

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет автоматизації і інформаційних технологій**

(факультет)

**Кафедра машин і обладнання технологічних процесів**

(назва кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Назаренко І.І.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ**

**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**" Дослідження динаміки машин для розробки ґрунту"**

(назва)

Виконав студент групи: БМО-2маг

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(спеціальність)

**Калашников Олександр Сергійович**

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник

**Ручинський М.М.**

(прізвище та ініціали)

**к.т.н., професор**

(вчене звання, науковий ступінь)

Київ 2023 р.  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет автоматизації і інформаційних технологій**

---

(факультет)

**Кафедра машин і обладнання технологічних процесів**

---

(назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

" Дослідження динаміки машин для розробки ґрунту"  
(назва)

Київ 2023 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: автоматизації і інформаційних технологій  
Кафедра: машин і обладнання технологічних процесів  
Освітній рівень: «магістр за ОПП»  
Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

**"ЗАТВЕРДЖУЮ"**

Завідувач кафедру МОТП

\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. І.І. Назаренко

“ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ НА  
ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

**Калашникова Олександра Сергійовича**

(прізвище, ім'я, по батькові магістранта)

**1. Тема АМР:** Дослідження динаміки машин для розробки ґрунту  
Затверджена наказом ректора КНУБА № 1519/2 від 07.07.2023 р.

**2. Керівник роботи** Ручинський Микола Миколайович, к.т.н., професор  
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Науковий керівник і тема наукового дослідження затверджена рішенням Ради факультету, протокол № 13 від 21 червня 2023 р.

**3. Строк подання студентом роботи до захисту** 30 листопада 2023 року

**4. Зміст пояснювальної записки за розділами:**

Р.1. Обґрунтування теми магістерської роботи і огляд існуючих конструкцій.

Р.2. Науково-дослідна частина.

Р.3. Кінематичний розрахунок машини.

Р.4. Тяговий розрахунок бульдозера.

Р.5. Техногенна безпека.

**5. Графічний матеріал за розділами:**

Р.1. Огляд та аналіз конструктивних та технологічних параметрів бульдозерів - 4л.

Р.2. Дослідницька частина- 2л.

Р.3. Конструкторська частина-3л.

Р.4. Рекомендації по вдосконаленню бульдозерів - 1л.

**6. Календарний план виконання роботи**

№	Види робіт та їх зміст	Дата виконання
1	Розділ 1. Обґрунтування теми магістерської роботи і огляд існуючих конструкцій	Вересень 2023 р.

2	Розділ 2. Науково-дослідна частина	Жовтень 2023 р.
3	Розділ 3. Кінематичний розрахунок машини	Жовтень 2023 р.
4	Розділ 4. Тяговий розрахунок бульдозера	Жовтень 2023 р.
5	Розділ 5. Техногенна безпека	Листопад 2023 р.
6	Остаточне оформлення роботи	30 листопада 2023 р.
7	Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	30 листопада 2023 р.
8	Попередній захист роботи на кафедрі	05 грудня 2023 р.

### 7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

№	Розділ		Перевірів	
			Дата	Підпис
2	Розділ 1.	Проф. Свідерський А.Т.	12.10.2023 р.	
3	Розділ 2.		26.10.2023 р.	
4	Розділ 3.		09.11.2023 р.	
5	Розділ 4.		18.11.2023 р.	
6	Розділ 5.	Проф. Назаренко І.І. Проф. Ручинський М.М.	23.11.2023 р.	

8. Дата видачі завдання 01.09.2023 р.

Керівник \_\_\_\_\_ проф. Ручинський М.М.  
(підпис)

Консультант \_\_\_\_\_ проф. Свідерський А.Т.  
(підпис)

Студент \_\_\_\_\_ Калашников О.С.  
(підпис)

\

## ЗМІСТ

Вступ .....	7
<b>1. Обґрунтування теми магістерської роботи і огляд існуючих конструкцій.....</b>	<b>9</b>
1.1. Експлуатація машин в екстремальних кліматичних умовах.....	9
1.2. Основні вимоги до конструкції тракторів для роботи з навісним обладнанням.....	15
1.3. Бульдозери. Призначення і класифікація.....	19
1.4. Конструкція вітчизняних бульдозерів.....	24
1.5. Конструктивні особливості зарубіжних бульдозерів.....	26
1.6. Основні напрямки розвитку і вдосконалення бульдозерів.....	33
<b>2. Науково-дослідна частина.....</b>	<b>34</b>
2.1. Визначення центру ваги машини.....	34
2.1.1. Система координат.....	34
2.1.2. Визначення центру ваги машини в транспортному положенні робочого обладнання.....	34
2.1.3. Визначення центру ваги машини при виконанні бульдозерних робіт.....	36
2.1.4. Визначення центру ваги машини при копанні котлованів в немерзлих ґрунтах.....	37
2.1.5. Визначення центру ваги машини при копанні котлованів в мерзлих ґрунтах.....	38
2.2. Вертикальне навантаження на колеса тягача.....	39
2.2.1. Транспортне положення робочого обладнання (статика).....	39
2.2.2. Робота бульдозером.....	39
<b>3. Повздожня і поперечна стійкість машини.....</b>	<b>50</b>
<b>4. Кінематичний розрахунок.....</b>	<b>53</b>
<b>5. Тяговий розрахунок бульдозера.....</b>	<b>60</b>

<b>6. Техногенна безпека</b> .....	76
6.1. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів.....	76
6.2. Безпечна експлуатація дорожньо-будівельних машин .....	78
<b>Література</b> .....	87
<b>Додатки</b> .....	88

## ВСТУП

Траншейні екскаватори застосовують на будівництві лінійних підземних комунікацій відкритим способом для риття траншей прямокутного і трапецеидального-профілю під газо-, нафто-, водо- і продуктопроводи, каналізаційні та теплофікаційні системи, кабельні лінії зв'язку та електропостачання, а також риття траншей під протяжні стрічкові фундаменти будівель і споруд та оконтуривання котлованів і виїмок. Вони являють собою самохідні землерийні машини безперервної дії з багатоковшовим або бесковшовим (скребковим) робочим органом, які при своєму поступальному переміщенні розробляє ззаду себе за один прохід траншею певної глибини, ширини і профілю з одночасною транспортуванням ґрунту в сторону від траншеї. Продуктивність траншейних екскаваторів, постійно пересуваються під час роботи і відокремлюють ґрунт від масиву за допомогою групи безперервно рухаються по замкнутому контуру ковшів або скребоків, в 2-2,5 рази вище, ніж у одноківшових машин, при більш високій якості робіт і менших енерговитратах на 1 м<sup>3</sup> розробленого ґрунту. Причому траншейні екскаватори здатні ефективно розробляти як немерзлі, так і мерзлі ґрунти. Головним параметром екскаваторів є номінальна глибина відривати траншеї. Кожен траншейний екскаватор складається з трьох основних частин: базового пневмоколісного або гусеничного тягача, що забезпечує поступальний рух (подачу) машини; робочого обладнання, що включає робочий орган для копання траншей і поперечне (до поздовжньої осі руху машини) відвальних пристрій для евакуації розробленого ґрунту у відвал або транспортні засоби; допоміжного обладнання для підйому-опускання робочого органу і відвального пристрою. Класифікація та індексація. Траншейні екскаватори класифікують по наступні основними ознаками: - за типом робочого органу - ланцюгові (ЕТЦ) і роторні (ЕТР); - За способом з'єднання робочого устаткування з базовим тягачем

- з навісним і напівпричіпного робочим обладнанням; - За типом ходового пристрою базового тягача - на гусеничні та пневмоколісні; - За типом приводу - з механічним, гідравлічним, електричним і комбінованим. Найбільшого поширення набули гусеничні траншейні екскаватори з комбінованим приводом.

Цей розрахунок виконується з метою перевірки міцності елементів машини, а також оцінки таких основних її параметрів, як поздовжня і поперечна стійкість, навантаження ходової частини, запаси зусиль гідроциліндрів, продуктивність.

Машина ПЗМЗ в значній мірі уніфікована. Уніфікація стосується не тільки конструкції складальних одиниць, але і режимів роботи. Головною відмінною особливістю машини ПЗМЗ є її здатність розробляти котловани в мерзлих ґрунтах, що забезпечується реалізацією нових принципових конструктивних рішень. До таких відноситься установка беступінчатого ходозменшувача, привід і конструкція і підвіска опорного пристрою робочого органу. Одночасно розробляється новий і більш досконалий варіант бульдозерного обладнання.

В цьому розрахунку визначаються згадані вище основні параметри машини і перевіряється міцність тих складальних одиниць, конструкція або навантаження яких відрізняються.

Розрахунок виконаний в трьох частинах. В першій частині визначені основні параметри машини та міцність бульдозерного обладнання. У другій частині здійснений силовий розрахунок робочого обладнання для риття траншей і котлованів, а також виконані розрахунки на міцність тих силових елементів цього обладнання, конструкція чи навантаження яких істотно відрізняється.

# 1. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ І ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

## 1.1. Експлуатація машин в екстремальних кліматичних умовах

Земляні роботи, особливо в галузі транспортного будівництва, як в Україні, так і за її межами пов'язані з розробкою та переміщенням мільярдів кубічних метрів ґунту. Виконання таких об'ємів робіт можливе виключно з використанням високопродуктивних землерийних машин, в першу чергу бульдозерів. Бульдозери та розпушувачі агрегатуються з гусечними промисловими тракторами, експлуатуються в зонах з холодним так і жарким кліматом. В зв'язку зі специфічними умовами експлуатацій (крайній північ, вологі тропіки, пустеля, мерзлі та скальні ґрунти) пропонують особливі вимоги до конструкцій машин. Наприклад, при роботі машин на крайній півночі та північних районах країни розробка високоміцних порід та вічномерзлих ґрунтів поглиблюється важкими кліматичними факторами. Для цих територій характерні низькі температури повітря впродовж довгого часу (до 300 діб), різке коливання тиску повітря, сильні вітри (середня швидкість 8 м/с, а максимальна 46 м/с) велика глибина сезонного промерзання від 9 до 300 см). Кліматичні фактори по різному впливають на роботоздатність та надійність машин. При одних підвищуються експлуатаційні витрати та збільшується зношування вузлів, при інших відбувається руйнування вузлів і агрегатів машини, знижується її продуктивність і збільшуються затрати на ремонт. Низькі температури зовнішнього повітря, холодні і сильні вітри, підвищена вологість впливає на теплові режими і холодостійкість вузлів машини. Снігопади, тумани та ґрунтові умови знижують продуктивність праці, впливають на динамічні навантаження в металоконструкціях машини та її прохідність.

Зниження температури навколишнього повітря і посилення швидкості

вітру призводить до зміни теплового режиму роботи двигуна внутрішнього згорання і погіршує його експлуатаційні характеристики. Внаслідок складності створення пусквих частот обертання колінчастого вала, погіршення умов сумішоутворення і займання суміші ускладнений запуск двигуна внутрішнього згорання. В результаті підвищення опору в агрегатах трансмісії (загущується змащувальний матеріал), необхідні додаткові затрати палива на прогрів двигуна, більш довга робота двигуна на понижених та несталих режимах. В умовах низьких температур різко збільшується витрата палива.

Низькі температури призводять до збільшення числа відказів внаслідок зміни властивостей металу. Таке руйнування обумовлюється малою пластичною деформацією і специфічними перекристалізацією металу. Дослідження і експлуатація показали, що найбільше число руйнувань деталей машин, що працюють в районах з холодним кліматом, визвано недостатньою холодостійкістю металу при низьких температурах, що часто підвищується наявністю концентрації напружень. При експлуатації бульдозерів та розпушувачів на базі промислових тракторів встановлено, що в умовах низьких температур знижується надійність базових машин - тракторів, у яких частіше виходять з ладу рами, бортові редуктори і ходова частина (обрив башмаків, злам кронштейнів натяжного колеса та інше). Недостатня міцність металоконструкцій робочого обладнання бульдозерів проявляється у вигляді деформацій відвала і уширювачів, швидкого зношування, зломів штовхаючих брусів.

Низькі температури і підвищена вологість повітря мають істотний вплив на роботу гідравлічних систем і електроустаткування машин. При експлуатації машин з гідроприводом встановлено, що переважна кількість відмов (до 72% загального числа) припадає на період негативних температур повітря. Характерними відмовами гідроприводів машин є: знос зубчастих коліс, плунжерів, тріщини корпусів насосів; розподільників; знос і розриви ущільнень

гідроагрегатів, обриви цапф, вигини штоків гідроциліндрів; розшарування і розриви гнучких рукавів. Основними причинами відмов є збільшення в'язкості вживаних масел, замерзання конденсату в робочій рідині, зниження еластичності гуми, ущільнень і шлангів, а також холодноломкість металу, особливо в литих деталях. При підвищеній в'язкості олії порушується робота золотників і запобіжних пристроїв, що веде до заїдання золотників і клапанів, запізнювання спрацьовування циліндрів і появи ривків. Тривалість включення електромагнітних золотників збільшується в 2,5 рази, а час вимикання в 20 разів при зниженні температури з +20 до -39 ° С. Для пуску насосів при температурі робочої рідини 40 ° С потрібно потужність на 15-40% більше номінальної.

Для забезпечення надійності і працездатності бульдозерів і розпушувачів на базі промислових тракторів для експлуатації в районах з холодним кліматом при їх проектуванні і виготовленні повинні бути передбачені додаткові заходи. Двигуни внутрішнього згорання відповідно до ГОСТ 14892-85 мають також підготувати машини до роботи під навантаженням після тривалої стоянки на відкритому повітрі при температурі -30° С не більше ніж за 45 хв. Для передпускового розігріву основного і пускового двигунів, а також підтримання їх в робочому стані необхідно передбачити систему підігріву. Пуск двигуна рекомендується здійснювати пусковим двигуном з електростартером. Забезпечення пускових засобів двигуна необхідною електроенергією і втрата ємності акумуляторів при низьких температурах змушує збільшувати ємність батарей на 50-100% у порівнянні з ємністю батарей звичайного виконання.

Для забезпечення надійного пуску двигуна на більшість дизелів вітчизняних тракторів встановлюють пускові двигуни, що працюють на бензині, на деяких машинах крім пуску електростартером передбачається пуск двигуна стисненим повітрям, наприклад, на тракторі ДЕТ-250М.

Система охолодження двигуна повинна передбачати можливість використання централізованих способів розігріву. У рідинних системах охолодження та підігріву двигуна рекомендується застосовувати в якості охолоджуючої рідини антифриз.

Питанням підтримки нормального теплового режиму роботи двигунів внутрішнього згорання слід приділяти значну увагу. Для створення оптимального теплового режиму двигуна необхідне проведення заходів, що зменшують переохолодження двигуна під час роботи машини. Двигун трактора і його системи обладнають теплозахисними та іншими пристроями (утеплювальних чохлах і т. п.), що забезпечують підтримку нормального теплового режиму двигуна при навколишнього температурі до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Для захисту радіатора застосовують шторки, керовані з кабіни.

Кабіна повинна бути теплоізольована, мати надійний захист від обмерзання скла, обладнана протитуманними фарами, прожектором, керованим з кабіни, а також посиленням звуковим сигналом. Рекомендується переднє скло кабіни нахилити вперед. Козирок кришки повинен виступати на 15 см. Розміри кабіни і її внутрішній устрій вибирають з урахуванням одягу водія і місця для другої людини. Для запобігання від замерзання заднього скла, що особливо важливо для управління розпушувачем, іноді крім основної системи обігріву кабіни застосовують електрообігрів скла.

Еластичні опори кабіни повинні забезпечувати гасіння вібрацій від двигуна та робочого органу до встановлених санітарних норм. Водій повинен мати можливість швидко залишити кабіну при будь-якому положенні робочого обладнання. Кабіна може обігріватися в результаті циркуляції охолоджуючої рідини від двигуна, електричного опалення або від автономного опалення. Наприклад, на тракторі ДЕТ-250М встановлено обігрівач, що складається з радіатора з охолоджуючою рідиною, вентилятора та системи заслінок.

Вентилятор нагнітає нагріте повітря в нижню частину кабіни, до переднього і заднього скла. При цьому обігрівач може працювати як при роботі двигуна, так і під час роботи передпускового підігрівача. Опалення повинне забезпечувати на рівні сидіння машиніста температуру не менше 10° С.

Ходова частина тракторів для районів з холодним кліматом повинна бути пристосована для реалізації зчпної ваги машини.

*При експлуатації на скельних і мерзлих ґрунтах у зимовий період та роботи в літніх умовах.* Для роботи взимовий період гусеничної ходової частини тракторів повинна бути передбачена можливість установки ґрунтозацепів, що реалізують тягове зусилля і зменшуює бічне ковзання машини. Для зниження тиску на ґрунт на заболочених ділянках в літній період гусениці тракторів повинні мати уширювачі.

Конструкція і технологія виготовлення машин, а також застосовувані матеріали повинні забезпечувати міцність деталей при експлуатаційних навантаженнях і виключати можливість хрупких руйнувань, пов'язаних з впливом низьких температур. При виборі матеріалів рекомендується користуватися ГОСТ 14892-89.

Для зварних конструкцій бульдозерів, розпушувачів і тракторів в основному використовують сталі переважно спокійною плавки-спеціальні низьколеговані сталі 09Г2С, 10ХСНД, 15ХСНД Н 09Г2 з відповідною термообробкою. У зварних конструкціях необхідно передбачати широке застосування автоматичного і напівавтоматичного зварювання під флюсом, що забезпечують високу якість зварних з'єднань. У конструкціях намагаються уникати місць концентрацій напруг, не допускати різких змін перерізів і проводити термообробку зварних конструкцій після зварювання. Для литих деталей несучих конструкцій, що підлягають зварюванню, застосовують виливки

зі сталі 20Л і 25Л з підігрівом місця зварювання до 180-220° С. Для ущільнень, манжет, прокладок використовують морозостійкі гуми марок ПРП-1346, ПРП-1352 та ін. При роботі в суворих кліматичних умовах пред'являються підвищені вимоги до якості експлуатаційних матеріалів: палив, масел, мастильних матеріалів, електролітів, охолоджуючих, гідравлічних та інших рідин. Від правильного вибору та застосування їх суттєво залежать надійність, працездатність, економічність та інші показники, що характеризують ефективність функціонування бульдозерів і розпушувачів. Для експлуатації тракторів в таких умовах їх дизелі слід заправляти дизельним паливом для низьких температур, а для охолодження двигунів застосовувати незамерзаючу рідину «Антифриз-65».

Для підвищення надійності запалення робочої суміші, полегшення і прискорення пуску дизелів застосовують спеціальну пускову рідину «Холод» Д40 та ефірно-масляні суміші з низькою температурою самозаймання. Обсяг суміші, достатній для надійного пуску двигуна, залежить від потужності двигуна, температури повітря і складає 20-100 см<sup>3</sup>.

