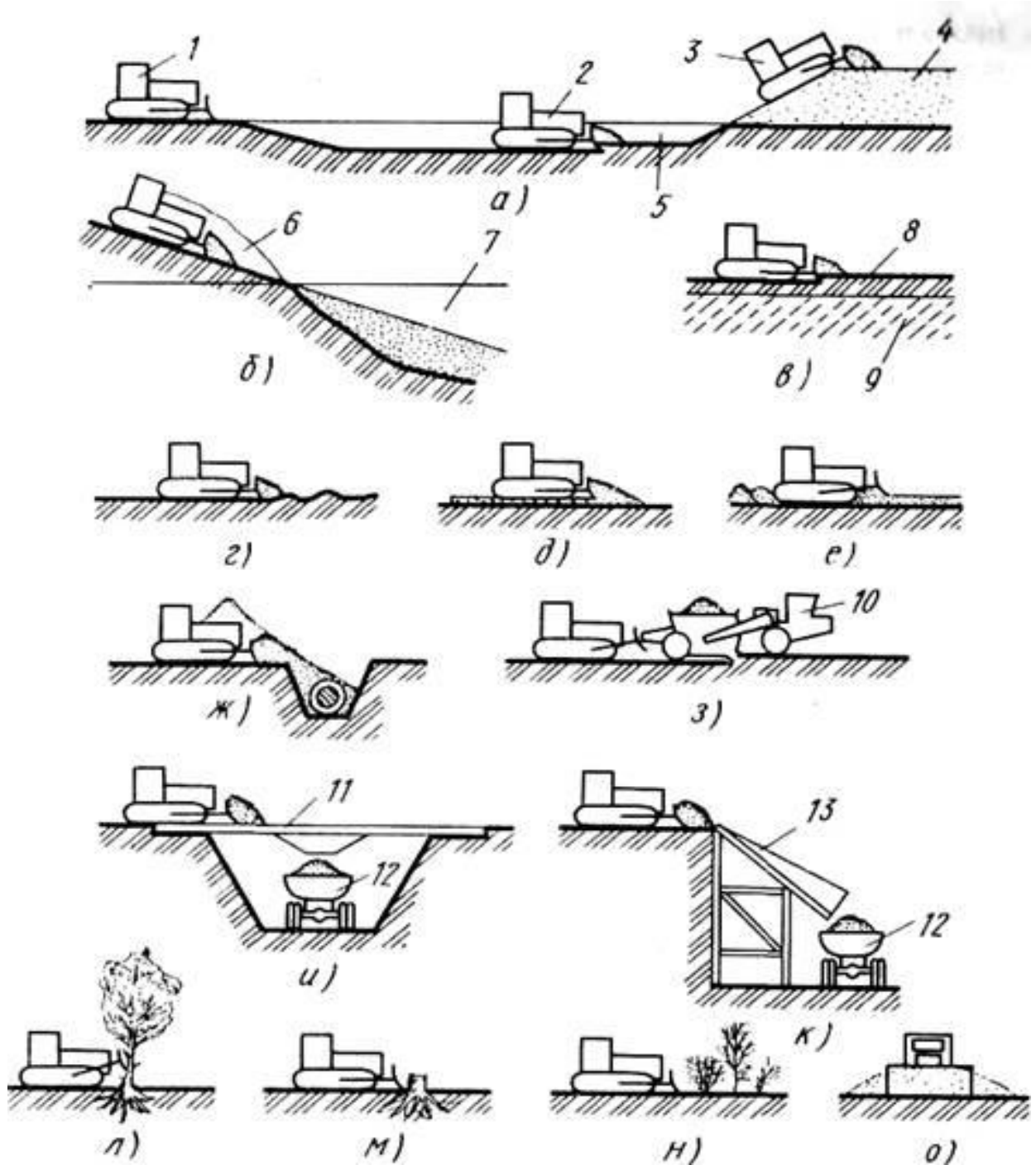
- провести планову та висотну розбивку земляного полотна;
- влаштувати тимчасовий водовідведення.

Роботи зі зведення земляного полотна. З бічних резервів бульдозером виконуються в розробленій технологічній послідовності процесів ведення робіт на семи захватках довжиною 200 м кожна (основні земляні роботи) і однієї - 600 м (заключні земляні роботи). Виконання робіт здійснюється потоковим способом.

Бульдозери виконують основні види робіт, схеми яких показані на рисунку 5.2. Ці машини споруджують насипи залізничних і автомобільних доріг, зрізають косогори і засипають виїмки, виконують планування ґрунту при передньому і задньому ході, розрівнюють матеріали, штовхають скрепери у важких ґрунтових умовах, завантажують ґрунт або штучні матеріали в автотранспортні засоби і на конвеєри за допомогою естакади або лотка, розрівнюють майданчик і засипають траншеї при будівництві нафтогазопроводів, зводять греблі, дамби і копають канали в меліоративному і гідротехнічному будівництві. Бульдозери можуть здійснювати валку дерев, корчування пнів, зрізання дрібнолісся і чагарників у дорожньому будівництві і лісовому господарстві. Широко застосовують бульдозери при видобутку корисних копалин відкритим способом у гірській справі як для збирання рослинного шару землі і порожньої породи, так і для розробки і транспортування вугілля, золотоносних пісків, залізних руд. Узимку бульдозери використовують для снігоочищення доріг і площ і снігозатримання в сільському господарстві.

Бульдозери-розпушники дозволяють значно розширювати галузь застосування машин. Вони працюють у більш важких кліматичних умовах завдяки можливості розпушувати і розробляти міцні і скельні породи, мерзлі ґрунти і замерзлі матеріали.