Для гідроприводів машин, що експлуатуються на відкритому повітрі в районах з холодним кліматом, рекомендується застосовувати робочу рідину ВМГЗ. У разі невідповідності сорту робочої рідини умовам експлуатації знижується продуктивність машин і різко скорочується ресурс роботи і гідрообладнання.

## **1.2. Основні вимоги до конструкції тракторів для роботи з навісним обладнанням**

В даний час для агрегування з бульдозерами застосовують гусеничні трактори загального призначення, їх промислові модифікації і промислові трактори.

Технічні вимоги до базових тракторів для бульдозерів і розпушувачів обумовлені функціональними якостями цих машин з урахуванням типової, найбільш поширеною технології робіт, ґрунтових та експлуатаційних умов і загальної сфери застосування машин.

Вимоги до базових тракторів для агрегування з бульдозерами враховують циклічність робочого процесу і режими роботи вузлів бульдозера при виконанні функціонального призначення в типових умовах. У загальному випадку робочий цикл бульдозера має досить постійний розподіл по часу: робочий хід 75-80%, зворотний хід 20-25%, зупинки після робочого до зворотного ходів і маневрування 5%.

Робочий хід бульдозера характеризується тривалими різкоперемінними тяговими опорами, що діють на робочий орган - відвал при динамічних навантаженнях, що перевищують в 2,0 - 2,5 рази вагу машини. При цьому машина може пересуватися по горизонтальній поверхні, на підйом і під ухил до 20-25°. Часті знакозмінні вертикальні опори відвалу прю робочому ході в 1,2-1,4 рази перевищують зусилля по перекиданню машини вперед і назад, а бічні в 1,3-1,4 рази - зусилля зсуву трактора убік. Гідравлічний привід управління робочим органом при цьому використовується 1200-1600 раз за час робочого ходу протягом години. Горизонтальні і вертикальні знакозмінні опору можуть діяти одночасно. При максимальному значенні одного з них інше може досягати в

середньому половини максимуму. Максимальні значення горизонтального і бічного опорів можуть бути одночасно. Швидкість пересування при робочому ході (зазвичай 2,5-3 км/год) (обмежена реакцією машиніста, поздовжніми і поперечними коливаннями машини внаслідок нерівностей поверхні, еластичності ланок в підвісці гусениць, гідрокомунікаціях і дії інших факторів). Навіть при роботі машини по одному сліду з реверсуванням механізми повороту використовуються часто (до 400 включень за час робочого ходу протягом години). Невисокі швидкості зворотного ходу (5-8 км/год в залежності від типу підвіски гусениць) обмежені нерівностями поверхні, по якій відбувається рух і перешкодами (стілки траншеї, крутий обрив).

Перемикання передач і реверсування здійснюються порівняно нечасто: в середньому 120, а при засипці траншей 200 перемикань за годину роботи; маневрування - до 2-6 разів за такий же час. Транспортні переїзди своїм ходом порівняно рідкісні. При відстані понад 1 км для перевезення машин використовують трайлери.

Бульдозери легкого та середнього типу повинні забезпечувати річне напрацювання не менше 1500-1700 год, а важкого - 4000-5000 год, що диктується їх переважним використанням на гірничодобувних підприємствах, в організаціях з безперервним циклом роботи (електростанції, гірничо-збагачувальні комбінати) або у важких кліматичних умовах (при низьких негативних температурах, у віддалених районах та ін.).

Залежно від умов експлуатації, операції розпушування агрегату бульдозеррозпушувача становлять 10-40% (в середньому 30%) загального часу його роботи.

Типова робота розпушувача складається з впровадження робочого органу (розпушувальні зубів) в ґрунт або породу, робочого ходу з розпушуванням на

довжину, яка визначається розмірами вибраної робочого майданчика, розвороту або зупинки і руху заднім ходом в положення для наступного робочого ходу, а також маневрування. Кожен наступний робочий хід проводиться на певній відстані від попереднього. При роботі перехресним способом після розпушування майданчика в одному напрямку потрібен переїзд для роботи в перпендикулярному напрямку. Розпушування на підйом не проводиться, в таких випадках здійснюється додаткове маневрування.

У конструкції базового трактора повинні враховуватися технічні вимоги, що впливають з характеру і режимів роботи розрихлювального обладнання. Для робочого процесу розпушування (до 85-90% від загального часу роботи) характерні тривалі різкозмінні тягові опори, що діють на робочий орган (зуби) при динамічних навантаженнях, що перевищують вагу машини в 3,0-3,5 рази. Пересування при робочому ході відбувається по горизонтальній поверхні і під ухил до 20-25°. Часті знакозмінні вертикальні і бічні (до 500 включень на годину механізму повороту) опори в 1,4-1,5 рази перевищують зусилля по перекиданню машини вперед і назад і зрушенню її вбік. При робочому ході гідравлічний привід управління зубами розпушувача використовується часто (до 1000-1300 включень на годину). Горизонтальні знакозмінні вертикальні і бічні опори при робочому ході діють на зуби одночасно, причому при максимальному значенні одного з них інші мають проміжні значення.

Робочі швидкості при тяговому зусиллі по зчепленню з урахуванням зазначеної вище маси навісного обладнання, трьома-чотирма діапазонами скоростей вперед і назад (у тому числі транспортної швидкістю не менше 10-12 км/год), перемиканням передач на ходу без розриву потоку потужності (також передач переднього ходу на задню і навпаки) протягом 0,5-1,5 с; мати гальма, які застосовуються на всіх передачах (з частотою до 200 включень на годину), і

автоматично включаються при зупинці двигуна або падінні тиску в гідросистемі приводу управління робочим обладнанням; механізми повороту, що забезпечує можливість повороту шляхом обертання гусениць в різні боки.

У трансмісії повинна бути передбачена можливість установки ходозменшувача і заднього вала відбору потужності незалежного типу. Вона повинна бути захищена знизу від механічних пошкоджень при наїзді на перешкоди. Ресурс трансмісії - не менше 10 тис. год, напрацювання на відмову - понад 400 год.

Ходова частина - з підвіскою гусениць у вигляді жорсткого балансирного бруса, що з'єднує гусениці, або одно-двоступеневих жорстких балансирних кареток ковзанок і обмежуючих їх хід гумових упорів, що забезпечують точне, без осідання рами трактора управління робочим органом (відвалом або зубами) при установці гідроциліндрів на кістяку і рух з робочою швидкістю. Одночасно повинна бути забезпечена достатня пристосовуваність гусениць до нерівностей поверхні при русі з підвищеними швидкостями.

При еластичній підвісці або напівжорсткій з балансирною ресорою можливе застосування керованого з кабіни механізму блокування, що забезпечує жорстке з'єднання натяжних коліс та задніх котків або цілком гусениць з остовом трактора і точне управління робочим органом. При всіх типах підвіски натяжні колеса повинні бути опорними і їх слід розраховувати з умов перекидання трактора.

Передня частина трактора повинна мінімально виступати за обвід гусениць, а задня - бути втоплена на певну відстань. Пальці гусениць і осі опорних і підтримуючих котків повинні мати довгострокове мастило і захист від попадання каміння і забивання ґрунтом. Для легких і середніх тракторів середньостатичний тиск на ґрунт 0,05 МПа, для важких 0,1 МПа. Ходова частина повинна забезпечувати можливість роботи у воді при глибині, рівній висоті гусениць,

мати якомога більший дорожній просвіт. Ресурс ходової частини не менше 5-6 тис. год на всіх видах ґрунтів.

Гідрообладнання повинно мати насос приводу управління з робочим органом, потужністю до 40% потужності двигуна при тиску 15,7 - 21, 6 МПа, що забезпечує швидкість керування 0,25-0,50 м/с і відповідні зусилля на робочих органах. Розподільник повинен мати не менше трьох золотників, трьох- і чотирьох- позиційного (з «плаваючим» становищем) типу та два золотника для підйому-опускання і перекосу відвалу або підйому-опускання.

### **1.3. Бульдозери. Призначення і класифікація**

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

При можливості перекосу відвалу і достатньому тяговому зусиллі бульдозерами з неповоротним відвалом можна розробляти до 70% всіх видів ґрунтів, включаючи мерзлі і гірські породи, для яких зазвичай потрібно попереднє розпушування. Бульдозери з поворотним відвалом мають обмежену сферу застосування. Їх в основному використовують для нарізки терас на косогорах, засипки траншей поперечними ходами і прокладки піонерних доріг. При цьому нахилений в плані відвал дає деякі переваги. Положення центру тиску базових тракторів не дозволяє використовувати відвал, повернутий в плані на кут менше 60° від поздовжньої осі. У зв'язку з цим безперервний схід ґрунту в сторону не забезпечується і тому робота неперервними поздовжніми ходами практично не дає ефекту. До 90-95% часу такі бульдозери працюють з прямою

установкою відвалу. Бульдозери класифікують за призначенням, номінальному тяговому зусиллю і різним конструктивним ознаками.

За призначенням розрізняють бульдозери загального призначення і спеціальні. Бульдозери загального призначення виконують копання і розробку ґрунтів, порід і матеріалів в середніх ґрунтових (супіщані, суглинисті та глинисті ґрунти, тріщинуваті сланці, легкі вапняки, мергелі і т. п.) і помірних кліматичних умовах з температурою навколишнього повітря від  $-40$  до  $+40$  ° С. Найчастіше їх забезпечують неповоротним в горизонтальній площині відвалом. Поворотним відвалом обладнують в основному легкі і малогабаритні трактори.

Спеціальні бульдозери призначені для виконання таких робіт, як прокладка шляхів і піонерних доріг, згрібання торфу, розрівнювання, гар'єри, підземна або підводна розробка матеріалів, розробка легких матеріалів типу вугілля та ін, а також для роботи в особливих кліматичних і експлуатаційних умовах.

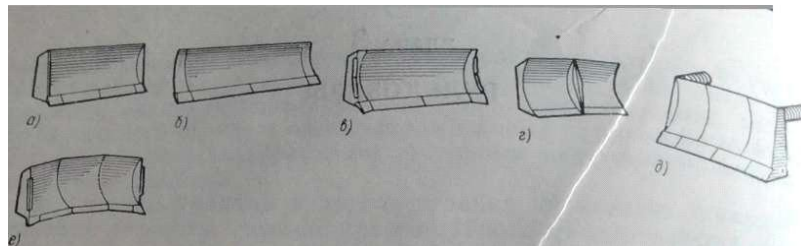


Рис. 1.3. Схеми основних типів відвалів бульдозерів: а - неповоротний; б - поворотний; в - напівсферичний; г - універсальний; д - з амортизаторами (для штовхання скреперів); е – сферичний (при низьких негативних температурах до  $-40$  ° С, тропічної вологості і температурі до  $+60$  ° С, в сухому і жаркому кліматі пустель, у небезпечних і загазованих місцях, на ґрунтах із зниженою несучою здатністю і т. д.).

На спеціальних бульдозерах використовують відвали різних типів, що відповідають їхнім призначенням. Деякі відвали дозволяють економічно вигідно працювати при дальності переміщення понад 100 м.

За номінальному тяговому зусиллю бульдозери та розпушувачі підрозділяють на надважкі - з номінальним тяговим зусиллям більше 300 кН, важкі - 200-300 кН, середні - 135-200 кН, легкі - 25-135 кН і дуже легкі-менше 25 кН. Номінальною тягове зусилля залежить від маси базового трактора.

За конструктивними ознаками бульдозери класифікують па типу ходової частини, робочих органів, рам та управління.

За ходової частини розрізняють бульдозери гусеничні та колісні. Останні застосовують рідко.

За типом робочого органа (рис. 1.3) розрізняють бульдозери: з неповоротним відвалом (зазвичай їх називають просто бульдозер або бульдозерами з прямим відвалом), який встановлюють перпендикулярно поздовжньої осі машини і він не може поворотитися в плані; з неповоротним відвалом напівсферичним, бічні частини якого встановлені під невеликим кутом до лобової поверхні; з неповоротним сферичним відвалом, який складається з трьох рівних частин, встановлених одна до одної під кутом до 15 градусів.

Існують також відвали інших типів, що використовуються для специфічних робіт, але вони поширені значно менше. Наприклад, відомі відвали з щелепним гідроуправляємим захватом для переміщення сипучих матеріалів на великі відстані або під водою; з двома відвальними поверхнями для роботи переднім і заднім ходом; з відвальною поверхнею в сторону машини для роботи від стінки; з можливістю перевертати для роботи на себе і від себе; з вбудованими по краях гідроуправляємими зубами для роботи у лісових та інших важких умовах, з відбійним брусом зверху, колуном і загостреним ножем для розчищення місцевості від дерев і чагарників; з подовженою відвальною поверхнею для

переміщення вугілля та інших сипучих матеріалів. Бульдозери на базі двох з'єднаних між собою системою важеля гусеничних тракторів з одним загальним відвалом не набули поширення внаслідок малої прохідності і недостатніх універсальності і маневреності. Найбільш поширені в даний час бульдозери з напівсферичним неповоротним відвалом і механізмом перекосу.

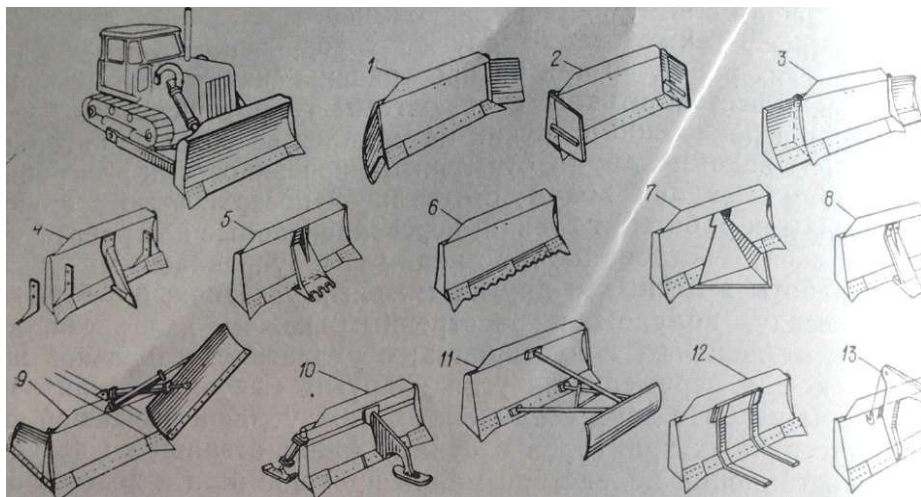
За типом рами розрізняють бульдозери з охоплюючою внутрішньою рамою. Внутрішню раму використовують для бульдозерів-штовхачів, жорсткість яких повинна бути підвищеною.

За типом механізму управління розрізняють бульдозери з гідравлічним і канатно-блоковим управлінням. Управління останнього типу в даний час майже не використовують. Автоматизоване управління бульдозерами застосовують в основному на планувальних роботах.

З метою розширення області застосування бульдозери оснащують додатковим швидкознімним обладнанням: розпушувальними зубами, відкосниками, відкрилками, уширителями, подовжувачами, канавними наставками, лижами, вилами і т.д. В певних умовах найбільш ефективні відкрилки, подовжувачі та уширителі. Гідроуправляемі уширителі можна з кабіни встановлювати під будь-яким кутом до відвалу, починаючи від перпендикулярного положення (як у відкрилка) і закінчуючи неробочим положенням, коли вони повернені назад і майже не виходять за габарити відвалу, ефективні майже в будь-яких умовах, виключаючи роботи на важких розпушених скельних породах.

Визначальним фактором у використанні різних видів змінного додаткового устаткування до бульдозерам є обсяг специфічних робіт і можливість швидкого встановлення і демонтажу цього обладнання без переїздів.

Область застосування бульдозерів може характеризуватися ставленням тягового зусилля до довжини ріжучої кромки і можливого (по перекиданню) вертикального зусилля до опорного майданчику.



. Схеми основних видів додаткового змінного обладнання до бульдозерам з неповоротним відвалом:

1 - жорстко закріплені гідроуправляемі уширителі; 2 - відкрилки, 3 - подовжувачі, 4 - передні і задні розпушувальні зуби, 5 - кирка для виламування асфальтних покриттів; 6 - ножі для мерзлих ґрунтів; 7 - кусторізні наставки, 8 - закріплена канавна наставка або гідроуправляемий виступаючий ніж; 9 – відкос з жорстким кріпленням або гідроуправляемий відкосник-планувальник; 10 - передні лижі; 11 - відвальні приставки для роботи від стінки; 12 - вантажні вила; 13- підйомний гак ханізма перекошу відвалу.

Найбільш широку область застосування мають бульдозери з неповоротним відвалом півсферичного типу, які забезпечують високі питомі показники по тязі і заглибленні при роботі на високов'язних ґрунтах. Внаслідок цього можна більше навантажити передні катки ходової частини трактора.

#### 1.4. Конструкція вітчизняних бульдозерів

Бульдозер ДЗ-29 є основою уніфікації бульдозерів на базі тракторів класу 3. Він має такі конструктивні особливості.

Параметри профілю відвальної поверхні підібрані для найбільш часто зустрічаємих суглинних ґрунтів. Встановлений зверху козирьок перешкоджає пересипання ґрунту через відвал на підйомах і при поштовхах.

Відвал жорстко з'єднаний з штовхаючими брусами, його кут різання не регулюють. Три ножа однакової довжини з одним або двома рядами отворів можна перевертати або зсувати при зношуванні.

Відвал обладнаний легкознімними (на болтах) уширителями (для роботи в легких умовах), встановленими під кутом  $30^\circ$  до відвальної поверхні і з'єднаними з відвалом без уступів, щоб уникнути залипання, або відкрілками, закріпленими перпендикулярно до боковин лобового листа і використовуваними для роботи на сипучих і кускових матеріалах з метою збільшення призми волочіння, а також переставляємими по висоті тарельчатими лижами на тильній стороні, які обмежують можливість заглиблення з метою полегшення виконання планувальних робіт, робіт на кам'яних мостових і в інших подібних випадках.

Відвалом керують за допомогою одного або двох гідроциліндрів, встановлених на жорстко закріпленому на лонжеронах трактора кронштейнах і з'єднаних з його гідросистемою трубопроводами і металорукавами.

Гідроциліндри розвантажено від поперечних навантажень і вони можуть гойдатися в подовжньому і поперечному напрямках завдяки універсальному шарнірному з'єднанню з кронштейном і кульовим сферичним підшипником на штоках. Гідроциліндр штовхає бруси, з'єднані з цапфами поперечної балки, встановленої з допомогою драбин і упорів на лонжеронах трактора. Бруси мають уловлювачі з термообробленими легко замінними при зносі вкладишами.

Гідроциліндри можуть розвантажуватися (при переїздах) за допомогою транспортної підвіски, виконаної у вигляді шарніра та закріпленої на кронштейні скоби і виступу на тильній стороні відвалу.

Показники бульдозера наведені в табл. 3.1.

Бульдозери ДЗ-42Г раніше випускався з індексами А, Б і В. Вони відрізняються від розглянутого в основному кріпленням поперечної балки на тракторі, лонжерони якого забезпечені для цієї мети приклепанними кронштейнами з пазами, розташуванням штовхають брусів щодо відвалу і наявністю посиленних окремих елементів конструкції. Перпендикулярні пальці з'єднані з цапфами поперечної балки. Бруси з'єднані з відвалом пальцевими шарнірами зі сферичними втулками. Також пристрій має шарніри гідроциліндра перекошу відвалу і кріплення гвинтового розкошу до відвалу. З брусом розкіс з'єднаний пальцем. На тильній стороні відвалу з боку гвинтового розкошу є жорсткий кронштейн з втулкою, в якій поміщений горизонтальний палець з вушком. Гвинтова стяжка за допомогою вертикальних пальців пов'язує цей палець з кронштейном на внутрішній стороні лівого бруса та штовхає брус. Осі шарніра і пальця розташовані в одній лінії.

Кронштейн розкошу на лівому брусі має два отвори, що збільшує діапазон регулювання кута різання відвалу. Для управління використані два гідроциліндра підйому-опускання, з'єднані металорукавами з гідросистемою трактора. Гідроциліндр перекошу, керований за допомогою окремої секції гідророзподільника, не має «плаваючого» положення.

Бульдозер ДЗ-101 уніфікований з бульдозером ДЗ-54. Він має гідрофікований механізм перекошу, керований з кабіни. Для виключення внутрішніх напружень відвалу при його перекоші внаслідок можливих деформацій конструкція шарнірних з'єднань цього бульдозера відрізняється від конструкції з'єднань бульдозера ДЗ-54 (рис. 3.3). Так що штовхають бруси позаду

забезпечені кульовими опорами (зі сферичними втулками), за допомогою яких вони з'єднані з трактором, а спереду - пальцевими шарнірами, розташованими співосно з пальцями гвинтових з'єднань. Відвал зверху з одного боку підтримується гвинтовим розкосом, а з іншого - гідроциліндром перекосу, також має пальцеві шарніри зі сферичними втулками. За допомогою шайб і гайки на кінці гвинта зазор в пальцевому з'єднанні можна регулювати. Управління гідроциліндром перекосу здійснюється за допомогою окремої секції розподільника гідросистеми трактора. Гвинтовий розкіс використовується для зміни кута різання відвалу.

### **1.5. Конструктивні особливості зарубіжних бульдозерів**

Гусеничні бульдозери за кордоном випускаються в основному в США, Японії, Італії, ФРН. В інших західноєвропейських країнах випускаються бульдозери тільки легкого та середнього типів. Важкі машини виробляють філії фірми США «Катерпіллер Трактор», «Фіат-Алліс», «Інтернейшнл - Дрессер» і японська фірма «Комацу».

Міні-бульдозери на гусеничному ході випускають невеликими партіями спеціалізовані фірми США, ФРН і Японії.

Бульдозери основних типів виробляють з найбільш поширеним робочим обладнанням (див. рис. 3.1).

Випуск порівняно рідковикористовуваного спеціалізованого бульдозерного обладнання (для планувальних меліоративних робіт, штабелювання, переміщення вугілля і трісок, збору і корчування пнів, звалювання дерев, видалення чагарнику та ін) зазвичай виробляють такі фірми, як наприклад, в США: «Роум» («Rome»), «Балдерсон» («Bal-derson»), «Флеку» («Fleco») та ін.

Виняток становить фірма «Комацу», яка виробляє весь комплекс робочого обладнання до тракторів.

При створенні бульдозерного устаткування з неповоротним відвалом загального призначення всі фірми застосовують:

- окрему конструкцію для обладнання трактора кожного типорозміру при збереженні конструктивної подібності та уніфікації деталей і елементів, що забезпечує економію металу;

- типову, замкнуту (коробчасту) конструкцію відвалу з гнутих елементів, що виключає можливість його забивання ґрунтом з тильної сторони;

- коробчасті бруси рівномічного перетину з накладками на зовнішній та внутрішній поверхнях бічних (для важких машин), з опорами сферичного типу, розташовуються якомога ближче до осі гойдання гусениць трактора;

- однакові параметри профілю відвальної поверхні для всього типорозмірного ряду;

- стандартизовані складові (з двох - чотирьох секцій) і середній ніж з термообробкою з легованого прокату з одним рядком отворів; переставляються крайні ножі (литі або ковані з високолегованих сталей), а також накладні приварювані на боковинах відвалу ножі зі скошеними ріжучими кромками (з низьколегованого прокату);

- козирки на відвалі, укріплені коробкою жорсткості, і ґрунтовідбійні щитки над штоками гідроциліндрів підйому-опускання і перекошу відвалу;

- сферичні підшипники або сферичні втулки ковзання для виключення скручуючих напружень при перекоші;

- гідравлічний механізм перекошу з важільно-ланковими механізмами компенсації деформацій і скручуючих зусиль на відвалі;

- спеціальні гідроциліндри перекосу (зі збільшеним діаметром робочої частини і укороченим ходом);
- вушка для з'єднання з штовхаючими брусами, гідроциліндрами підйому-опускання і перекосу і гвинтовим розкосом, що проходять через коробку жорсткості до лобового листа, до тильної поверхні якого їх приварюють, що дозволяє уникнути знакозмінних навантажень стінок коробки жорсткості;
- леговані сталі ( $\sigma = 600-1100$  МПа) для виготовлення всіх металоконструкцій, які після зварювання піддаються термообробці.
- гідроциліндри підйому-опускання з клапанами для швидкого опускання (для зниження скручуючих зусиль на відвалі - їх розташовують таким чином, щоб лінія їх дії при робочому положенні відвалу проходила поблизу ріжучої кромки ножів);
- відвали півсферичного типу з встановленими під кутом  $15-30^\circ$  до кінцевих частин довжиною тільки під бокові ножі;
- опори штовхаючих брусів, що встановлюються на середньому рівні точки прикладання результуючої сил опору копанню на відвалі (0,2-0,4 від висоти відвалу знизу), що полегшує роботу при «плаваючому» положенні робочого органу;
- гідропривід управління робочого обладнання (тиск 12 - 21 МПа);
- підсилюючий лист всередині відвальної поверхні при використанні машини для штовхання скреперів;
- довгі гідроциліндри для безпосереднього управління підйомом-опусканням відвалу (без важільних систем);
- гнучкі металорукава для з'єднання гідроциліндра перекосу з гідросистемою на базовому тракторі.

Для бульдозерів з неповоротним відвалом напівсферичної і сферичної форм фірма «Caterpillar» широко використовує діагональні ланки замість складних

важільно-ланкових з торсіонними елементами механізмів компенсації деформації відвалу при перекосі.



Бульдозер Cat D5

При такій схемі діагональна ланка шарнірно з'єднує правий штовхаючий брус спереду з лівою стороною передньої частини рами трактора, сприймає всі бічні зусилля на відвалі, що діють в обидві сторони, і виключає тим самим застосування діагональних розкосів в з'єднанні штовхаючих брусів з відвалом. Це дозволяє також наблизити відвал до базового трактора, завдяки чому поліпшується стійкість машини в поздовжньому напрямку, збільшуються зусилля заглиблення і виглублення на відвалі і полегшується управління відвалом і поворотом машини, а також її маневрування. Питомі вертикальні зусилля на різучій кромці відвалу при цьому підвищуються, отже бульдозер може розробляти міцніші ґрунти і породи.

При цій схемі потрібно встановлювати штовхаючі бруси на трактор з деяким збільшенням відстані між ними попереду, що дозволяє уникнути зачіпання штовхаючих брусів за гусениці при перекосі відвалу внаслідок їх горизонтальних

зсувів при русі по дузі. Металоконструкції амортизуючих елементів важких машин встановлюються на болтах, а не приварюються.

Представляють інтерес бульдозери з зачисним відвалом, що випускаються фірмою на легких і середніх тракторах. Ці бульдозери призначені для зачистки рудних і вугільних матеріалів і можуть працювати, переміщаючи породу «від себе» і «на себе». Для цього вони забезпечені поворотним у вертикальній площині відвалом, положення якого можна змінювати гідроциліндрами (рис. 3.10). Для отримання більшої висоти підйому і опускання відвалу гідроциліндри управління впливають на штовхаючі бруси. Вони шарнірно закріплені на стійках, приварених до рам гусеничних візків. Гідроциліндри повороту відвалу закріплені на штовхаючих брусах; при впливі на консолі, винесені вгору над відвалом, вони дозволяють відвалу повертатися вперед на  $38^\circ$ , назад - на  $26^\circ$ . На легких і середніх тракторах використовуються відвали з зубами типу грабель і корчувателів-збирачів. Їх особливістю є можливість повороту в плані.

Фірма виробляє також одну модель підводного бульдозера (для глибин до 7 м) - з управлінням по радіо.

Американська фірма «Caterpillar» - один з найбільших світових виробників будівельної та гірничодобувної техніки.

Caterpillar випускає бульдозери моделей: D3K2, D4K2, D5K2, D5K XL, D5R2, D6K, D6N LGP, D6N XL, D6R LGP, D6R2, D7R, D8R, D8T D9R, D9T, D10T2, D10T, D11T. Флагманами серед бульдозерів є Caterpillar D11T/Caterpillar D11T CD вагою понад 100 тонн кожен і потужністю двигуна 677 кВт (908 к. с.). Для бульдозерів Caterpillar D11T/Caterpillar D11T CD розроблений дизельний двигун Cat C32 з технологією ACERT, що відрізняється невеликою витратою пального та високим ККД. Конструкція агрегату забезпечує відповідність стандарту Tier 4 Final.



Броньований бульдозер Caterpillar D9R, використовуваний Армією оборони Ізраїлю

Штовхачі бульдозери (на двох важких типорозмірах) виробляє фірма «Fiat-Allis». Три типорозміри легких і середніх тракторів масою 11, 14,2 і 18,2 т обладнують також неповоротним відвалом звичайної конструкції, причому найлегший з них має модифікацію зі збільшеною (на 272 мм) довжиною.

До конструктивних особливостей бульдозерів фірми «Fiat-Allis» відноситься наявність на легких і середніх бульдозерах з неповоротним відвалом - гідроциліндра перекосу, встановленого з лівого боку; на всіх бульдозерах з поворотним відвалом ручних перестановок відвалу в плані і перекосу; з'єднання гідроциліндра перекосу з гідросистемою трактора - гнучкими металорукавами (від радіатора двигуна на середину відвалу і далі трубопроводами); збільшених козирків - на неповоротних відвалах важких бульдозерів (до 1/3 від висоти відвалу); на деяких бульдозерах з поворотним відвалом - складових підковоподібних рам з двох половин, що з'єднуються попереду за допомогою вертикального шкворня; штовхачів, закріплених на рамі бульдозера з поворотним

відвалом (на найлегшому тракторі мод. 4 масою 3,22 т) за допомогою напрямних і пальців, а гідроциліндрів підйому-опускання - на стійках гусеничних візків зовні; внутрішньої рами з приставкою - для середнього бульдозера (на тракторі мод. 8-В масою 11 т), у якого гідрофіковані всі операції по зміні положення відвалу (поворот в плані, перекіс і нахил); підвищених кутів перекосу (до 10-12°) на частини легких і середніх бульдозерів (на тракторах мод. P0-20, 8 В і ін.) масою 27,6т.; боковин неповоротною відвалу без істотного виступання за лобову поверхню, що значно зменшує заліплення. Поворот відвалу в плані 25°, діапазон регулювання кута різання.



Fiat-Allis HD-41

## **1.6. Основні напрямки розвитку і вдосконалення бульдозерів**

Спостерігається прагнення експлуатаційників використовувати машини, які без капітального ремонту (із заміною окремих швидкозношуваних елементів і вузлів при поточному ремонті) могли б відпрацьовувати 10-12 тис. год у будь-яких експлуатаційних умовах з напрацюванням на відмову до 400 год., тобто виробляти весь розрахунковий ресурс і термін амортизації за 3-4 роки. Виходячи з цього, зарубіжні фірми вже встановили гарантійний термін служби основних трансмісійних вузлів 6000 год. або 3 роки, а термін амортизації зменшили з 5 до 4 років. Прагнуть скоротити час, що витрачається на непродуктивні операції, коли бульдозер неможливо ефективно використовувати, тобто транспортні переїзди, технічне обслуговування, огляд та контроль стану, перевірку і діагностику функцій окремих вузлів та елементів машини та ін. Удосконалення параметрів і конструкції вузлів та елементів бульдозера направлено на забезпечення ефективного виконання кожного елемента робочого циклу, тобто поліпшення його функціональних властивостей.

## 2. Науково-дослідна частина

### 2.1. Визначення центру ваги машини

#### 2.1.1. Система координат

При визначенні центра маси машини прийнята наступна система координат:

- вісь  $X$  лежить на опорній поверхні машини в поздовжній вертикальній площині симетрії: позитивне спрямування -в сторону корми:

- вісь  $Y$  збігається з проекцією вісі заднього моста на опорну площину ,позитивного спрямування -до правого борту :

- вісь  $Z$  лежить в продольній вертикальній площині симетрії, проходить через вісь задніх коліс перпендикулярної опорної площини ,позитивного спрямування -вверх.

2.1.2. Визначення центру ваги машини в транспортному положенні робочого обладнання.

Таблиця 2.1

Найменування елементів	$M$ , кг	$X$ , кг	$Z$ , кг
1. Моторна секція тягача	5705	-2,535	1.060
2. Кронштейн гідроциліндрів	80	-4,120	0,920
3. Гідроциліндри бульдозера	50	-4,350	1,110
4. Кронштейн кріплення бульдозера	75	-3,560	0,700
5. Балка бульдозера	40	-3,700	0,450
6. Лебідка	310	-4,650	0,450
7. Ходозменшувач	80	-1,650	1,100
8. Бак з оливой	100	-0,900	1,500

Передня секція машини	6440	-2,654	1,500
9. Відвал в зборі	300	-5,310	1,110
10. Підкоси	10	-4,980	1,100
11. Рама бульдозера	180	-4,830	0,940
Бульдозер	490	-5,127	1,047
12. Екіпаж	160	-1,170	1,800
13. Грузова секція тягача	2340	-0,180	0,710
14. Гідроциліндри укладки	100	-0,100	1,150
15. Ящик з зипом	90	-0,700	0,650
16. Транспортна стійка	30	-0,300	1,750
17. Анкер	20	-0,700	1,200
Задня секція машини	2585	-0,201	0,742
18. Корпус металника з рамою підйому та лижами	2495	0,980	1,720
19. Задня секція машини з робочим обладнанням	6240	0,318	1,530
Машина без екіпажа	13320	-1,377	1,288
Машина з екіпажем	13480	-1,377	1,288

### 2.3 Визначення центра ваги машини при виконанні бульдозерних робіт.

Таблиця 2.2

<i>Найменування елементів</i>	М, кг	Х, кг	Z, кг
Машина в транспортному положенні екіпажем	13480	-1,377	1,288
Машина з екіпажем	13480	-1,382	1,259

### 2.1.3. Визначення центра ваги машини при копанні траншей.

Таблиця 2.3

<i>Найменування елементів</i>	М, кг	Х, кг	Z, кг
1. Задня секція машини	2585	-0,201	0,742
2. Корпус метальника	800	1,800	0,800
3. Ротор	200	1,750	1,020
4. Роздаточна коробка	435	1,450	0,850
5. Карданний вал головний	50	0,900	0,900
6. Карданний вал боковий	30	1,770	0,680
7. Привідний вал	205	2,300	0,620
9. Гідроциліндри кочення	70	1,180	0,450
10. Гидропанель і електрообладнання	50	1,400	1,600
11. Гідроциліндри підйому робочого органа	90	2,350	1,400
12. Редуктор робочого органа	210	2,300	0,640
<i>Найменування елементів</i>	М, кг	Х, кг	Z, кг
Корпус метальника з закріпленими вузлами	2140	1,793	0,831
12. Лижі з підвіскою	130	0,900	0,200
13. Рама підйому	225	0,900	0,700
Рама підйому з лижами	335	0,900	0,517
Корпус метальника з рамою підйому та лижами	2495	1,666	0,786
14. Рама робочого органу	330	3,200	-0,200
15. Ланцюг робочого органу	630	3,200	-0,200
16. Вал натяжний	175	3,800	-0,750
17. Відкоси	25	3,400	-0,040

Робочий орган без фрез	1160	3,295	-0,279
Задня секція машини з робочим обладнанням	6240	1,195	0,570
Машини без екіпажа	13320	-0,961	0,828
Машина з екіпажем	13480	-0,971	0,840

2.1.4. Визначення центра ваги машини при копанні котлованів в немерзлих ґрунтах

Таблиця 2.4

<i>Найменування елементів</i>	М, кг	Х, кг	Z, кг
1. Передня секція машини	6440	-2,654	1,058
2. Бульдозер	490	-5,127	1,047
Передня секція машини з бульдозером	6930	-2,829	1,057
3. Екіпаж	160	-1,770	1,800
Передня секція машини з бульдозером і екіпажем	7090	-2,805	1,074
4. Задня секція машини	2585	-0,201	0,742
Передня і задня секція машини (з бульдозером і екіпажем)	9675	-2,109	0,985
5. Корпус металника закріпленого на його вузлах	2140	1,793	0,831
6. Рама підйому з лижами	355	0,900	0,571
Корпус металника з рамой підйому та лижами	2495	1,666	0,786
Робочий орган без фрез	1160	3,295	-0,279

Задня секція машини з робочим Обладнанням	6930	1,251	0,544
Машина без екіпажа	13320	-0,871	0,811
Машина з екіпажем	13480	-0,882	0,823

2.1.5 Визначення центра ваги машини при копанні котлованів в мерзлих ґрунтах.

Таблиця 2.5

<i>Найменування елементів</i>	М, кг	X, кг	Z, кг
1. Передня секція машини з Бульдозером	6930	-2,829	1,057
2. Екіпаж	160	-1,770	1,800
Передня секція машини з бульдо- зером і екіпажем	7090	-2,805	1,074
3. Задня секція машини	2585	-0,201	0,742
Передня і задня секція машини (з бульдозером і екіпажем)	9645	-2,109	0,985
4. Корпус металника закріпленого на його вузлах	2140	1,793	0,831
5. Рама підйому з лижами	355	0,900	0,517
Корпус металника з рамою підйома та лижами	2495	1666	0,786
Задня секція машини з робочим Обладнанням	6390	1,326	0,711
Машина без екіпажа	13320	-0,836	0,891
Машина з екіпажем	13480	-0,841	0,902

## 2.2. Вертикальне навантаження на колеса тягача

### 2.2.1. Транспортне положення робочого обладнання (статика)

Навантаження на праве та ліве колесо переднього ( $R_{ПП}$ ,  $R_{ПЛ}$ ) та задніх ( $R_{ЗП}$ ,  $R_{ЗЛ}$ ) мостів в транспортному положенні визначають по формулам

$$R_{ПП} = R_{ПЛ} = \frac{mMз g(-X)}{2L} = \frac{134 \cdot 9,81 \cdot 1,377}{2 \cdot 2,286} = 31835 \text{ Н.}$$

$$R_{ЗП} = R_{ЗЛ} = \frac{Mмзg(L+X)}{2L} = \frac{13480 \cdot 9,81(2,86 - 1,377)}{2 \cdot 2,86} = 34285 \text{ Н.}$$

де  $mMз=13480$  кг-вага машин з екіпажем;

$X=-1,377$ м -координата центра ваги машини;

$L=2,86$  -база тягача

Таким чином, на передній міст приходиться вага  $m_{ПМ}=6490$  кг, а на задній міст  $m_{ЗМ}=6990$  кг.