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



а - розробка траншеї, котловану, каналів з відсіпанням ґрунту в кавальєри, насипи;
б - зрізання косогорів і засипання виїмок; в - зняття родючого шару або порожньої породи;
г - планування переднім ходом; д - розрівнювання при передньому ході машини;
е - планування при задньому ході машини; ж - засипання траншеї; з - штовхання скрепера при наповненні ковша ґрунтом; и - навантаження ґрунту в автотранспорт з естакади;
к - навантаження матеріалів в автотранспорт із лотка; л - валка дерев; м - корчування пнів;
н - зрізання чагарників і дрібнолісся; о - снігоочисні роботи; 1 - вихідне положення бульдозера;
2 - різання і транспортування ґрунту; 3 - бульдозер на насипі; 4 - насип або кавальєр; 5 - траншея;
6 - косогір; 7 - виїмка; 8 - родючий шар або порожня порода;
9 - корисні копалини або будівельні матеріали; 10 - скрепер; 11 - естакада; 12 - автотранспорт;
13 - навантажувальний лоток;

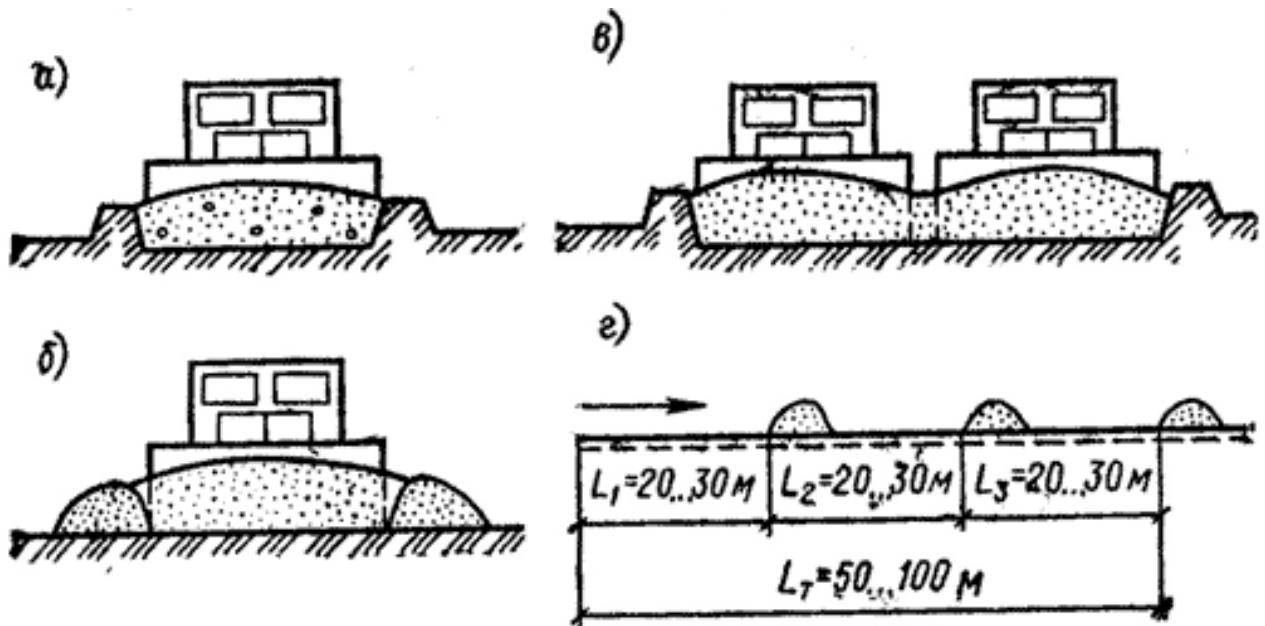
Рис. 5.2. Основні види робіт, виконуваних бульдозерами

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

5.2 Робота бульдозерів з відвалом

Робота бульдозерів відвалом показана на рисунку 5.3.

Ковшове устаткування універсальних будівельних навантажувачів включає ковші: нормальної, збільшеної і зменшеної місткості, скелетний, двоцелепний, з розвантаженням убік і з розвантаженням вперед на одну або дві сторони.



а - створенням траншеї; б - багаторазовими проходками по одному сліду; в - спареної роботою бульдозерів; г - створенням проміжних валів

Рис. 5.3. Робота бульдозерів відвалом

Залежно від характеру споруджуваних споруд, взаємного розташування місць розробки та відсипання ґрунту і від місцевих умов використовують різноманітні схеми руху бульдозерів. При цьому розрізняють три основні схеми розробки та переміщення ґрунту бульдозерами: пряму, бічну і ступеневу.

Пряму схему застосовують при копанні траншеї і виїмок, ширина яких незначно перевищує ширину відвалу бульдозера; при влаштуванні в'їздів, коли допускається відсипання ґрунту в одне місце, при цій схемі бульдозер здійснює зворотно-поступальний рух без поворотів, тому схему часто називають човниковою або маятниковою. При русі вперед бульдозер копає ґрунт і транспортує його до місця відвалу (робочий хід). Потім він заднім ходом повертається до місця початку копання ґрунту.

Бічну схему роботи бульдозера застосовують при переміщенні раніше розробленого ґрунту з відвалів або сипких матеріалів (піску, гравію та ін.) з бункерів, при розробці легких ґрунтів, зрізаних товстими шарами, а також при роботі на косягах. При цьому розроблений ґрунт розташовується збоку від шляху, по якому бульдозер транспортує його до місця відсипання. Бульдозер захоплює відвалом ґрунт, робить поворот, переміщує ґрунт на транспортний шлях, потім транспортує його до місця відсипання. Працювати за цією схемою може тільки кваліфікований бульдозерист, оскільки при недостатньому досвіді управління бульдозером значна частина ґрунту може бути втрачена під час повороту бульдозера.