### 2.2.2. Робота бульдозером

При роботі бульдозера в номінальному режимі пропонується реалізація сили, рівномірно 0,8 сили тяги по зчепленню.

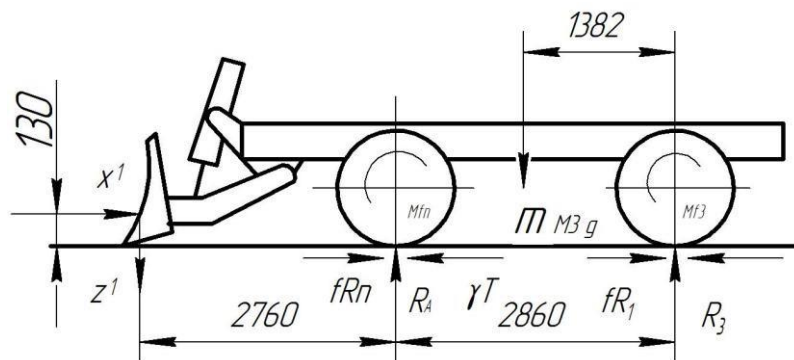
$$X_1 = 0,8 mMз g(\gamma - f) = 0,8 \cdot 13480 \cdot 9,81 \cdot (0,6 - 0,08) \approx 55000 \text{ Н.}$$

$\gamma = 0,6$  – коефіцієнт зчеплення;

$f = 0,08$  – коефіцієнт опору коченню коліс.

Вертикальна складова сили взаємодії відвала з ґрунтом приймається рівною

$$Z_1 = -0,35 X_1 = -0,35 \cdot 55000 = -19250 \text{ Н.}$$



Малюнок 3.1

Момент опору перекату

$$M_{\phi\Pi} + M_{\phi3} = \phi (R_{\Pi} + R_3) \tau k = 0.08 (R_{\Pi} + R_3) 0.64 = 0.051 (R_{\Pi} + R_3)$$

$\partial e \tau = 0,64\text{м}$  – радіус кочення колеса.

$$f(R_{\Pi} + R_3) = f(m_{M3}g - Z_1) = 0.08 \cdot (13480 \cdot 9.81 + 19250) 12150\text{Н.}$$

Навантаження на колеса переднього та заднього моста визначаються з рівняння рівноваги.

$$R_{\Pi\Pi} = R_{\Pi\Pi} = \frac{m_{M3}g \cdot 1.382 - X_1 \cdot 0.13 - Z_1 \cdot 5.62 - f(R_{\Pi} + R_3) \tau}{2 \cdot 2.86} =$$

$$\frac{13480 \cdot 9.81 - 55000 \cdot 0.13 + 19250 \cdot 5.62 - 12120 \cdot 0.64}{0.2.86} = 48260\text{Н.}$$

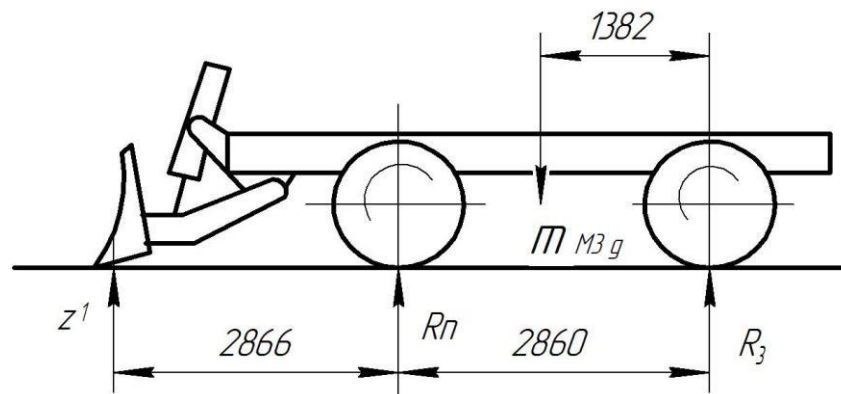
$$R_{3\Pi} = R_{3\Pi} = \frac{m_{M3}g \cdot 1.382 + X_1 \cdot 0.13 + Z_1 \cdot 2.76 + f(R_{\Pi} + R_3) \tau}{2 \cdot 2,86}$$

$$= \frac{13480 \cdot 9,81 \cdot 1,478 + 55000 \cdot 0,13 - 19250 \cdot 2,76 + 12120 \cdot 0,64}{2 \cdot 2,86}$$

$$= 27490\text{ Н.}$$

**Зважування машини на колесах заднього моста та відвала бульдозера при його заглибленні.**

Розглянемо випадок коли сила всередині відвала.  $Z_1$



Навантаження на колеса переднього моста рівні ,  $R_{\Pi\Pi} = R_{\Pi\Pi} = 0$

Навантаження на колеса заднього моста рівні

$$R_{3\Pi} = R_{3\Pi} = \frac{m_{ME}g \cdot 4.344}{2 \cdot 5.726} = \frac{13480 \cdot 9.81 \cdot 1.382}{2 \cdot 5.726} 50160\text{ Н.}$$

Навантаження на відвал бульдозера,

$$Z_1 = \frac{m_{M3}g \cdot 1.382}{5.726} = \frac{13480 \cdot 9.81 \cdot 1.382}{2 \cdot 5.726} = 31920 \text{ Н.}$$

Розглянемо випадок примусового заглиблення лівого краю відвала в щільний ґрунт. Величина вертикальної сили обмежена відривом переднього лівого колеса трактора від опорної поверхні. Величина сили  $Z_1$ , додатка до краю відвала, і навантаження на праве переднє колесо і колеса заднього моста визначаються з системи рівнянь.

$$\Sigma M_y = Z_1; \quad 5.726 + R_{ПП} \cdot 2.86 - m_{M3}g \cdot 1.382 = 0. \quad (1)$$

$$\Sigma M_x = Z_1; \quad 0.5l_{от} - R_{ПП} \cdot 0.5 \cdot B = 0. \quad (2)$$

$$\Sigma Z = Z_1 + R_{ЗП} + R_{ПП} - m_{M3}g = 0 \quad (3)$$

де  $l_{от}=2,52$  м- довжина відвала;

$B=1,86$  м- колія тягача;

З рівняння (2)

$$Z_1 = \frac{R_{ПП} \cdot 0.5 \cdot B}{0.5l_{от}} = \frac{R_{ПП} \cdot 0.5 \cdot 1.86}{0.5 \cdot 2.52} = 0.738 R_{ПП}$$

Підставимо в рівняння (1) значення  $Z_1$ , визначимо  $R_{ПП} \cdot 0.738 + R_{ПП} \cdot 5.726 + R_{ПП} \cdot 2.86 - m_{M3}g \cdot 1.382 = 0$

$$R_{ПП} = \frac{m_{M3}g \cdot 1.382}{0.738 \cdot 5 + 2.86 + 2.86} = \frac{13480 \cdot 9.81 \cdot 1.382}{7.086} = 0.738 \cdot 25790 \text{ Н.}$$

$$Z_1 = 0.738 \cdot 25790 = 19030 \text{ Н.}$$

З рівняння (3) визначимо навантаження на колеса заднього моста

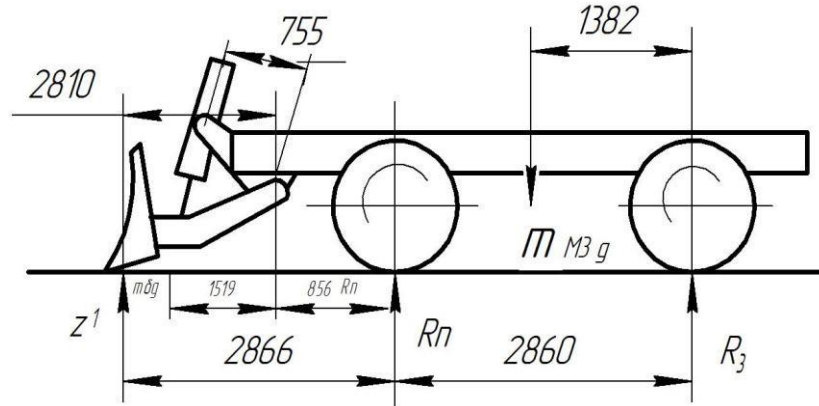
$$R_{ЗЛ} = R_{ЗП} = 0.5(m_{M3}g - Z_1 - R_{ПП}) = 0.5(13480 \cdot 9.81 - 19030 - 25790) = 43710 \text{ Н.}$$

### ***Виглиблення відвала***

Визначення навантаження переднього моста і зусилля  $Z_1$  всередині відвала з умови відрива колес заднього моста від опорної поверхні

$$R_{3п} = R_{3л} = \frac{m_{Мз} g \cdot 4,344}{2 \cdot 2,866} = \frac{13480 \cdot 9,81 \cdot 4,344}{2 \cdot 2,866} = 100220 \text{ Н.}$$

$$Z_1 = \frac{m_{Мз} g \cdot 1,478}{2,866} = \frac{13480 \cdot 9,81 \cdot 1,478}{2,866} = 68200 \text{ Н.}$$



Малюнок 3.3

Визначення зусиль  $Z_1$ , на ножі відвала при заглибленні, коли в гідроциліндрах реалізується максимальне зусилля  $P=13$  МПа.

Зусилля кожного гідроциліндра діаметром 60 мм при тиску 13 МПа в штоковій порожнині дорівнює:

$$P_{ГЦ} = P F_W \cdot \eta_{ГЦ} = 13 \cdot 10^6 \cdot 40,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,92 = 47960 \text{ Н.}$$

$$F_W = 40,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \text{ – площа поршня в штоковій порожнині.}$$

$$\eta_{ГЦ} = 0,92 \text{ – ккд циліндра.}$$

Зусилля заглиблення  $Z_1$  при  $P_{ГЦ}=47960$  Н визначаються по формулі

$$Z_1 = \frac{P_{ГЦ} \cdot 0,755}{2,01} = \frac{2 \cdot 47960 \cdot 0,755 - 550 \cdot 9,81 \cdot 1,519}{2,01} = 31950 \text{ Н.}$$

де  $m_{\delta} = 550$  – вага бульдозера.

Оскільки отримане  $Z_1=31950$  Н менше від зусиль, необхідних для вивішування заднього моста та відриву коліс заднього моста від опорної поверхні при заглибленні бульдозера, ито відриву не буде.

Визначаємо навантаження на колеса переднього і заднього мостів при додатку до відвала зусилля заглиблення  $Z_1 = 31950 \text{ Н}$ .

$$R_{\text{ПП}} = R_{\text{ПЛ}} = \frac{m_{\text{МЗ}} g \cdot 1,382 - Z_1 \cdot 5,726}{2 \cdot 2,86} = \frac{13480 \cdot 9,81 \cdot 1,382 + 31950 \cdot 5,726}{2 \cdot 2,86} = 63930 \text{ Н.}$$

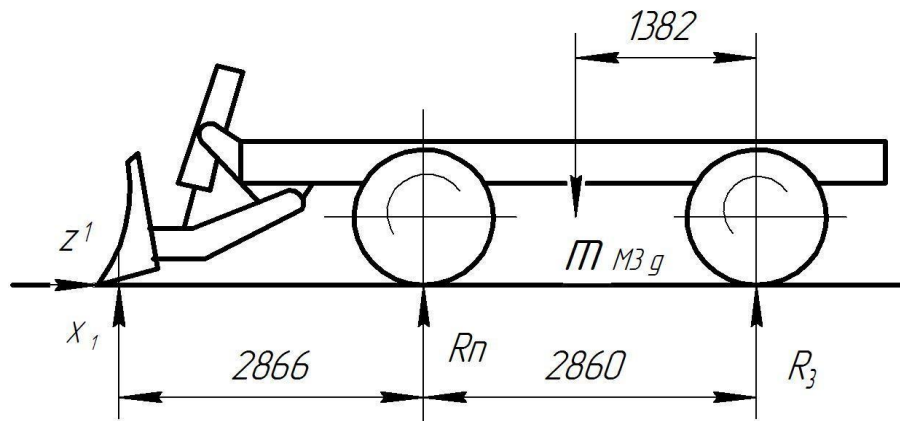
$$R_{\text{ЗП}} = R_{\text{ЗЛ}} = \frac{m_{\text{МЗ}} g \cdot 1,478 - Z_1 \cdot 2,866}{2 \cdot 2,86} = \frac{13480 \cdot 9,81 \cdot 1,478 + 31950 \cdot 2,866}{2 \cdot 2,86} = 18160 \text{ Н.}$$

### *Зустріч лівого краю відвала з перепоною*

При зустрічі з перепоною до лівого краю відвала встановлене в бульдозерне положення, на рівні опорної поверхні прикладена горизонтальна сила  $X_1 = 5860 \text{ Н}$  (600 кгс по потужності двигуна при  $f \approx 0,1$ ).

Вертикальна складова приймається рівною

$$Z_1 = -0,35 X_1 = -0,35 \cdot 58860 = -20600 \text{ Н.}$$



Навантаження на колеса мостів визначається з системи рівноваги.

$$\Sigma M_y = Z_1 \cdot 5,726 + R_{\text{ПП}} \cdot 2,86 - R_{\text{ПЛ}} \cdot 2,86 = 0, \quad +$$

$$\Sigma M_x = Z_1 \cdot 0,5 l_{\text{от}} + R_{\text{ПЛ}} \cdot 0,5 B - R_{\text{ПП}} \cdot 0,5 B = 0$$

З рівняння (2) маємо:

$$R_{\text{ПЛ}} = \frac{R_{\text{ПП}} \cdot 0,5 B - Z_1 \cdot 0,5 l_{\text{от}}}{0,5 B} = R_{\text{ПП}} \frac{20600 \cdot 0,5 \cdot 2,52}{0,5 \cdot 1,86} = R_{\text{ПП}} + 27910.$$

Підставимо цей вираз в рівняння (1) та отримаємо:

$$Z_1 \cdot 5,726 + R_{\text{ПП}} \cdot 2,86 + (R_{\text{ПЛ}} + 27910) \cdot 2,86 - m_{\text{МЗ}} g \cdot 1,382 = 0.$$

$$\text{Звідси } R_{\text{ПП}} = \frac{-Z_1 \cdot 5,726 - 27910 \cdot 2,86 + m_{\text{МЗ}} g \cdot 1,382}{2 \cdot 2,86} = \frac{20600 \cdot 5,726 - 79820 + 13480 \cdot 9,81 \cdot 1,382}{2 \cdot 2,86} =$$

36620 Н.

Тоді,

$$R_{\text{ПЛ}} = 38620 + 27910 = 66530 \text{ Н.}$$

З рівняння (3) маємо:

$$R_{\text{ЗП}} = R_{\text{ЗЛ}} = 0,5 \cdot (m_{\text{МЗ}} g - Z_1 \cdot R_{\text{ПП}} - R_{\text{ПЛ}}) = 0,5 \cdot (13460 \cdot 9,81 + 20600 - 38620 - 66530) = 23845 \text{ Н.}$$

### ***Риття траншей в немерзлих ґрунтах.***

Складова  $\Sigma P_{\text{П}}$  та  $\Sigma P_{\text{т}}$  рівнодіє силі різання в додаток до різців робочого ланцюга при ритті траншей в немерзлих ґрунтах III категорій і зусилля  $P_{\text{ХО}}$  діє на відкоси, що виначені в розрахунку, та складають:

$$\Sigma P_{\text{П}} = 5980 \text{ Н, } \Sigma P_{\text{т}} = 30070 \text{ Н, } \Sigma P_{\text{ХО}} = 15100 \text{ Н}$$

Навантаження на кожну з обох лиж, встановлених на рамі підйома рівні

$$X_{\text{Л}} = 2980 \text{ Н. } \tau_{\text{Л}} = 4960 \text{ Н. (розділ IO)}$$

Спроектуємо силу  $\Sigma P_{\text{П}}$  і  $\Sigma P_{\text{т}}$  на вісі X, Z зв'язані з машиною 3.5

$$\Sigma X = \Sigma P_{\text{П}} \cdot \sin 43^\circ + \Sigma P_{\text{т}} \cos 43^\circ = 5980 \cdot 0,62 + 30070 \cdot 0,731 = 26060 \text{ Н.}$$

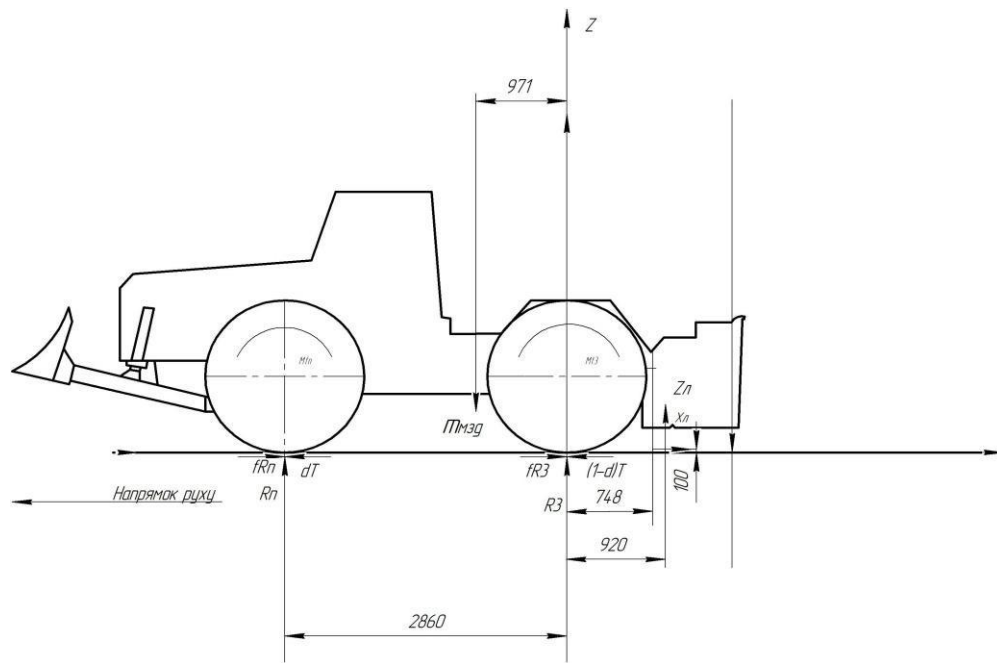
$$\Sigma Z = \Sigma P_{\text{П}} \cos 43^\circ - \Sigma P_{\text{т}} \sin 43^\circ = 5980 \cdot 0,731 - 30070 \cdot 0,682 = -16140 \text{ Н.}$$

Момент опору перекату коліс

$$M_{\text{фн}} + M_{\text{фз}} = f(R_{\text{П}} + R_{\text{З}}) \tau_{\text{К}} = f(m_{\text{МЗ}} g - \Sigma Z - 2Z_{\text{Л}}) \tau_{\text{К}} = (0,0891348 \times 9,81 + 16140 - 2 \times 4960) \times 0,64 = 7090 \text{ Н.}$$

Навантаження на колеса переднього і заднього моста визначаються по формулі (малюнок 3.5)

$$R_{\text{ПП}} = R_{\text{ПЛ}} = \frac{m_{\text{МЗ}} g \cdot 0,971 - (M_{\text{фн}} + M_{\text{фз}}) + \Sigma Z \cdot 3,03 + \Sigma X \cdot 0,63 + P_{\text{ХО}} \cdot 0,16 + 2 Z_{\text{Л}} \cdot 0,920 - 2 X_{\text{Л}} \cdot 0,1}{2 \cdot 2,86} =$$
$$\frac{13480 \cdot 9,81 \cdot 0,971 - 7090 - 16140 \cdot 3,03 + 26060 \cdot 0,63 + 15100 \cdot 0,16 + 2 \cdot 4960 \cdot 0,92 - 2 \cdot 2980 \cdot 0,1}{2 \cdot 2,86} = 17445 \text{ Н.}$$



Малюнок 3.5

$$R_{3П} = R_{3Л} = \frac{m_{МЗ} g \cdot 1,889 + (M_{фП} + M_{фЗ}) - \Sigma Z \cdot 5,89 - \Sigma X \cdot 0,63 - P X_0 \cdot 0,16 - \frac{2 Z_{Л} \cdot 3,78 \cdot 2 X_{Л} \cdot 0,1}{2 \cdot 2,86}}{2 \cdot 2,86} +$$

$$\frac{13480 \cdot 9,81 \cdot 1,889 + 7090 + 16140 \cdot 5,89 - 26060}{2 \cdot 2,86}$$

$$\frac{\cdot 0,63 - 15100 \cdot 0,16 - 2 \cdot 4960 \cdot 3,78 + 2 \cdot 2980 \cdot 0,1}{2 \cdot 2,86} = 51785 \text{ Н.}$$

*Риття траншеї в мерзлих ґрунтах*

Сумарна складова сил різання  $\Sigma P_{\Pi}$  і  $\Sigma P_{\tau}$  при копанні траншей в мерзломому ґрунті (C=150 ударів) визначені в розрахунку ПЗМЗ і складають:

$$\Sigma P_{\Pi} = 41080 \text{ Н. (4188 кгс).} \quad \Sigma P_{\tau} = 55280 \text{ Н. (5635 кгс).}$$

Спроектуємо ці зусилля на осі X, Z зв'язані з машиною на (малюнку 3.5)

$$\Sigma X = \Sigma P_{\Pi} \cdot \sin 43^{\circ} + \Sigma P_{\tau} \cos 43^{\circ} = 41080 \cdot 0,682 + 55280 \cdot 0,731 = 68430 \text{ Н.}$$

$$\Sigma Z = \Sigma P_{\Pi} \cos 43^{\circ} - \Sigma P_{\tau} \sin 43^{\circ} = 41080 \cdot 0,731 - 55280 \cdot 0,682 = -7660 \text{ Н.}$$

Навантаження на кожну з лиж  $X_{Л} = 2980 \text{ Н.}$ ,  $Z_{Л} = 4960 \text{ Н.}$

Момент опору перекачу коліс рівний

$$M_{фП} + M_{фЗ} = f (R_{\Pi} + R_{З}) \tau_{к} = f (m_{МЗ} g - \Sigma Z - 2Z_{Л}) \tau_{к} = 0,08 (13480 \times 9,81 + 7670 - 2 \times 4960) \times 0,64 = 6655 \text{ Н}$$

Навантаження на колеса переднього і заднього моста

$$R_{\Pi\Pi} = R_{\Pi\Pi} = \frac{m_{M3} g \cdot 0,971 - (M_{f\Pi} + M_{f3}) + \Sigma Z \cdot 2,8 + \Sigma X \cdot 0,42 + 2 Z_{\text{Л}} \cdot 0,92 + 2 X_{\text{Л}} \cdot 0,1}{2 \cdot 2,86} =$$

$$\frac{13480 \cdot 9,81 \cdot 0,971 - 6655 - 7620 \cdot 2,8 + 68430 \cdot 0,42 + 2 \cdot 4960 \cdot 0,92 - 2 \cdot 2980 \cdot 0,1}{2 \cdot 2,86} = 21045 \text{ Н.}$$

$$R_{3\Pi} = R_{3\Pi} = \frac{m_{M3} g \cdot 1,889 + (M_{f\Pi} + M_{f3}) - \Sigma Z \cdot 5,66 - \Sigma X \cdot 0,42 - 2_{\text{Л}} \cdot 3,18 - 2 X_{\text{Л}} \cdot 0,1}{2 \cdot 2,86} +$$

$$\frac{13480 \cdot 9,81 \cdot 1,889 + 6655 + 7620 \cdot 5,66 + 68430 \cdot 0,42 - 2 \cdot 4960 \cdot 3,78 + 2 \cdot 2980 \cdot 0,1}{2 \cdot 2,86} = 40950 \text{ Н.}$$

### *Риття котлована в мерзлих ґрунтах*

Навантаження в точках 21, 22, 25 діє на базовий тягач при копанні котлована в мерзлих ґрунтах всі рівні:

$$X_{21} = 6014 \text{ Н} \quad Y_{21} = 6760 \text{ Н} \quad Z_{21} = 7858 \text{ Н}$$

$$X_{22} = 89905 \text{ Н} \quad Z_{22} = 13790 \text{ Н}$$

$$X_{25} = 50069 \text{ Н} \quad Z_{21} = Z_{25} = 4792 \text{ Н}$$

Вага машини з екіпажем без робочого обладнання для риття котлованів

$$m_{M3} = 9675 \text{ кг (таблиця 2.5)}$$

Момент опору перекату коліс

$$M_{f\Pi} + M_{f3} = f(R_{\Pi\Pi} + R_3) \tau_K = f(m_{M3} g + Z_{21} - Z_{22} + 2Z_{21}) \times \tau_K = 0,08(9675 \times 9,81 + 7858 - 13790 + 2 \times 4792) \times 0,64 = 5045 \text{ Нм}$$

Вертикальне навантаження на колеса мостів визначається з системи рівнянь рівноваги

$$\Sigma M_X = R_{3\Pi} \cdot 0,5B - R_{3\Pi} \cdot 0,5B + Z_{21} \cdot 0,5L_{21-22} - Z_{22} \cdot 0,5L_{21-22} + Y_{21} \cdot 0,14 = 0, (1)$$

$$\Sigma M_Y = R_{3\Pi} \cdot 2,86 + R_{3\Pi} \cdot 2,86 + (M_{f\Pi} + M_{f3}) + Z_{21} \cdot 3,603 + Z_{22} \cdot 3,608$$

-

$$X_{21} \cdot 0,905 - X_{22} \cdot 0,905 + 2 Z_{25} \cdot 2,218 - 2 X_{25} \cdot 1,109 - m_{M3} g \cdot 0,751 = 0$$

. (2)

$$\Sigma Z = R_{\text{ПП}} + R_{\text{ПЛ}} + R_{\text{ЗП}} + R_{\text{ЗЛ}} + Z_{21} + Z_{21} \cdot 2 Z_{25} - m_{\text{МЗ}} g = 0 \quad (3)$$

де  $L_{21-22} = 0,67$  м довжина між двома точками 21 і 22 в поперечному напрямку.

З рівняння (1) маємо

$$R_{\text{ЗП}} = R_{\text{ЗЛ}} = \frac{R_{\text{ЗЛ}} \cdot 0,5B + Z_{21} \cdot 0,5L_{21-22} - Z_{22} \cdot 0,5L_{21-22} + Y_{21} \cdot 0,14}{0,5B} =$$

$$R_{\text{ЗЛ}} + \frac{-7852 \cdot 0,5 \cdot 0,67 - 13790 \cdot 0,5 \cdot 0,67 - 6770 \cdot 0,14}{0,5 \cdot 1,86} = R_{\text{ЗЛ}} - 8815.$$

Підставивши цей вираз з рівняння (2), отримаємо:

$$R_{\text{ЗЛ}} = \frac{8815 \cdot 2,86 - (M_{\text{фп}} + M_{\text{фз}}) - Z_{21} \cdot 3,608 - Z_{22} \cdot 3,608 + X_{21} \cdot 0,905}{2 \cdot 2,86} +$$

$$\frac{X_{22} \cdot 0,905 + 2 Z_{25} \cdot 2,218 - 2 X_{25} \cdot 1,105 - m_{\text{МЗ}} g \cdot 0,751}{2 \cdot 2,86}$$

$$= \frac{8815 \cdot 0,5 - 5046 + 7858 \cdot 3,608 - 13790 \cdot 3,608 + 6014 \cdot 0,905}{2 \cdot 2,86}$$

$$+ \frac{89905 \cdot 0,905 + 2 \cdot 4792 \cdot 2,218 - 2 \cdot 50069 \cdot 1,105 + 9675 \cdot 0,751}{2 \cdot 2,86}$$

$$= 11790 \text{ Н.}$$

Тоді

$$R_{\text{ЗП}} = 11790 - 8815 = 2975 \text{ Н.}$$

З рівняння (3) отримаємо

$$R_{\text{ПП}} = R_{\text{ПЛ}} = 0,5(-R_{\text{ЗП}} - R_{\text{ЗЛ}} - Z_{21} - Z_{22} - 2Z_{25} + m_{\text{МЗ}} g) = 0,5(-2975 - 11790 + 7558 - 13790 + 2 \times 4792 + 9675 \times 9,81) = 41900 \text{ Н}$$

Результати розрахунків навантаження на колеса тягача

Таблиця 3.1

Опис випадка	розрахункового	$R_{\text{ПЛ}}$ , Н.	$R_{\text{ПП}}$ , Н.	$R_{\text{ЗЛ}}$ Н.	$R_{\text{ЗП}}$ Н.
Транспортне положення		31832	31835	34285	342285

Робота бульдозером	48260	48260	27490	27490
--------------------	-------	-------	-------	-------

Опис розрахункового випадка	R <sub>ПЛ, Н.</sub>	R <sub>ПП, Н.</sub>	R <sub>ЗЛ Н.</sub>	R <sub>ЗЛ Н.</sub>
Заглиблення бульдозера серединою відвала	0	0	50160	50160
Заглиблення бульдозера краєм відвала	0	25790	43710	43710
Виглиблення бульдозера	63930	63930	18160	18160
Зустріч з перешкодою лівим краєм відвала	66530	38620	23845	23845
Риття траншей в немерзлих ґрунтах	17445	17445	51785	51785
Риття траншей в мерзлих ґрунтах	24045	24045	40950	40950
Риття котлована в мерзлих ґрунтах	41900	41900	11790	11790



Визначаємо найбільший кут підйома ємкості з умови перекидання машини відносно коліс заднього моста.

$$\gamma = \arctg \frac{-X}{Z} = \arctg \frac{0,847}{0,902} \arctg 0,939 \approx 43.2^\circ$$

### ***Поздовжня стійкість машини при в транспортному положенні***

Нижче оцінюється стійкість від перекидування машини.

Знаємо, що рама базового тягача складається з двох шарнірно складених секцій, під дією стійкості розуміється відрив від опорної поверхні одного з коліс, або якої небудь секції -передньої(моторної), або задньої.

Вирахування можливого кута нахилу  $\beta_{пр}$ , при якому починається відрив колеса від опорної поверхні, виготовлюється на УВК СВ4 по "Програмою для розрахунків статичної стійкості машини з шарнірною рамою". При цьому визначається мінімальне значення даного кута з умови стійкості кожної секції, а також значення  $\beta_{пр}$  для заданих положень машини на схилі.

Кожна секція зв'язана з своєю системою координат: з передньою секцією, яка має вертикальний шарнір, -система  $X_B, Y_B, Z_B$ , а задня секція, має горизонтальний шарнір, -система  $X_G, Y_G, Z_G$ , (малюнок 4.1).

Машина має встановлюватись на плоску основу, в площині якої лежать вісі  $X_B, Y_B, X_G, Y_G$ .

Колесам присвоюється номери 1,2,3, і 4. Пропонуються, що опорна поверхня колеса 2, або колеса 4 (малюнок 4.1). В розрахунку прийняті наступні значення:

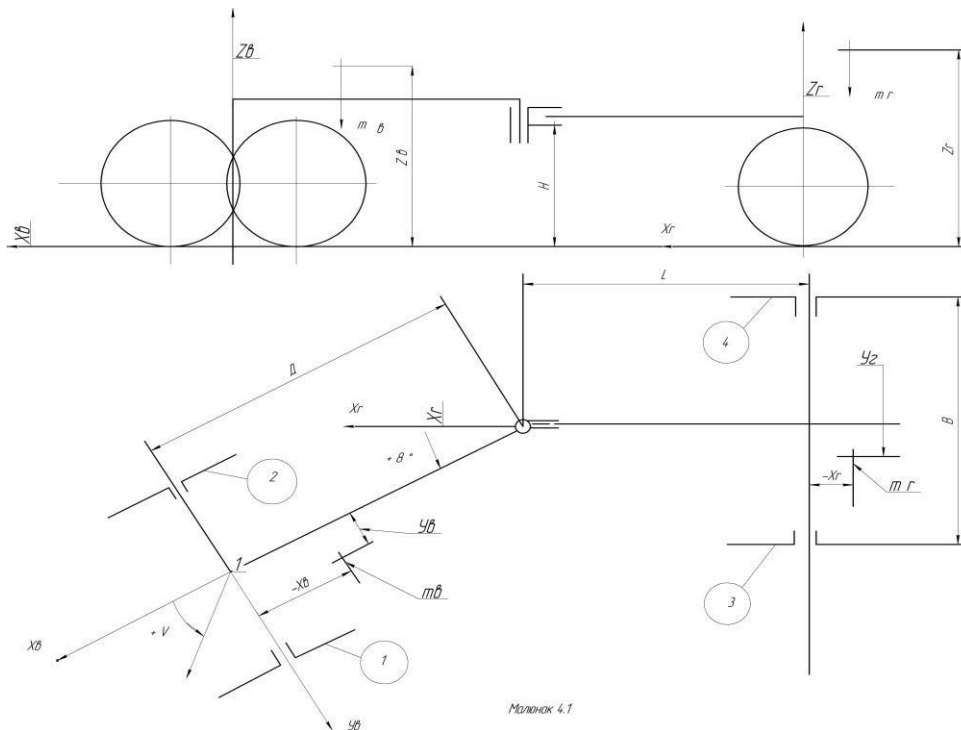
- D-довжина від вісі вертикального шарніра до вісі коліс передньої секції,
- L- довжина від вісі вертикального шарніра до вісі коліс задньої секції,
- B- колія коліс,

- Н-висота розташування вісі горизонтального шарніра над опорною поверхнею машини,
- $m_g, m_r$ -вага передньої і задньої секції,  $X_B, Y_B, Z_B$  – координата центра ваги передньої секції,
- $X_r, Y_r, Z_r$ - координата центра ваги задньої секції,
- В-кут між віссю  $X_B$  і  $X_r$  (зі знаком "плюс", якщо поворот від вісі  $X_r$  і  $X_B$ , проти годинникової стрілки),
- $\gamma$ -кут, що визначається положення машини на схилі, кут між віссю  $X_B$  і вектори ,направлені вниз по схилі ( $\gamma$ -зі знаком "плюс" .якщо поворот від вісі до вектора - прти годинникової стрілки ).

Вихідні дані для розрахунків приведені до таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Значення параметра	Значення параметра
D . м	1,48
L . м	1,38
B . м	1,86
H . м	0,765
$m_g$ · кг	7240
$m_r$ · кг	6240
$X_B$ · м	-0,022
$Y_B$ · м	0
$Z_B$ · м	1,073
$X_r$ · м	0,318
$Y_r$ · м	0
$Z_r$ · м	1,538



#### 4. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

##### *Визначення кінематичних параметрів робочого органа і метальника*

На малюнку 4.1 зображена кінематична схема привода ланцюгового робочого органа і метальника.

Частота обертання колінчастого вала двигуна рівна.

Число зубів і діаметр ділильної окружності ведучої зірочки ланцюга рівні:

$$N_e = 2100 \text{ об/хв}^{-1} \dots$$

$$Z_{ЗВ1} = 1, \quad D_{ЗВ1} = 326,6 \text{ мм}$$

Число зубів і діаметр ділильної окружності веденої (натяжної) зірочки ланцюга рівні:

$$Z_{ЗВ1} = 12, \quad D_{ЗВ1} = 482 \text{ мм},$$

Діаметр метальника  $D_{и} = 1500 \text{ мм}$ ,

Колова швидкість метальника визначається за формулою

$$V = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000}$$

Де  $D$  – розрахунковий діаметр,

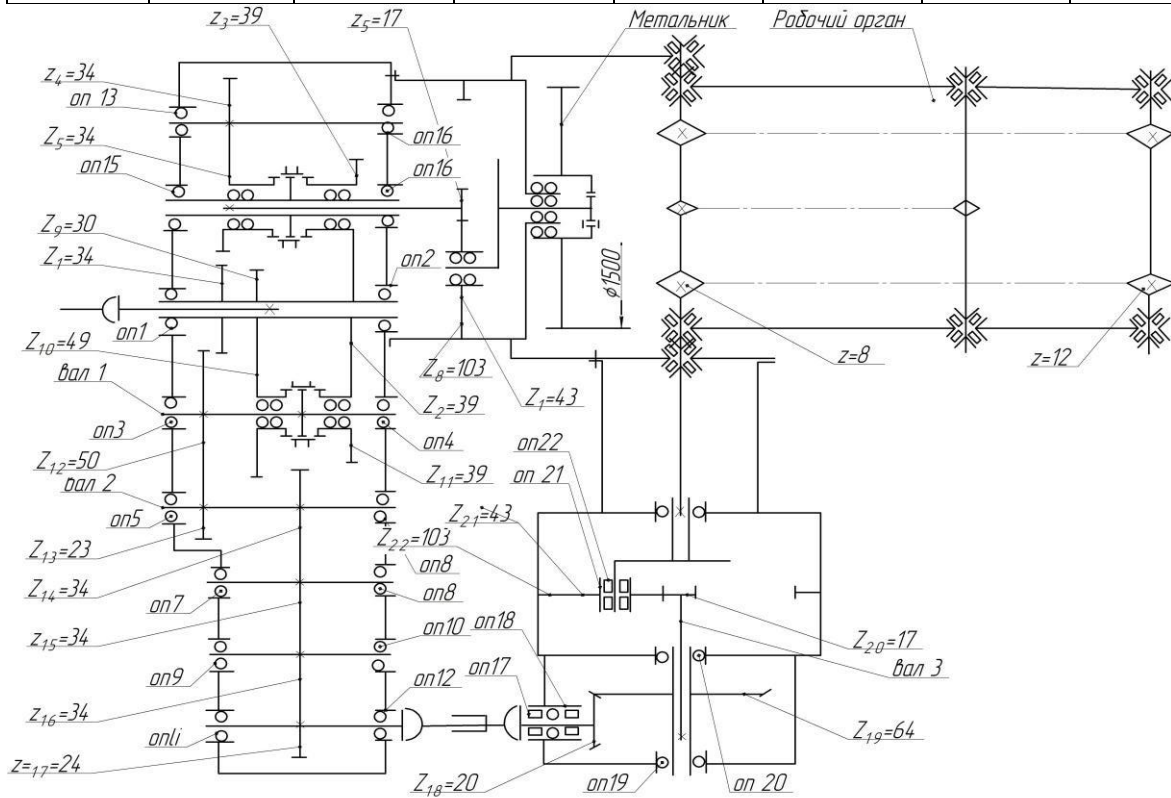
$n$  – частота обертання.