Ступінчаста схема розробки та переміщення ґрунту застосовується при влаштуванні насипів, виконанні розкривних робіт і вертикального планування площ, коли допускається відсипати розроблений ґрунт по всій ширині виїмки. Робота ведеться паралельними проходками. Перемістивши ґрунт з однієї проходки, бульдозер здійснює холостий хід під кутом до осі робочого ходу і починає розробку і переміщення ґрунту на розташованій поряд проходці (див. рис. 5.3, а).

Залежно від ширини насипу розробку ґрунту ведуть в одно- і двосторонніх (див. рис. 5.3, б) бічних резервах. Перед початком робіт виконують геодезичну розбивку насипу і бічних резервів, метою якої є намітити вісь і межі основи насипу, межі берми і резервів. Резерви закладають переважно на нагірній стороні насипу з поперечним двостороннім ухилом дна 0,02 до середини резерву. Подовжній ухил дна резерву повинен складати не менше 0,002 та не більше 0,008. Для зручності роботи відсипання насипу ведуть захватками довжиною 50...100 м.

Розробку ґрунту починають від польового краю резерву. Бульдозер рухається на першій швидкості, реалізуючи максимальну силу тяги за двигуном, копає ґрунт шарами до 300 мм і переміщує його у бік насипу. При підході до берми відвал бульдозера поступово піднімають, щоб не зрізати ґрунт на бермі. Укладання ґрунту в тіло насипу здійснюють валиками, розміщуючи їх по ширині насипу. Холостий хід бульдозера в резерв здійснюється на максимальній швидкості заднього ходу.

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Від кожної проходки в резерві ґрунт укладають у тіло насипу, розміщуючи його по ширині. Потім бульдозер починає розробку ґрунту в наступній проходці. Після відсипання першого шару насипу по всій довжині захватки бульдозер піднімається на насип, переміщається вздовж нього, при цьому розрівнює покладений валиками ґрунт і частково ущільнює його гусеницями. Відсипку наступних шарів насипу бульдозером здійснюють у тій же послідовності. Після відсипання насипу до заданої висоти, бульдозер розрівнює верхній шар ґрунту, планує берми і дно резерву, доводячи подовжні і поперечні ухили до проєктних позначок.

Відсипку насипу висотою 1,5...2 м можна робити без пошарового розрівнювання насипаного ґрунту відразу на повну висоту. При цьому робоча відмітка насипу повинна бути збільшена порівняно з проєктною на 10...15%, оскільки насип протягом тривалого часу буде давати осадку.

Планування дна котловану і зрізання укосів виконують бульдозерами після розробки ґрунту екскаваторами. Якщо дно котловану є основою для фундаментів, ґрунт, залежно від типу і місткості ковша екскаватора, не добирають на 0,1...0,3 м. Дно котловану зачищають бульдозером, який переміщує ґрунт до екскаватора, а при невеликих відстанях переміщення і глибині котловану видаляє його сам.

При зачищенні укосів бульдозерами відвали ґрунту розташовують переважно уздовж нижнього краю укосу, який зачищають. Це дозволяє переміщати ґрунт зверху вниз (крутизна укосів не перевищує 1: 2,5).

Зворотне засипання траншей бульдозером проводиться ґрунтом з відвалу, розташованого уздовж траншеї. Після укладання трубопроводу, кабелю або пристрою іншої споруди, щоб уникнути їх пошкодження, їх засипають одночасно з двох сторін вручну на висоту 0,25...0,3 м, а подальше засипання траншеї виконують бульдозером перехресними поперечними ходами.

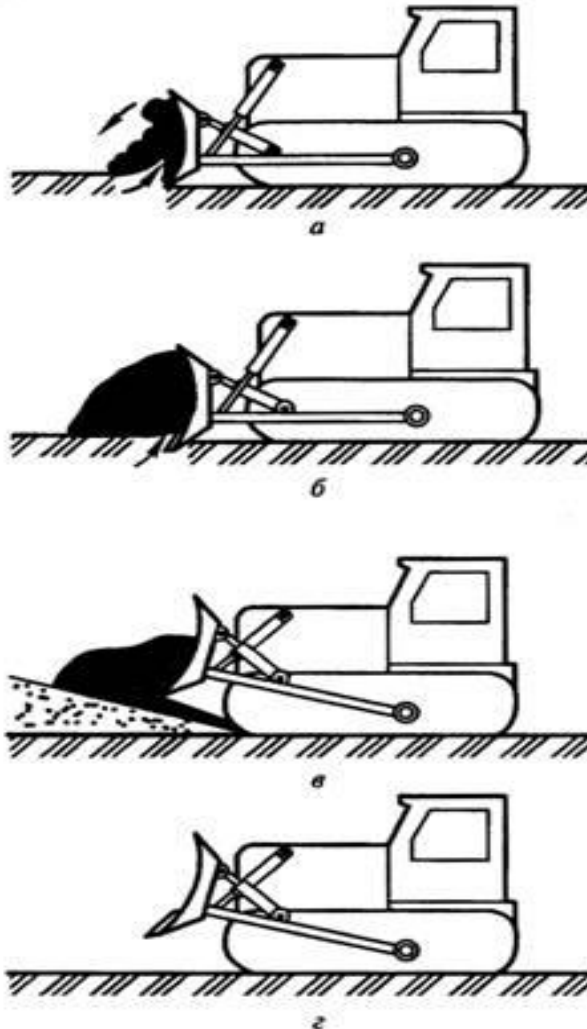
5.3 Робочий цикл бульдозера

Робочий цикл бульдозера наступний (рис. 5.4): при русі машини вперед відвал за допомогою системи управління заглиблюється в ґрунт, зрізає ножами шар ґрунту і