Результати обчислень кінематичних параметрів приведені в таблиці 5.1.

Визначаємо частоту кочення робочого органа при ритті котлованів. Гойдання здійснюється за допомогою двох гідроциліндрів  $D=125$  мм, з ходом поршня  $S=220$  мм.

Найменування привода		Передаточне число					Частота обертання виконавчого приладу Об/хв	Швидкість виконавчого приладу, м/с
		Найменування						
		Редуктор потужності	Роздаточна коробка	Редуктор робочого органа	Ланцюгова передача	Загальне		
Привід металіка	Пряме обертання	$\frac{40}{21}=1,905$	$\frac{34}{34} (1 + \frac{103}{17}) = 7,059$			$\mu_M=13,447$	156	12,25
	Зворотне обертання		$\frac{39}{39} (1 + \frac{103}{17}) = 7,059$					
Привід ланцюга	1-ша передача							
	2-га передача		$\frac{49}{30} \cdot \frac{23}{50} \cdot \frac{24}{34} = 0,53$ $\frac{39}{39} \cdot \frac{23}{50} \cdot \frac{24}{34} = 0,325$			$\mu_\Phi=22,806$	92	1,57

Привід фрез	1-ша передача	$\frac{49}{30} \cdot \frac{23}{50}$ $\cdot \frac{24}{34} = 0,53$	22,588	8/12=0,67	$\mu\phi=13,985$	150	256
	2-га передача	$\frac{39}{39} \cdot \frac{23}{50}$ $\cdot \frac{24}{34} =$ $= 0,325$			$\mu\phi=34,2$ $\mu\phi=20$	61 100	3 4,92



Малюнок 5.1

Примітки. Частота обертання і швидкість визначаються при частоті обертання вала двигуна  $n_e=2100 \text{ об/хв}^{-1}$ .

Живлення гідроциліндрів виготовлюється насосом НП25, подача якого при частоті обертання колінчастого вала двигуна  $n_e=2100 \text{ об/хв}^{-1}$

$$Q_H = \frac{Q_H \cdot \eta_H \cdot \eta_{HV}}{10^3} = \frac{25 \cdot 1764 \cdot 0.95}{10^3} = 41.9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{хв}$$

де  $Q_H = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$

де  $q_H = 2510 \text{ м}^{-6 \text{ м}^3}$  – робочий об'єм насоса.

$\eta_H = 1764 \cdot \text{хв}^{-1}$ .

$\eta_{HV}$  = об'ємний ккд насоса.

Продовження одного цикла качання.

$$T_{\text{ц}} = \frac{2S \cdot (F_{\text{п}} \cdot F_{\text{ш}})}{Q_{\text{н}}} = \frac{2 \cdot 0.22 \cdot (1.22 + 98) \cdot 10^{-4}}{7 \cdot 10^{-4}} = 13.9 \text{ с.}$$

,де  $F_{\text{п}} = 122,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ,  $F_{\text{ш}} = 98 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , - площа поршня гідроциліндра в безштоковій порожнині.

Кількість циклів в хвилину.

$$Q_{\text{ц}} = \frac{60}{T_{\text{ц}}} = \frac{60}{13,9} = 4,3 \text{ цикла.}$$

### ***Визначення швидкості пересування машини***

Гідроходозменшувач забезпечує безступеневу зміну швидкості руху машини при ритті траншей в котлованах.

Напор 25 МР, в якості мотора -МП25.

Технічні параметри насоса:

максимальний робочий об'єм:	$q_{\text{н}} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ ,
об'ємний ККД	$\eta_{\text{нв}} = 0,93$ ,
гідромеханічний ККД	$\eta_{\text{нм}} = 0,94$ ,

Технічні вимоги до двигуна :

робочий об'єм	$q_{\text{н}} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ ,
об'ємний ККД	$\eta_{\text{нв}} = 0,95$ ,
гідромеханічний ККД	$\eta_{\text{нм}} = 0,95$ ,

Передаточне число привода гідронасоса дорівнює

$$u_{\text{ГН}} = \frac{50}{42} \cdot \frac{18}{20} = 1,0714 \text{ (Малюнок 5.2)}$$



$$\eta_H = \frac{\eta_e}{u_{TH}} = \frac{2100}{1,0714} = 1960 \text{ об/хв}^{-1}$$

При цьому максимальна подача насоса становить

$$Q_{H\max} Q_H \eta_H \eta_{HV} = 25 \cdot 10^{-6} u_{TP=} \cdot 1960 \cdot 0,93 = 45,57 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{хв}^{-1},$$

а частота обертання ротора буде рівна,

$$\eta_{H\max} = \frac{Q_{H\max} \cdot \eta_{MV}}{q_M} = \frac{45,57 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95}{1,0714} = 1732 / \text{хв}^{-1},$$

Вважаючи, що мінімальна подача насоса за рахунок зміни кута нахилу шайби складає третю частину від максимальної, отримаємо мінімальну частоту обертання вала мотора.

$$\eta_{H\min} = \frac{\eta_{H\max}}{3} = \frac{1732}{3} = 577 \frac{\text{м}^{-1}}{\text{хв}},$$

Визначаємо робочу швидкість машини при русі вперед на транспортному і робочому ряді роздаточної коробки.

$$v_{i \max} = \frac{\eta_{H \max} \cdot 2 \pi R_k \cdot 60}{u_{TP}} = \frac{1732 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,64 \cdot 60}{987,2} = 423 \text{ м/год},$$

$$v_{i \min} = \frac{1}{3} v_{i \max} = \frac{1}{3} \cdot 423 = 141 \text{ м/год},$$

$$v_{p \max} = \frac{\eta_{H \max} \cdot 2 \pi R_k \cdot 60}{u_{p6}} = \frac{1732 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,64 \cdot 60}{3152,1} = 133 \text{ м/год},$$

$$v_{p \min} = \frac{1}{3} v_{p \max} = \frac{1}{3} \cdot 133 = 44 \text{ м/год},$$

де  $R_k = 0,64 \text{ м}$  – радіус кочення колеса.

Повзучі швидкості 10...15 м/год при русі назад отримаємо при включеному робочого ряду, мінімальна подача насоса і скидання приблизно 75 % цієї подачі через дросель на злив .

Визначемо забезпечення гідроходозменшувача тягове зусилля на колеса тягача. При тиску  $p=16 \text{ МПа}$  крутний момент на валу гідромотора МП 25 рівний  $M_m = 60 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Тягове зусилля на колесах при цьому на транспортному ходу дорівнює:

$$T_{TP} = \frac{M_{LM} \cdot \eta_{TP} \cdot u_{TP}}{R_k} = \frac{60 \cdot 0,75 \cdot 987,2}{0,64} = 69400 \text{ Н},$$

при роботі на ходу дорівнює

$$T_p \frac{M_{гм} \cdot \eta_{тр} \cdot u_{рб}}{R_k} = \frac{60 \cdot 0,75 \cdot 3152,1}{0,64} > 100000 \text{ Н,}$$

Тягове зусилля обмежується зчепленням коліс з опорної поверхні.

В визначаємо кількість тепла, виділеного внаслідок дроселювання робочої рідини при роботі заднім ходом.

$$N_{теп} = \frac{0,75 \cdot 0,333 Q_{нmax} \cdot P_{зх}}{60} = \frac{0,75 \cdot 0,333 \cdot 45,57 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{60} = 570 \text{ Вт,}$$

де  $P_{зх}=3$  МПа-тиск в гідросистемі при роботі машини заднім ходом .

$$A = \frac{860 \cdot N_{теп}}{1000} = \frac{860 \cdot 570}{1000} = 490 \text{ ккал/год,}$$

де 860 ккал/кВт год – механічний еквівалент тепла.

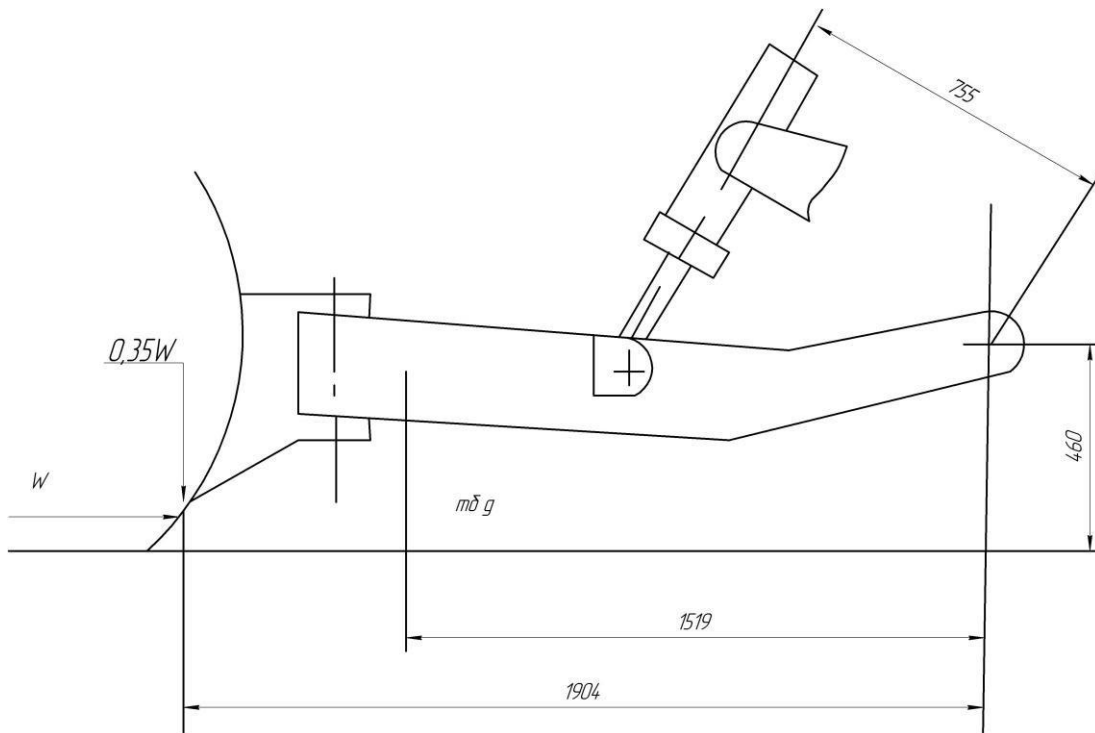
Тепловиділення незначне по відношенню до нагріву робочої рідини.

## 5. ТЯГОВИЙ РОЗРАХУНОК ПРИ РОБОТІ БУЛЬДОЗЕРА

### Тяговий розрахунок

5.1.1 Схема бульдозера приведена на малюнку 5.1. Маємо наступні значення вихідних даних:

- ширина бульдозерного відвала  $L_{от}=2.52$  м; - -
  - висота бульдозерного відвала  $H_{от}=0,845$  м; -
  - кут різання  $= 52^\circ$
  - коефіцієнт тертя ґрунта по сталі  $f_{гс} = 0.5$ ;
  - коефіцієнт тертя ґрунта по ґрунту  $f_{гг} = 0.8$ ;
  - питомий опір різання ґрунту
- 1- категорія  $K=6000$  Н/м<sup>2</sup>,
  - 2-категорія  $K=100000$  Н/м<sup>2</sup>,
  - 3-категорія  $K=180000$  Н/м<sup>2</sup>,
  - 4-категорія  $K=270000$  Н/м<sup>2</sup>.



Малюнок 5.1

Вага бульдозера в робочому положенні рівна  $m_б = 550$  кг.

Кут установки відвала в плані  $\gamma = 90^\circ$

Об'ємна вага розпушеного ґрунту  $\gamma = 16000 \text{ Н/м}^3$

Кут природного відкоса ґрунта  $\beta = 45^\circ$ .

Повне тяговий опір при роботі бульдозера рівно  $W = W_P = W_{\text{ПР}} = W_g$ ,

де  $W_P$  – опір ґрунта рязання ;

$W_{\text{ПР}}$  - опір переміщення ґрунта ,який знаходиться перед відвалом,  $W_g$ - опір переміщення ґрунтавверх по відвалу .

При зрізанні стружки товщиною  $\delta$ ;

$$W_P = K L_{\text{от}} \delta = 2,52; \quad W_{\text{ПР}} = 0,5 (H_{\text{от}} - \delta)^2 \cdot L_{\text{от}} \gamma \cdot f_{\text{гр}} \cdot \left(1 + \frac{1}{\text{tg} \beta}\right) = 0,5 (0,845 - \delta)^2 \cdot 2,52 \cdot 16000 \cdot 0,8 \cdot \left(1 + \frac{1}{1}\right) = 32256 (0,845 - \delta)^2;$$

$$W_g = 0,5 (H_{\text{от}} - \delta)^2 \cdot L_{\text{от}} \gamma \cdot f_{\text{гр}} \cdot \left(1 + \frac{1}{\text{tg} \beta}\right) \cdot \cos^2 \alpha \cdot f_{\text{гс}} = 0,5 (0,845 - \delta)^2 \cdot 2,52 \cdot 16000 \cdot 0,8 \cdot \left(1 + \frac{1}{1}\right) \cdot 0,61566^2 \cdot 0,5 = 7641 \cdot (0,845 - \delta)^2 .$$

Тоді

$$W = 2,52 \text{ к}\delta; + 39897 (0,845 - \delta)^2,$$

Умови на штоках гідроциліндрів при роботі визначаються за формулами.

$$P_{\text{ц}} = \frac{m_{\delta} g \cdot 1,519 + 0,35 W \cdot 1,904 + W (0,46 - \delta)}{2 \cdot 0,745};$$

Результати обчислень приведені в таблицю 6.1

Таблиця 6.1

Категорія ґрунта	К, Н/м <sup>2</sup>	$\delta$ , М	$W_P$ , Н	$W_{\text{ПР}}$ , Н	$W_B$ , Н	W, Н	$P_{\text{ц}}$ , Н
		0,05	7560	20390	4830	32780	28790

1	60000	0,10	15120	17900	4240	37260	30750
		0,15	22680	15580	3690	41950	32550
2	100000	0,05	12600	20390	4830	37820	32390
		0,10	25200	17900	4240	47340	37610
		0,15	37800	15580	3690	57070	42330
3	180000	0,05	22680	20390	4830	47900	39570
		0,10	45360	17900	4230	67500	51310
		0,15	68040	15580	4240	87310	61880
4	270000	0,05	34020	20390	3590	59240	47860
		0,10	68040	17900	4830	90180	66730
		0,15	102060	15580	4240	121330	83880

Визначаємо корисне тягове зусилля базового тягача по потужності двигуна.

$$T = 9550 \cdot \frac{N_e \cdot U \cdot \eta}{\eta_e \cdot r_k} = (m_z \cdot g + 0,35 \cdot W) f,$$

де  $N_e = 121$  кВт- потужність двигуна;  $\eta_e = 2100 \text{ хв}^{-1}$  – частота обертання колінчастого вала ;

$U = 103,2$  - передаточне число трансмісії на 1-ій передачі;

$r_k = 0,64$  м – радіус кочення коліс;

$f = 0,08$  – коефіцієнт опору кочення коліс ;

$m_{mz} = 13480$  – вага машини з екіпажем ;

$0,35W \approx 21500$  Н – середнє значення вертикальної складової опору копання ґрунту.

$$T=9550 \frac{121 \cdot 103,2 \cdot 0,802}{2100 \cdot 0,64} - (13480 \cdot 9,81 + 21500) \cdot 0,08 = 58860 \text{ Н}_{(6000}$$

кгс).

6.1.4 Сила тяги по зчепленню при

$$T_{\text{ц}} = (m_{\text{мзг}} + 0,35W) (Y_{\text{ц}} - f) = Y_{\text{ц}} = 0,6 = (13480 \cdot 9,81 + 21500) \cdot \\ \cdot (0,6 - 0,08) = 79940 \text{ Н.}$$

Результати приведених вище розрахунків вказують, що величина сили тяги обмежена потужністю двигуна складає.

$$T = 58860 \text{ Н (6000 кгс).}$$

Виходячи з цих даних, які приведені в таблиці 6.1 можна зробити висновок ,що при роботі в ґрунтах 1- категорії товщина стружки ,зрізаємої бульдозерним відвалом , може складати 0,25 м, в ґрунтах 2-категорії- 0,15 м, в ґрунтах 3 - категорії - приблизно 0,08м, в ґрунтах 4- категорії - близько 0,05 м.

### ***Запас зусиль гідроциліндрів***

При реалізації бульдозером максимального тягового зусилля по потужності двигуна на кожний з гідроциліндрів приходить сила  $P_{\text{ц}} \approx 42000 + 47000 \text{ Н.}$

При тиску в штоковій порожнині циліндра  $p = 13 \text{ МПа}$  на шток циліндра розвиває зусилля  $P_{\text{ГЦ}}=47960 \text{ Н.}$  ( розділ 3) , що забезпечує заглиблення відвала при роботі бульдозером.

6.3 Швидкість заглиблення відвала

6.3.1 Гідроциліндри бульдозера живляться насосом НП 25 робочий оюєм якого рівний  $Q_{\text{н}} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ , обєм ккд якого рівний  $\eta = 0,95$ .

Подача насоса при частоті обертання колінчастого вала двигуна  $\eta_e = 2100 \text{ хв}^{-1} = 219,8 \text{ с}^{-1}$ , рівна

$$Q_{\text{н}} = q_{\text{н}} \cdot \frac{\eta_e}{2\pi} \cdot \frac{42 \cdot 20}{50 \cdot 18} \cdot \eta_{\text{V}} 25 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{219,8}{2 \cdot 3,14} \cdot \frac{42 \cdot 20}{50 \cdot 18} \cdot 0,95 = 7,76 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \approx 46,5 \cdot$$

$$\cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{м}}.$$

Швидкість виїзду ( втягування ) штоків циліндрів рівні .

$$\sqrt{v_1} = \frac{Q_H}{2 \cdot F_{II}} = \frac{7,76 \cdot 10^{-4}}{2,50,2 \cdot 10^{-4}} = 0,077 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$\sqrt{v_2} = \frac{Q_H}{2 \cdot F_{III}} = \frac{7,76 \cdot 10^{-4}}{2,50,2 \cdot 10^{-4}} = 0,097 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де  $F_{II} = 50,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ,  $F_{III} = 40,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , — площа поршня в без штоковій і штоковій порожнині,

Тривалість повного ходу гідроциліндрів бульдозера ( $S_1 = 0,56 \text{ м}$ ) рівна

$$t_1 = \frac{S_1}{v_1} = \frac{0,56}{0,077} = 7,3 \text{ с},$$

$$t_2 = \frac{S_1}{v_2} = \frac{0,56}{0,097} = 5,8 \text{ с},$$

За час  $t_1$  ( $t_2$ ) носок відвала опускається і піднімається по вертикалі на величину  $H = 1,52 \text{ м}$ .

Середня швидкість опускання (підйома) відвала по вертикалі рівна

$$v_{\text{оп}} = \frac{H}{t_1} = \frac{1,52}{7,3} = 0,21 \text{ м/с},$$

$$v_{\text{под}} = \frac{H}{t_2} = \frac{1,52}{5,8} = 0,26 \text{ м/с},$$

Таким чином швидкість підйома відвала  $v_{\text{под}} = 0,26 \text{ м/с}$ , відповідає переглянутій вигублення відвала  $v_{\text{виг}} \geq 0,25$ .

## **Бульдозер універсальний. Силовий розрахунок**

### ***Силовий розрахунок бульдозерного обладнання***

Розрахункова-конструктивна схема

Розрахунок проводимо по програмі "Силовий розрахунок машини".

Загальні положення і пояснення до табличним даним попередній розділ. На малюнку 7.1 і 7.2 приведена таблиця розрахункова - конструктивна схема бульдозерного обладнання, дозволяючи показати характер взаємного з'єднання ланок в точках їх зв'язку, а також характер взаємного переміщення ланок з допомогою органів управління.

У розрахунковій схемі прийнято допущення: при приложеннях навантаженнях до краю відвала працює одна штанга (ланка 3), або упор (точка 10), які знаходяться в незалежній близькості від точки додатка навантаження.

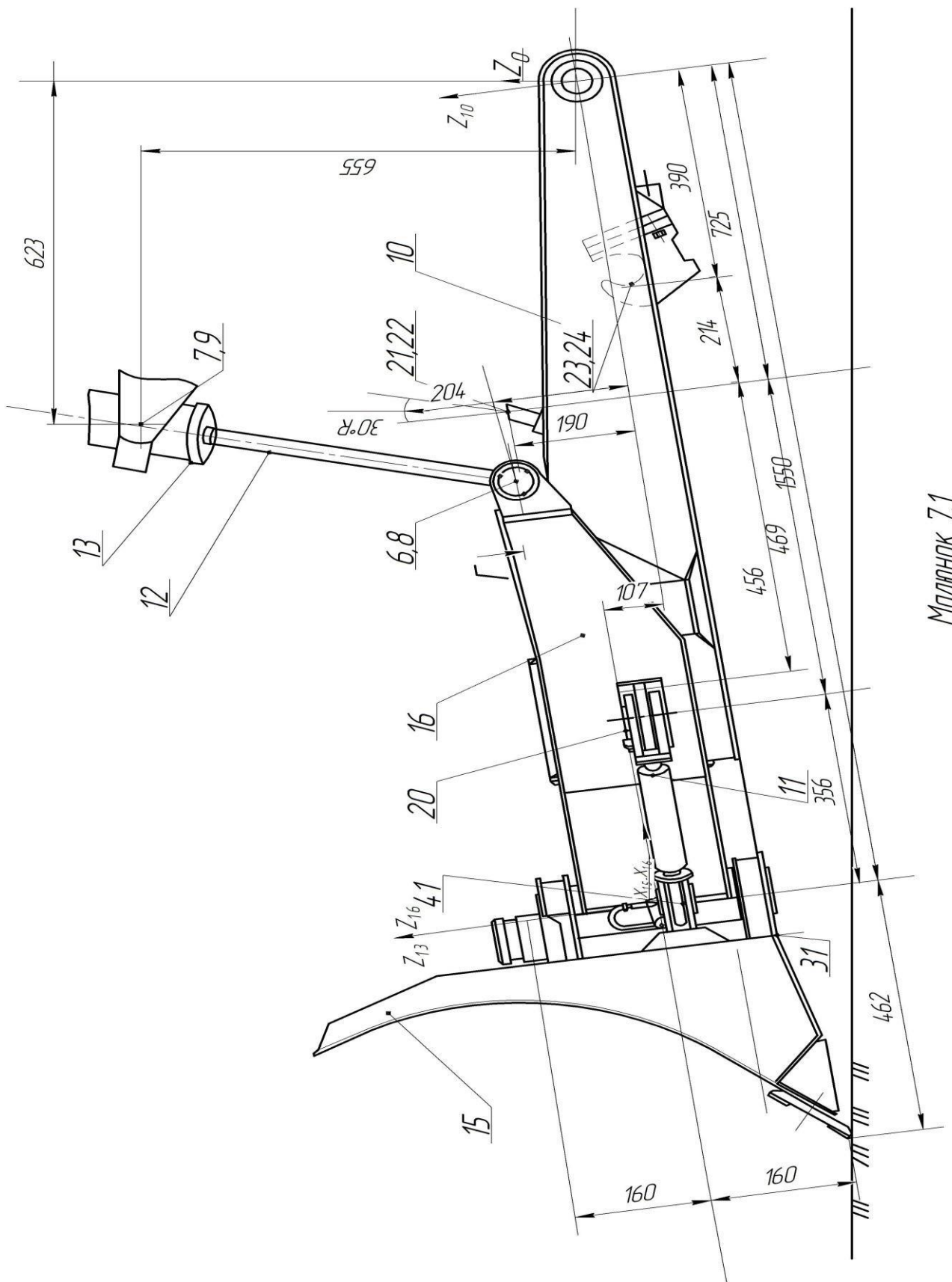
З кожною ланкою жорстко - зв'язана своя система координат.

Зміна положення ланки в просторі відбувається з вузловою системою координат.

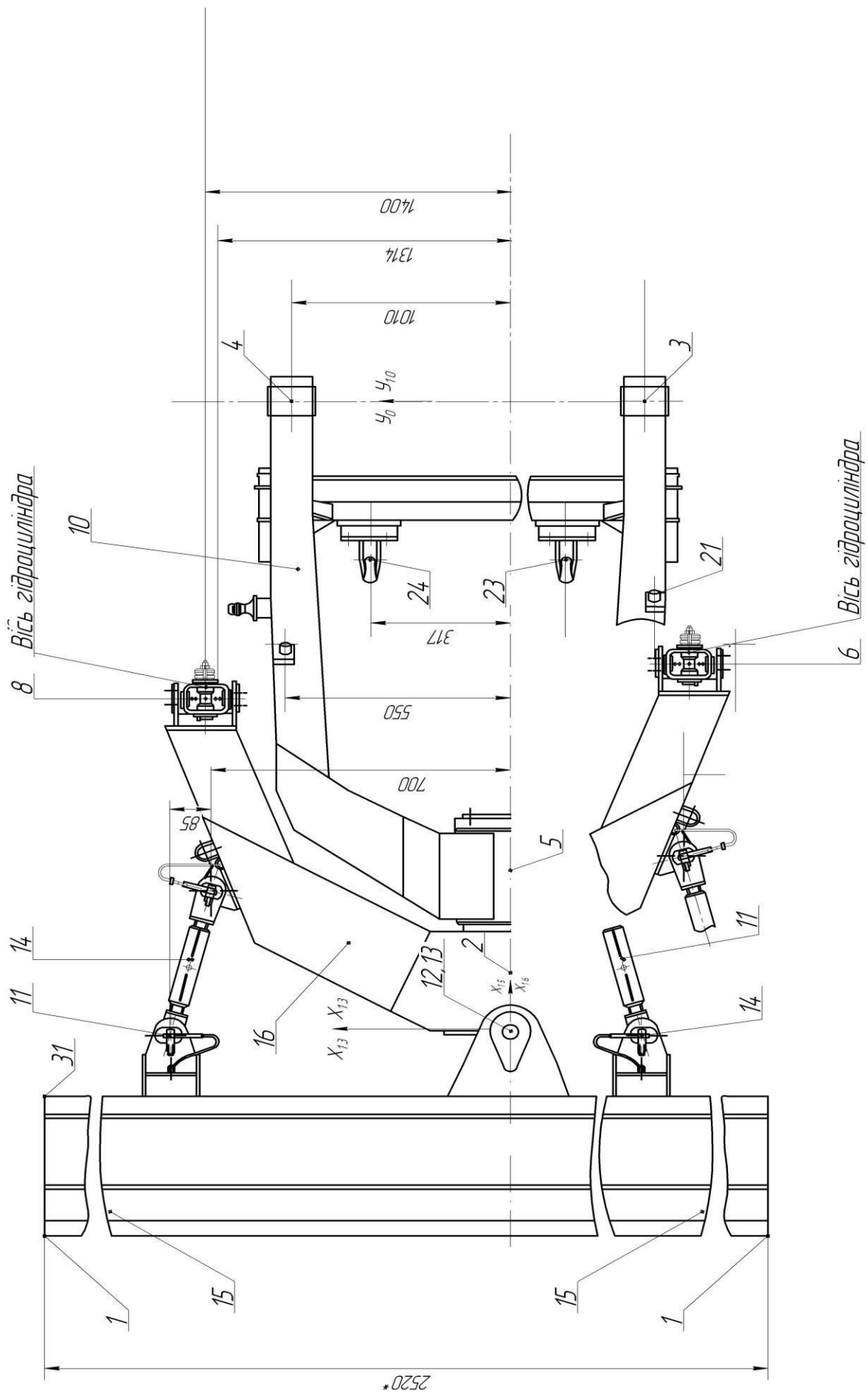
На малюнку 7.1 і 7.2 приведені прийняті системи координат для окремих ланок: штовхає раму, поворотна балка і відвала.

Система координат, зв'язані з наружною ланкою, з початком в точці перетину лінії, яка проходить через точки 3 і 4, з поздовжньою вертикальною площиною симетрії машини, являється основна система координат  $(X_0, Y_0, Z_0)$  вісь  $X_0$ , - направлена до корми машини; вісь  $Z_0$  - направлена вгору; вісь  $Y_0$ , - до правого борту машини.

Взаємні сили, які діють на бульдозер



Модуль 7.1



Малюнок 7.2 Поворотна балка і Відвал

Зовнішні сили для бульдозерного обладнання являють сили взаємодії відвала з ґрунтом, або перепоною, сила ваги бульдозерного обладнання і зусилля гідроциліндрів, коли їх взаємодія визначає навантаження на бульдозерне обладнання.

Зовнішні сили, діючі на універсальний бульдозер, приймаються рівними зовнішніми силами, які діють на бульдозер. Величини цих сил розраховані в розділі 8 і приведені нижче для різних випадків навантаження бульдозера.

$X_1 = 58860$  Н,  $Z_1 = 20600$  Н, -Поздовжня і вертикальна сила складає взаємодію відвала з ґрунтом (без переобліку коефіцієнта динаміки);

$Z_1 = 19030$  Н- вертикальна сила ,виникає при вивішуванні машини;  $Z_1 = 31950$ - вертикальна сила, виникає при виглибленні відвала і реалізації гідроциліндрами максимального тиску;

$X_1 = 58860$  Н,  $Y_1 = 28157$  Н,  $Z_1 = 20600$  Н, - проекція сили яка діє на відвал , встановлений в грейдерне положення ,на вісі координат  $X_0, Y_0, Z_0$ ;

$P_{п} = 60040$  Н;  $P_{ш} = 47960$  Н - зусилля ,розвинуте гідроциліндрами виглиблення відвала при максимальному тиску в поршневій і штоковій порожнині циліндра (  $P_{max} 13$  МПа ) ;  $X_{23} = X_{24} = - 66120$  Н - зусилля , прикладене до крюка при буксирування виробів.

Сила тяжіння бульдозерного обладнання рівна

$$G_{\delta} = -(\eta_{\delta} \cdot 9.81 - 660 \cdot 9.81) = -6475 \text{ Н,}$$

де  $m_{\delta} = 660$  кг-вага бульдозерного обладнання

### ***Опис розрахункових випадків***

В силовому розрахунку розглянемо сім випадків навантаження бульдозерного обладнання (озглянемо випадок 1+6 і 8) ідентичних випадках навантаження бульдозерного обладнання.

Номера ланок и доповнених рівнянь.

Нумерація ланок і доповнених рівнянь прведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Найменування ланки ,або доповнених рівнянь	Найменування ланки
Рама штовхаюча	10
Штанга ліва	11
Гідроциліндр лівий	12
Штанга ліва	13
Відвал	14
Балка поворотна	15

#### Результати розрахунків

Вихідні дані для силового розрахунків для кожного з розрахункових випадків, а також результати розрахунків приведені в таблиці в рекомендованій літературі.

Сили, діючі на базову машину від бульдозерного обладнання.

Нижче, в таблиці 7. 2, приведені сили діючі на кронштейн базового тягача, у вигляді проекції на основну систему координат.

Зусилля в точках 7 і 9, діючі на базову машину, рівні навантаженням на однойменні точки ланок 12 і 13, із зворотнім знаком . Навантаження в точках 3 і 4 визначаються по формулі

$$X_i = - (X_i^* \cos \alpha - Z_i^* \sin \alpha),$$

$$Y_i = -Y_i^*,$$

$$Z_i = - (X_i^* \sin \alpha + Z_i^* \cos \alpha),$$

де  $X_i^*$ ,  $Y_i^*$ ,  $Z_i^*$ - сили діючі на раму бульдозера в точках 3 і 4 в системі , координат ланки 10;

$\alpha_1 = 9^\circ$ ,  $\alpha_2 = -21^\circ$  - кут нахилу вісі  $X_{10}$  до вісі  $X_0$  в розрахункових випадках відповідно 1÷6 п 8 ;

Таблиця 5.2

№ ланки	Позначення Сили	Розрахунковий випадок						
		1	2	3	4	5	6	8
3	X,Н	-37890		11985		-9273		
			-425		4431		170937	-66124
	У,Н	0	0	0	0	0	0	0
	Z,Н	22281	-11147	27165	1884	13318	63707	19016
4	X,Н	122582	-09043	11985	-108786	87844	-81026	-66124
	У,Н	-4232	2691	0	1318	-33487	-33487	0
	Z,Н	49605	-13096	27165	-22329	-35883	29367	19016
7	X	-5472	192	-11985	-430	-820	-19272	0
	У	-1694	57	-3535	-127	-242	-5884	-4730
	Z	-22220	744	-46378	-1664	-3172	-71575	-22254
9	X	20091	9317	-11985	4040	-18592	-11778	0
	У	5925	-2748	3535	-1195	5572	3474	4730
	Z	-77741	38054	-46378	15634	-73104	-45574	-22254

### ***Рама штовхаюча***

Схема штовхаючої рами приведена на мал. 5.4. Рама пропонує собою шість разів статично невизначену конструкцію.

Вирішується задача методом сил по даній програмі на УВК СМ4. Все пояснення до таблиць вихідних даних і результатів приведені в попередньому розділі. В розрахунку виконується наступні розмірності фізичні величини: лінійні розміри - мм, сили - Н, моменти - Н·м, напружених - Н/мм<sup>2</sup>.

Матеріал рами - сталь 09Г2С,  $\sigma_T = 350 \text{ Н/мм}^2$ , сварочний матеріал - дроту - 08Г2С,  $[\tau] = 230 \text{ Н/мм}^2$ .

Аналіз результатів силового розрахунків (підрозділ 7.1) показав, що найбільше неблагоприємне з точки зору міцності рами являється у 6-му і 8-му випадку навантаження. Вихідні дані для розрахунку рами приведені в таблицях 7.1- 7.2, а результати розрахунків в таблицях 8.25-8.32.

Розрахунком встановлено, що найбільше навантаження в рамі мають в 6-му місці розрахунковому випадку на ділянка 20-21 в перерізу В-В (малюнок 8.4, таблиця 8,32),  $\sigma_{\max} = 226 \text{ Н/мм}^2$ .

Мінімальний запас міцність рами рівний.

$$\eta = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\max}} = \frac{350}{226} = 1,55.$$

### *Кронштейн бульдозерного обладнання*

Кронштейн кріплення гідроциліндра.

На кронштейні навісу бульдозера універсального найбільша сила діє в першому випадку навантаження (підрозділ 8.1)

$$R_g = \sqrt{X_g^2 + Y_g^2 + Z_g^2} = \sqrt{20091^2 + 5925^2 + 77741^2} = 30510 \text{ Н.}$$

Це сила більше, чим діюча в випадку навісу бульдозера.

$$\frac{30510}{60830} = 1,32 \text{ разів,}$$

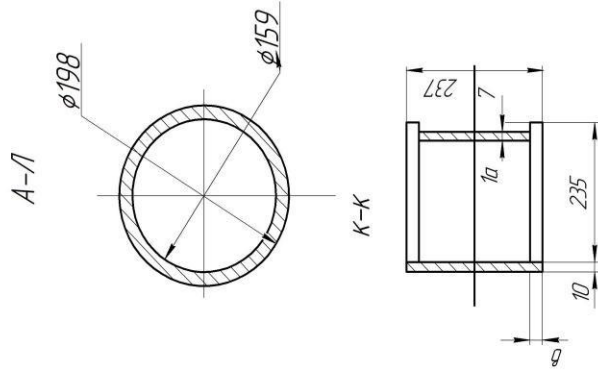
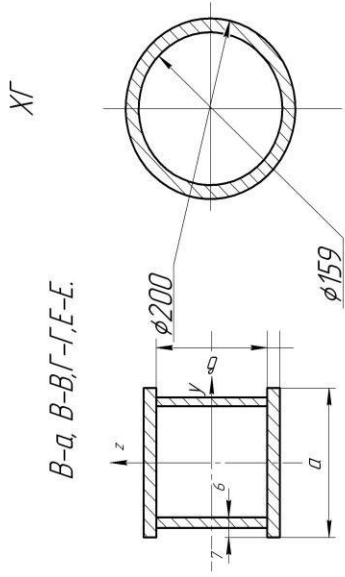
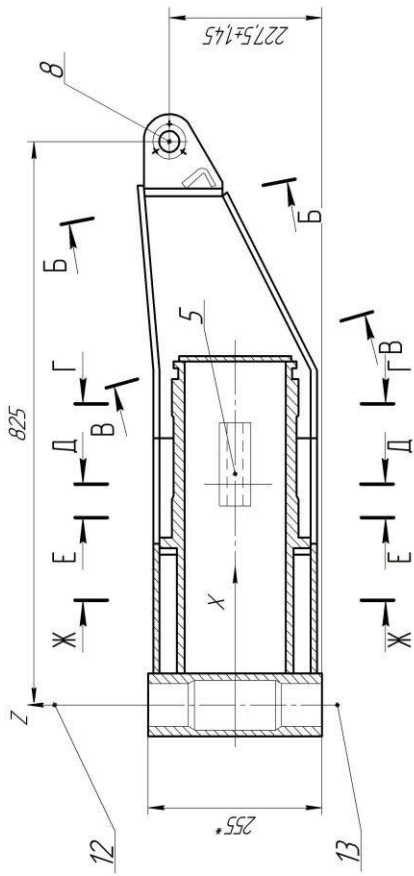
де  $R_g = 60830 \text{ Н}$ , ( Підрозділ 7.9).