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

переміщує попереду себе утворену ґрунтову призму волоком по поверхні ґрунту до місця розвантаження; після відсипання ґрунту відвал піднімається в транспортне положення, машина повертається до місця набору ґрунту, після чого цикл повторюється. Максимально можливий обсяг призми волочіння сучасні бульдозери набирають на ділянці довжиною 6...10 м. Економічно доцільна дальність переміщення ґрунту не перевищує 60...80 м для гусеничних бульдозерів і 100...140 м для пневмоколісних бульдозерів.

www.bulldozer.org



а - різання; б - транспортування з підрізанням; в - відсипання; г - відкат назад (холостий хід);

Рис. 5.4. Схеми роботи бульдозера при розробці ґрунтів

Поширення набули гусеничні бульдозери, що мають високі тягові зусилля і прохідність. Чим вище тяговий клас базового трактора бульдозера, тим більший обсяг земляних робіт, який він здатний виконувати і розробляти більш міцні ґрунти.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Робочий цикл бульдозера складається з копання ґрунту, утворення призми волочіння, транспортування, її до місця штабелювання, зупинки для перемикання передач і підйому відвала, зворотного ходу машини, зупинки для увімкнення переднього ходу й опускання відвала на робочу поверхню.

Починається робочий цикл бульдозера і бульдозера - навантажувача з моменту першого руху машини (рис. 5.5, I).

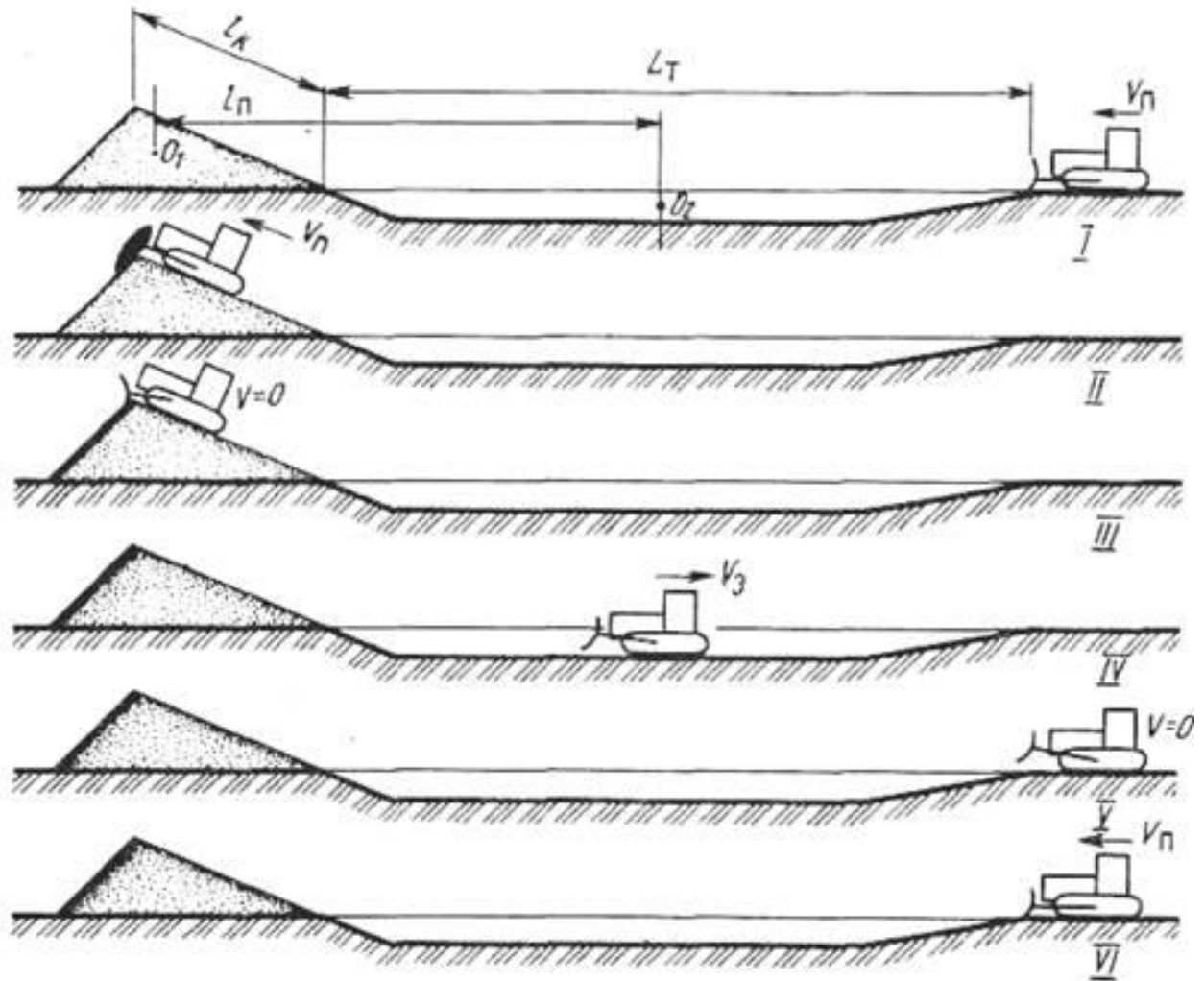


Рис. 5.5. Робочий цикл бульдозера і бульдозера-навантажувача при розробці траншеї

Потім здійснюється робочий хід (рис. 5.5, II), у процесі якого відвал копає ґрунт на початку траншеї (показано жирною лінією) до утворення призми волочіння і транспортує її до місця вивантаження на кавальєр зі швидкістю V_n . При переміщенні матеріалу машиніст продовжує набирати ґрунт у призму, тому що неминучі втрати його в бічні валики, пов'язані з тим, що його ножова система не

досконала. Але для запропонованої ножової системи з косим копанням ґрунту вони значно менші, ніж для традиційної. Після цього бульдозер зупиняється (рис. 5.5, III) для розвантаження і підйому відвала на 200...300 мм над поверхнею дна траншеї і увімкнення задньої передачі.

Пробивання терас і уступів на косогорах здійснюють бульдозерами з неповоротним і поворотним відвалами. Найбільш ефективний і безпечний спосіб переміщення ґрунту з косогору в напівнасип поперечними проходами машини під ухил. Такий спосіб доцільний на пологих схилах косогорів. При великих кутах нахилу використовують подовжній спосіб. У цьому випадку відвал бульдозера, установлений з перекосом, пробиває спочатку прохід. Робота подовжніми проходами більш продуктивна, однак необхідно виявляти особливу обережність, тому що можливо поперечне сповзання або перекидання машини по схилу. Тому з метою безпеки проведення робіт враховують поперечну стійкість бульдозера.

Остання операція циклу - зупинка машини (рис. 5.5, V) для увімкнення передньої передачі й опускання відвала. Досвідчені машиністи поєднують перемикання передач і робочі рухи робочого устаткування.

Після цього робочий цикл повторюють (рис. 5.5, VI). У процесі руху бульдозер проходить довжину траншеї l_T і шлях по кавальєру l_K . Середній шлях транспортування - це відстань між центрами ваги поперечних перерізів траншеї (точка O_2) і кавальєру (точка O_1).

Робочий цикл бульдозера-розпушника містить у собі операції розпушування переднім ходом, зупинку для перемикання передачі назад і виглиблення робочого органу, зворотний хід машини і зупинку для увімкнення передньої передачі.

Починається робочий цикл бульдозера-розпушника з моменту руху вперед (рис. 5.6, I) заглибленого в ґрунт зуба.

Робочим ходом (рис. 5.6, II) вважається операція розпушення дна траншеї або котловану від початку до кінця. При зупинці (рис. 5.6, III) вмикають задній хід і виглиблюють розпушник. Рух машини назад називають холостим ходом (рис. 5.6, IV).

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Потім потрібна зупинка для перемикання передач і заглиблення робочого органа (рис. 5.6, V).

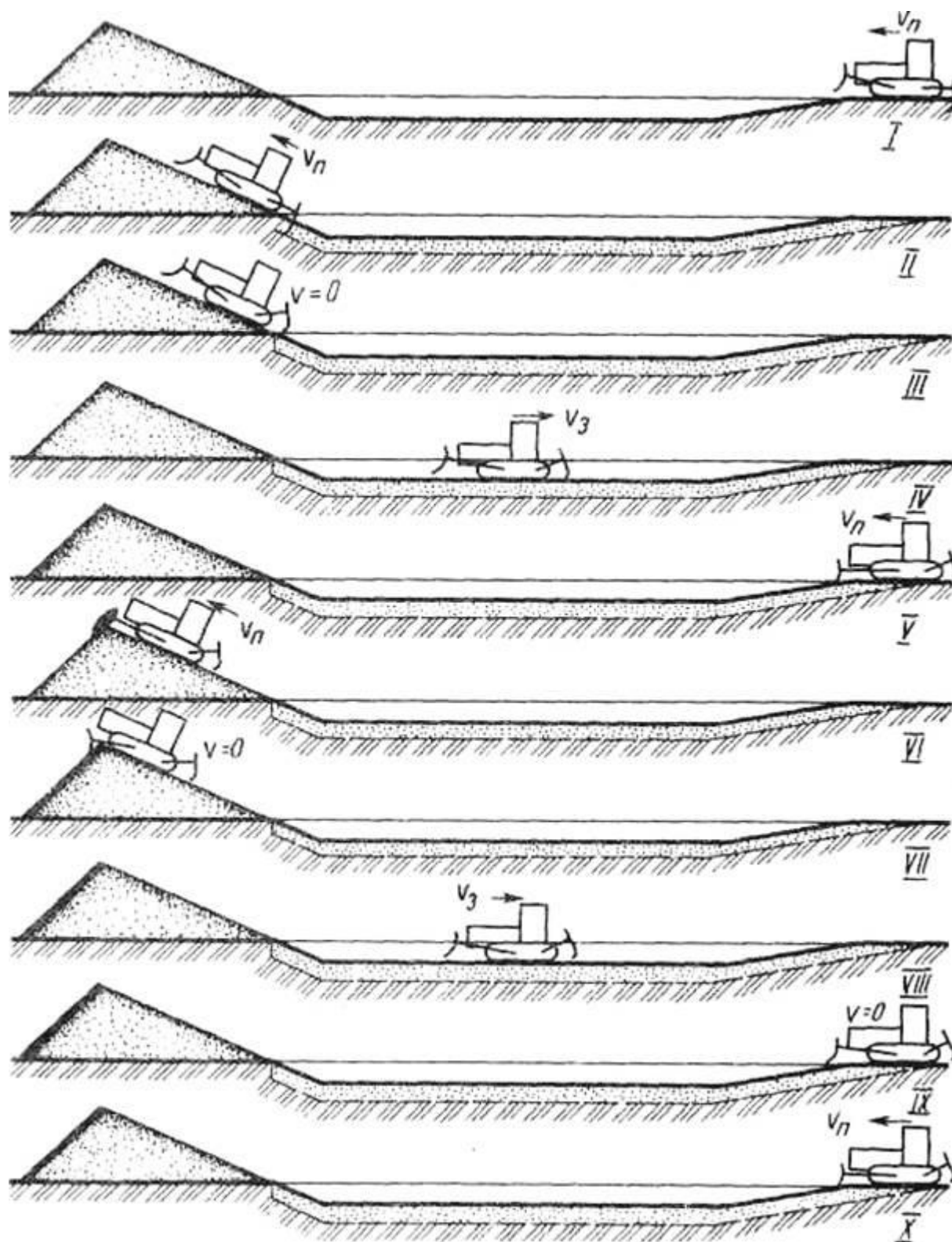


Рис. 5.6. Робочий цикл бульдозера-розпушувача при уривку траншеї і котловану з попереднім розпушуванням

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ. 630000. 304. КРПЗ

Арк.

67

При розпушуванні робочий цикл повторюють по паралельно зміщеній траєкторії. Часте розпушування сполучають зі збиранням відділеного від земляного масиву ґрунту бульдозером. У цьому випадку після закінчення розпушування розробляють ґрунт бульдозером по розглянутому циклі (рис. 5.6, операції VI, VII, VIII, IX, X), причому, залежно від глибини розпушеного шару, може бути доцільне збирання матеріалу не одним, а декількома робочими циклами бульдозера.

Бульдозери і бульдозери-навантажувачі виконують операції у такий спосіб. Пошарову розробку і переміщення матеріалів роблять при відстані транспортування 50...150 м. Великі відстані економічно вигідні для важких бульдозерів. При поверхневій розробці ґрунтів і корисних копалин характерні човникові рухи машини, де чергуються робочий та холостий хід. Ґрунт доцільно набирати і перевозити по одному й тому ж проходу з утворенням бічних валиків, траншейним способом, спареною роботою бульдозерів, утворенням декількох призм. У легких ґрунтових умовах застосовують додаткове змінне устаткування бульдозера (відкрилки, поширювачі, подовжувачі, знімні козирки).

При поперечному переміщенні ґрунту з резервів доцільно використовувати траншейний спосіб розробки матеріалів і спарену роботу декількох машин. Перші призми подають у центр насипу наступні - ближче до її країв.

Призми волочіння укладають у режимі притискання до щільного ґрунту. Підйоми укосів насипу, по яких подається ґрунт, не повинні перевищувати 30%. При великих підйомах насипу робота неефективна.

Подовжніми рухами бульдозера в напрямку подовжньої осі насипу доцільно подавати ґрунт під ухил. Висота насипу в цьому випадку може бути до 4...5 м.

Подовжній двосторонній спосіб забезпечує велику продуктивність бульдозерів. Його застосовують при невеликій довжині виїмок і у випадках, коли ґрунт, виїнятий з виїмки, цілком укладають у прилягаючі насипи. Поперечний спосіб розробки виїмки застосовують, коли надлишки ґрунту укладають у кавальєри уздовж майбутнього полотна дороги.

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

5.4 Висновки за розділом

Наведені в розділі схеми роботи бульдозерів з різними транспортними засобами, видами робочого устаткування і матеріалами та з врахуванням конкретних умов роботи дозволяють однозначно визначатися із технологією виконання бульдозерних і навантажувальних робіт та з параметрами цього процесу.

Критичний аналіз можливих нераціональних схем виконання вантажних операцій дозволить уникнути нештатних ситуацій та значно підвищити продуктивність роботи бульдозерів-навантажувачів, максимально повно використовуючи їх потужність, стійкість та ресурс роботи протягом періоду експлуатації.

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ГІДРОПРИВОД БУЛЬДОЗЕРА

Гідросистема бульдозера включає: насос НШ–100А–3Л сумарною продуктивністю 250...300 л/хв, розподільний механізм із запобіжним клапаном, гідробак і металеві трубопроводи. Тиск в гідросистемі (робочий) 10 МПа.

Гідросистема навісного устаткування включає: два гідроциліндри двосторонньої дії для підйому (опускання) робочого обладнання; два гідроциліндри двосторонньої дії для нахилу відвала; два гідроциліндри двосторонньої дії для підйому (опускання) щелепи; металеві трубопроводи і гнучкі шланги (рукави високого тиску), сполучаючи гідромеханізми.

Гідравлічна система базового трактора (рис. 6.1), має трисекційний чотирипозиційний розподільний Р160–311–111 з перепускними і запобіжними клапанами. В систему входять: гідроциліндри: підйому (опускання) робочого обладнання, нахилу відвала, підйому (опускання) щелепи, бак для робочої рідини, фільтр, кран, гідробак, клапан запобіжний, фільтр, рукави високого тиску, дросельні шайби та маслопроводи. Перемикання важелів гідророзподільника проводиться за допомогою рукояток, встановлених в кабіні.

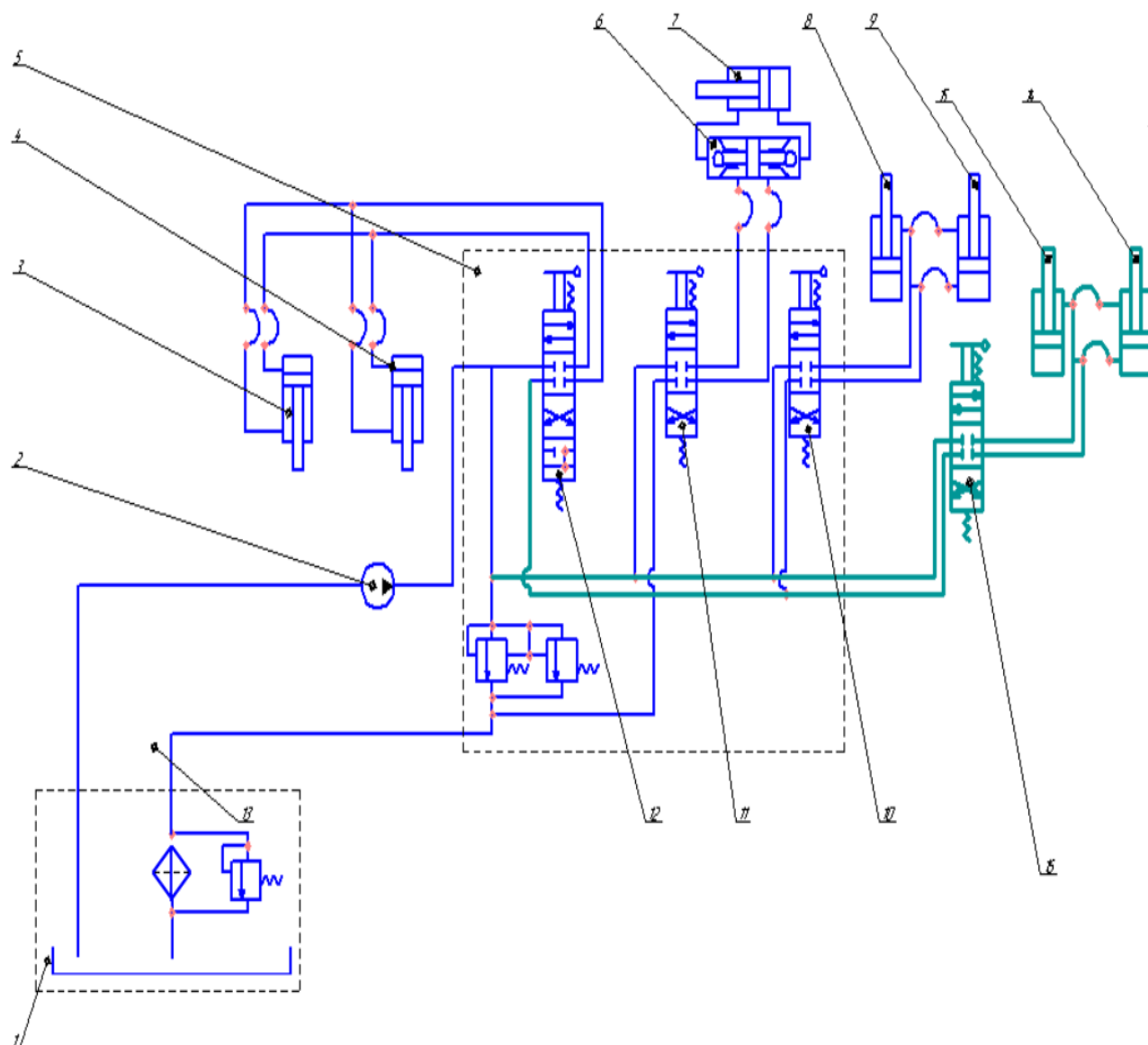
В системі маслопроводів бульдозера відсутні гнучкі трубопроводи високого тиску, замість них в шарнірних зчленуваннях системи важеля передбачені кільцеві гідрозйомники (муфти).

Насос може бути встановлений на лівій стороні двигуна і приводитися від валу приводу вентилятора через кулачкову муфту. В напірній магістралі встановлений запобіжний клапан, відрегульований на тиск 17 МПа.

Гідророзподільник – тризолотниковий з незалежним управлінням і запобіжним клапаном. Золотники мають чотири положення: «підйом», «замкнено» (нейтральне), «опускання» і «плаваюче». Всі положення золотників фіксуються.

Для приводу гідронасоса із задньої сторони трактора встановлений спеціальний редуктор з приводом від валу відбору потужності. На редукторі змонтований гідронасос НШ–100А–3Л.

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70



1 – гідробак; 2 – насос; 3, 4, 7, 8, 9, 14, 15 – гідроциліндри; 5 - розподільник із блоком запобіжних клапанів; 6 - гідрозамок; 10, 11, 12, 16 - золотники; 13 – фільтр;

Рис. 6.1. Схема гідроприводу бульдозера

Для зниження граничного тиску в гідросистемі бульдозера встановлено запобіжний клапан. Для запобігання пошкодженню радіатора двигуна спереду трактора встановлено кожух.

Підйом і опускання робочого обладнання здійснюється двома гідроциліндрами двосторонньої дії. Підйом (опускання) щелепи виконується також двома гідроциліндрами.

Гідропривод бульдозера приєднаний до гідросистеми базового трактора і представляє з ним єдину систему.

Всі чотири положення золотників визначаються наявністю відповідних упорів. З будь-якого положення рукоятка управління повертається в нейтральне положення під дією пружини золотника. В крайню секцію розподільника вмонтований запобіжний клапан, відрегульований на тиск 17МПа.

При перемиканні рукоятки золотника розподільника масло під тиском поступає в гідроциліндри і приводить в рух штоки, пов'язані з важелями; відбувається поворот веденої ланки, пов'язаної із стрілою. Масло з однієї порожнини гідроциліндра через золотник вільно зливається в бак, тоді як друга порожнина гідроциліндра заповнюється маслом з бака. При зворотному перемиканні рукоятки золотника масло під тиском поступає в другу порожнину гідроциліндрів, і ведена ланка із стрілою повертається в іншу сторону.

Два гідроциліндри управління відвалом (двосторонньої дії) працюють паралельно від першої секції гідророзподільника. При установці рукоятки золотника розподільника в положення «підйом» масло під тиском поступає в обидва гідроциліндри і підіймає відвал бульдозера до гори. При установці рукоятки золотника в положення «опускання» масло під тиском поступає в протилежну порожнину гідроциліндрів, і ківш навантажувача опускається.

Два гідроциліндри управління щелепою (двосторонньої дії) працюють паралельно від третьої секції гідророзподільника. При установці рукоятки золотника розподільника в положення «підйом» масло під тиском поступає в обидва гідроциліндри і повертає щелепу навантажувача догори. При установці рукоятки золотника в положення «опускання» масло під тиском поступає в протилежну порожнину гідроциліндрів, і щелепа опускається.

Трубопроводи гідросистеми виконані із сталевих труб і гнучких рукавів високого тиску. До гідроциліндрів вони приєднуються за допомогою штуцерів і накидних гайок. В заливній горловині масляного бака поміщається сітчастий фільтр для очищення масла від механічних домішок. В бічних стінках бака є два отвори, через які по трубопроводах масло прямує: по одному з них - в насос, а по іншому - в бак. На вході в бак в зливній магістралі встановлений фільтр.

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи модернізована землерийно-транспортна машина (ЗТМ) – бульдозер шляхом удосконалення робочого обладнання, а саме, його неповоротний відвал оснащений додатковою щелепою та ножовою системою з косим копанням ґрунту.

ЗТМ особливо ефективні під час розробки ґрунтів у великих об'ємах. Порівняно з іншими машинами для земляних робіт, які використовують у поєднанні з відповідним транспортним засобом, вони відрізняються істотно меншими металомісткістю й енергоемністю процесу.

ЗТМ переважно виконують земляні роботи в дорожньому, гідротехнічному й аеродромному будівництві. Бульдозери є універсальними машинами, їх застосовують для усіх видів робіт у різних галузях.

При виконанні кваліфікаційної роботи виконаний силовий, конструктивний розрахунок і, зокрема, робоче обладнання бульдозера на предмет визначення раціональних параметрів процесу копання ґрунту.

Визначені умови виконання технологічних операцій із застосуванням різних видів робочого обладнання забезпечать енергоефективне застосування бульдозера при виконанні різних робіт.

Виконані креслення машини і її елементів (збірних одиниць і деталей), які ілюструють варіант модернізації робочого обладнання.

Перспективним напрямком поліпшення запропонованої конструкції обладнання є оптимізація усієї конструкції робочого обладнання з точки зору напружено-деформованого стану елементів металоконструкції відвала, ножової системи та рухомої щелепи.

					ДІПТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Проектирование машин для земляных работ. Богатырев А.М. [Текст] М.: Высш. шк. 1985. 298 с.
2. Хархута Н.Я., Капустин М.И. Дорожные машины [Текст]. Теория, конструкция и расчет. Л., Машиностроение, 1976.
3. Шмаков А.Т. Бульдозеры, скреперы, грейдеры в дорожном строительстве – М. [Текст]: Транзит, 1991.
4. Абрамов Н.Н. Курсовое и дипломное проектирование по дорожно-строительным машинам. М. [Текст], Высш. школа, 1972.
5. Васильев А.А. Дорожно-строительные машины. Справочник. [Текст], Машиностроение, 1972.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1-5-е изд. перераб. и доп. – [Текст] М.: Машиностроение, 1980. – 728 с., ил.
7. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию «Расчёт бульдозеров» для студентов специальности 15.04, 21.03 / Сост. Е.Е. Новиков, Л.А. Хмара, М.И. Деревянчук. – [Текст] Днепропетровск: ДИСИ, 1989.-32с.
8. Техническое описание и инструкция по эксплуатации трактора Т-130, В.А. Деревянкин, Ю.Д. Егоров, [Текст] 1985. – 305 с.
9. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1-5-е изд. перераб. и доп. – [Текст] М.: Машиностроение, 1980. – 728 с., ил.
10. Г.П. Бермандинер, В.Н. Горбатов. Техника безопасности при производстве земляных работ. – [Текст] М.: Высш. шк., 1957. – 32 с.
11. Добронравов С.С. Строительные машины и оборудование: Справочник для строит. спец. Вузов и инж. – тех. работников. – [Текст] М.: Высш. шк., 1991.-456 с.: ил.
12. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. Пособие для машиностроит. спец. техникумов. – [Текст] М.: Высш. шк., 1984.-336 с., ил.

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

13. Гальперин М.И., Домбровский Н.Г. Строительные машины, [Текст] М.: Машиностроение, 1966.

14. Охрана труда в грузовом хозяйстве железных дорог / Бекасов В.И., Лысенко Н.Е. и др. – [Текст] М.: Транспорт, 1984.- 182 с.: ил.

15. Основи охорони праці: Підручник. / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний і ін. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – [Текст] К.: Основа, 2003 - 472 с: іл.

16. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 2-е вид. / За ред. М. П. Гандзюка. [Текст] К.: Каравела, 2004. - 408 с.

17. Рабочие органы землеройных машин. Забегалов Г.В. – [Текст] М.: Высш. шк., 1986. 302 с.

18. Техничко – економічне обґрунтування дипломних проектів / під ред. В. И. Беклешова. – [Текст] М.: Высш. шк., 1991.

19. Блохін В.С., Маліч М.Г. Основні параметри технологічних машин. Машина для земляних робіт: У 2 ч.: Навч. посіб. – [Текст] К.: Вища шк., 2009. – Ч. 2. – 455 с.: іл.

20. Методические указания к выполнению задания по дисциплине «Гидравлический привод подъемно-транспортных машин» / сост. Злобинский В.Е., Муравьева И.Г. – [Текст] Днепропетровск: ДИИТ, 1999. – 64 с.

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

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

					ДІІТ. 630000. 304. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75