Таким чином, запас міцності кронштейна, болтів і штифтів його кріплення до лонжеронів базового тягача будуть меншими при навішуванні бульдозера універсального, чи при навішуванні бульдозера в 1.32 разів складає;

по розрізу А-А  $\eta = 2,6$ ;

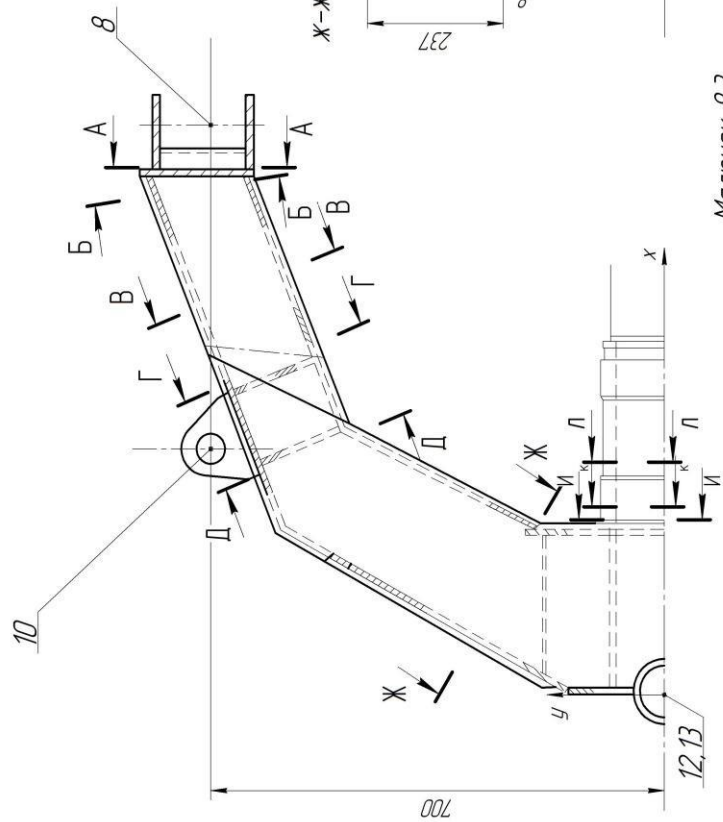
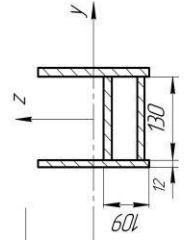
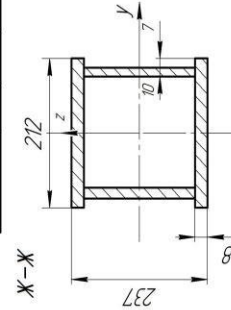
по штифтам  $\eta = 2,5$ ; по

болтам  $\eta = 1,9;$  по  
рамі гідроциліндра  $\eta = 1,8;$   
по пальцям рами  $\eta = 6,6;$



Таблиця 8.25

Переріз	a	б	в
Б-Б	164	114	6
В-В	164	201	6
Г-Г	164	221	6
Д-Д	164	221	8
Е-Е	194	221	8



Малюнок 8.3  
Штовхачча рама



### *Болти кріплення кронштейнів штовхаючої рами*

Аналіз навантажень, приходять на болти кріплення кронштейна штовхаючої рами до лонжеронів базового тягача ,показав ,що болтове з'єднання знаходиться приблизно в рівних умовах і при навісу на машину бульдозер і при навісу на бульдозер універсальний.

Більш того, в ряду розрахункових навантажень кронштейнів бульдозера універсального більш сприятливо чим в звичайного бульдозера. Тому можна стверджувати, що якщо болти кріплення кронштейнів витримують навантаження від бульдозера звичайного, що вказує на підрозділ 7,10 , то вони володіють достатньою міцністю і при впливу на кронштейни навантаження від звичайного бульдозера.

## **6. ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

### **6.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів**

В нашій країні справою особливої важливості являється створення здорових і безпечних умов праці. Тому дуже велику роль в поліпшенні цих умов, зокрема у будівництві, відіграє ефективне використання техніки, застосування сучасних методів ведення будівельно-монтажних робіт, які потребують глибокого інженерного підходу до рішення задач по забезпеченню безпеки праці людей на будівельних майданчиках.

Робота механізмів машин, на жаль, досить небезпечно впливає на людину, тому що часто супроводжується вібрацією і шумом.

Функціональні порушення, пов'язані з дією вібрації та шуму на машиніста, полягають в погіршенні зору, збільшеній втомлюваності, зміні реакції вістібюлярного апарату, головний біль та запаморочення.

Для зменшення впливу вібрації, яка передаватиметься на базову машину, а значить і на водія, передбачається встановлення віброізоляційних амортизаторів. Віброізоляція також встановлюється в місцях кріплення провусин обладнання до рами. Пропонується встановлення віброізоляційних листів нової форми, що покращить гасіння вібрації за рахунок зменшення площі контактуючих поверхонь.

Успішне вирішення проблеми віброзахисту і зниження шуму можливе тільки на основі комплексного всебічного підходу до цього питання.

Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з певними станами об'єкту, наприклад, експлуатація, виготовлення, ремонт, зведемо в таблицю.

Таблиця 6.1. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

№ п/п	Фактор	Джерело	Кількісна оцінка	Норматив
1.	Вплив вібрації	Коливання	$f= 20\text{Гц}$ , $A=5 \cdot 10^{-3}\text{м}$	СТ СЕВ 1932-79 СТ СЕВ 2602-80
2.	Вплив шуму	Робота машини	80 Дб	ГОСТ 12.1.018-76
3.	Недостатня освітленість	Слабкість природнього чи штучного освітлення	2 Лк	СНіП П4-79
4.	Опроміювання зварювальною дугою	Зварювальна дуга при виконанні зварювальних робіт		ГОСТ12.2.03-75 ГОСТ17779-72 ГОСТ12.02.010-75
5.	Враження електрострумом	При електрозварювальних роботах	36 В	ГОСТ12.1.013-78
6.	Опіки від розбризкування гарячого металу	Газо- або електрозварювання корпусу		СНіП ІІІ-4-80
7.	Отруєння шкідливими газами	Газо-, електрозварювання		СНіП ІІІ-4-80
8.	Пожежна небезпечність	Базова машина є потенційним джерелом пожежі		СНіП ІІІ-4-80

## **6.2 Безпечна експлуатація дорожньо-будівельних машин**

Експлуатація самохідних дорожніх машин і причіпних агрегатів.

Причепи (напівпричепи) повинні використовуватися з тим тягачем, що вказаний в паспорті причепа.

При проведенні технічного огляду і кожний раз перед використанням причіп повинен пройти перевірку разом із тягачем на збереження причепом прямолінійного напрямку руху (відсутність заносу).

Для зменшення наслідків дорожньо-транспортних пригод (далі-ДТП) на кожній дорожній машині, що постійно обслуговує конкретну ділянку автомобільної дороги, необхідно зробити напис адресу найближчих ДАІ і медпунктів.

Машиністи тягача і причіпної машини повинні знати і виконувати систему взаємної сигналізації.

На початку руху з місця і при зупинці машиніст тягача зобов'язаний подати попереджувальний звуковий сигнал і, одержавши відповідний сигнал від машиніста причіпної машини, плавно почати (припинити) рух.

Попереджувальний звуковий сигнал необхідно подавати також при гальмуванні, зміні швидкості, поворотах і зупинках машини, а також при вмиканні і вимиканні робочих органів машини.

Сигнал негайної зупинки необхідно подавати в разі загрози аварії чи нещасного випадку, а також:

при виявленні несправності, поломці окремих вузлів тощо;

при наявності перешкод, що не можна подолати; якщо між причіпною машиною і тягачем опиниться людина.

Під час роботи дорожніх машин забороняється:  
знаходитися стороннім особам в зоні дії машини, а також на її площадці управління, рамі, робочих органах, кожухах;

сходити із площадки управління і входити на неї під час руху;  
відчіпляти причіпну машину до повної зупинки тягача;  
оглядати колеса і вилучати предмети, що застрягли між покриттями під час руху.

Під час роботи машин з канатно-блоковим управлінням не можна допускати перегрівання гальм і фрикціонів лебідки.

У разі розривання каната барабан лебідки необхідно негайно вимкнути.

На дорожніх машинах з канатно-блоковою системою управління забороняється: направляти рукою чи якими-небудь іншими предметами канат, що намотується на барабан лебідки;  
запасовувати канати на робочих органах машини, що знаходяться в робочому стані; доводити поліспасти до упирання; працювати із зношеними блоками і виколотими ребордами блоків; працювати з канатами, що підлягають вибракуванню.

Під час руху дорожніх машин (за винятком машин на базі автомобільного шасі) на підйом і спуск треба уникати переключення передач. Забороняється рух і робота на укосах і косогорах із крутістю більше допустимого кута для даного типу машини.

Рух дорожніх машин на спусках необхідно вести на першій передачі і при необхідності пригальмовувати.

При влаштуванні насипів відстань від краю гусениці (колеса) до бровки земляного полотна повинна бути не меншою 1 м.

При роботі машин з ходовою частиною у вигляді здвоєних пневматичних коліс забороняється знаходитися позаду ведучих коліс машини.

Під час зупинки машини необхідно оглядати пневматичні колеса і вилучати предмети, що застрягли між покриттями. Робота машин з шинами, що слабонакачені або спущені, а також із зношеними покриттями не допускається.

При роботі в нічний час самохідні і причіпні агрегати повинні бути обладнані:

лобовим і загальним освітленням, що забезпечує достатню видимість шляху, по якому переміщається машина чи агрегат, видимість фронту робіт і прилеглих до нього ділянок на відстані не менше 10 м; освітленням робочих органів і механізмів управління; заднім сигнальним світлом; аварійним освітленням.

### **Екскаватори**

Змінний машиніст зобов'язаний слідкувати за дотриманням вимог безпеки робітниками, які обслуговують екскаватор і транспортні засоби, що працюють з екскаватором в одній технологічній лінії. У разі виявлення порушень припинити проведення робіт і поновлювати їх тільки після усунення порушень.

Забороняється перебування в кабіні екскаватора осіб, крім зайнятих безпосередньо роботою по управлінню і обслуговуванню механізмів екскаватора чи тих, що навчаються цьому.

На кожному екскаваторі треба мати на видному місці правила управління, схему пускового пристрою та електрообладнання, інструкцію по обслуговуванню агрегатів.

При підривних роботах екскаватор необхідно відводити не менше як на 50 м від місця вибуху.

Проведення земляних робіт екскаватором в зоні розміщення підземних комунікацій допускається тільки з письмового дозволу організації, що експлуатує комунікації. До дозволу повинен бути прикладений план, де показано розміщення комунікацій, складений на підставі робочих креслень.

До початку робіт необхідно встановити знаки, що вказують зони розміщення підземних комунікацій.

При наближенні до лінії підземних комунікацій роботу екскаватора треба вести під наглядом виконроба (майстра), а в охоронній зоні газопроводу чи електрокабелю — під наглядом робітників, які експлуатують ці комунікації.

У разі виявлення не зазначених в плані комунікацій, підземних споруд, вибухонебезпечних матеріалів і боєприпасів земляні роботи мають бути припинені до наступного дозволу на подальше проведення робіт.

Майданчик, на якому встановлюють екскаватор під час роботи, повинен бути рівним і горизонтальним.

Гусениці (колеса) екскаватора під час його роботи загальмовують, а колісні екскаватори ставлять на виносні опори (аутрігери).

Забороняється підкладати під гусениці або котки гусениць колоди, камені та інші предмети для попередження зміщення екскаватора під час його роботи.

До початку роботи екскаватора необхідно перевірити надійність ґрунту. При роботі зворотної лопати і драглайна необхідно перевірити надійність укосу виїмки або траншеї проти обвалу під дією маси екскаватора. У разі необхідності укіс треба зміцнити.

При роботі на слабких ґрунтах екскаватор треба ставити на спеціальних дерев'яних щитах (сланях).

Шлях для пересування екскаватора повинен бути ретельно вирівняний та спланований. Щити можна перекладати за допомогою ковша екскаватора, для чого вони повинні бути оснащені спеціальним пристроєм для їх захвату.

Під час роботи екскаватора обслуговуючий його машиніст зобов'язаний уважно стежити за аутрігерами, не допускаючи їх ослаблення.

Висота вибою, що розробляється екскаваторами, не повинна перевищувати: для прямої лопати — максимальної висоти копання ковша; залежно від категорії ґрунту допускається збільшення цієї висоти, але не більш як у 1,5раза у порівнянні з найбільшою висотою копання і з обов'язковою умовою недопущення звисів (козирків).

Забороняється знаходитися людям на бровці вибою в межах призми обвалення або поблизу його стінки знизу.

Одночасна робота екскаватора на двох уступах, розміщених один під другим, забороняється.

Необхідно постійно слідкувати за станом вибою, при виникненні небезпеки обвалення негайно відвести екскаватор в безпечне місце і повідомити про це виконавця робіт (виконроба, майстра).

Вилучені з розпушеної породи великі шматки породи необхідно розташовувати так, щоб вони не заважали у випадку необхідності швидкого відходу екскаватора з вибою.

Під час роботи екскаватора забороняється знаходитися в зоні роботи стріли. Небезпечна зона роботи крана чи екскаватора це коло, що описане радіусом, рівним довжині стріли плюс 5 м.

При експлуатації екскаваторів забороняється:  
змінювати виліт стріли при заповненому ковші або піднятому вантажі, за винятком лопат, що не мають напорного механізму; підтягувати за допомогою стріли вантаж, розміщений збоку; регулювати гальма при піднятому ковші; замінювати канат при перебуванні екскаватора біля підшви вибою; працювати із зношеним канатом; звалювати ковшом екскаватора козирки і звіси, що утворилися.

При експлуатації екскаватора необхідно дотримуватися таких вимог:  
очищати ківш, а також оглядати його і усувати несправності можна тільки з дозволу машиніста; при цьому необхідно переконатися, що ківш опущений і добре опирається в ґрунт;

огляд і обслуговування основних вузлів допускається під час зупинки екскаватора з дозволу машиніста;

під час руху одноковшового екскаватора його стрілу необхідно встановити тільки у напрямку ходу, а ківш підняти над землею на 500-700 мм. Забороняється пересування екскаватора із завантаженим ковшом.

Під час перерви в роботі екскаватор необхідно відводити від краю траншеї на відстань не менше 2 м, а ківш опускати на ґрунт.

В процесі роботи екскаватора, обладнаного прямою чи зворотною лопатою, необхідно:

при наповненні ковша не допускати надмірного врізування його в ґрунт; поворот на вивантаження починати тільки після виходу ковша з ґрунту; при копанні у важких ґрунтах не виводити рукоятку до крайньої межі; при підніманні ковша як механічної лопати не допускати упирання блока ковша у блок стріли;

при опусканні стріли чи ковша не допускати ударів їх по рамі чи гусениці, а також ударів ковша по ґрунту;

слідкувати за правильною намоткою канатів на барабани лебідок, не допускаючи їх перехрещення на барабані; ні в якому випадку не направляти рукою канати, що намотуються.

При пробиванні екскаватором піонерної траншеї необхідно стежити, щоб при повороті на розвантаження хвостова частина не чіпляла за бокову стінку вибою.

При роботі драглайна не можна допускати значних відхилень ковша від осі стріли.

Якщо у напрямку руху ковша при його заповненні зустрічається перешкода, її необхідно обминути шляхом піднімання ковша; забороняється долати перешкоду різким ривком ковша.

## Бульдозери

Під час роботи бульдозерів всіх типів необхідно дотримуватися таких вимог:

уважно слідкувати за ріжучою кромкою відвалу і при виявленні перешкод спиняти машину;

не переміщувати ґрунт бульдозером на підйом чи спуск з кутом нахилу більше зазначеного в паспорті машини;

при переміщенні ґрунту бульдозером на підйом не допускається врізування відвалу в ґрунт; скидаючи ґрунт під укіс, не виводити відвал за бровку укосу насипу (виїмки); не повертати бульдозер із завантаженим чи заглибленим відвалом; не працювати у глинястих ґрунтах в дощову погоду;

не допускати переїзду бульдозера заднім ходом з одного місця на інше із спущеним відвалом;

при будь-якому припиненні роботи бульдозера відвал повинен бути опущений на землю.

При роботі на пересіченій місцевості чи перегоні бульдозера своїм ходом по необладнаній дорозі його швидкість не повинна бути більше швидкості, що досягається на першій чи другій передачах трактора.

Монтувати навісне устаткування на трактор і демонтувати його слід під керівництвом механіка.

Забороняється під час роботи двигуна знаходитися в просторі між трактором і рамою бульдозера, між трактором і відвалом або під трактором.

Підіймати важкі частини бульдозера необхідно тільки справними домкратами і талями. Забороняється застосовувати важелі й інші засоби, що не забезпечують необхідної стійкості і небезпечні для людей.

Регулювати механізми бульдозера повинні двоє працівників, з яких один знаходиться біля механізму, який регулюють, а інший — біля органів управління. Особливу увагу необхідно приділяти безпеці, коли вмикаються муфти зчеплення та переміщуються важелі управління.

### **Скрепери**

Жорстке зчеплення причіпних скреперів з трактором повинно бути продубльоване канатним зчепленням. Причому довжина його повинна бути мінімальною, але достатньою, щоб не брати участь в роботі при справному жорсткому зчепленні та зразу включитися в роботу при його розриві, не допускаючи натягнення гумових рукавів при гідравлічному управлінні.

При розриві жорсткого зчеплення тягач треба негайно зупинити. Працювати на гнучкому зчепленні заборонено.

Робота скрепера із незашплінтованим запобіжним шворнем забороняється.

Не допускається наближати причіпні скрепери до укусу виемки на відстань меншу 500 мм і до укусу свіжонасипаного насипу на відстань менше 1000 мм.

Забороняється переміщати скрепер з ґрунтом на узвіз чи спуск з кутом нахилу більшим зазначеного в паспорті і розвантажувати скрепер, посуваючи його назад чи під укіс.

Очищати ківш скрепера від ґрунту, що налип, дозволяється лопатою чи скребком після повної зупинки трактора, очищати ківш руками чи ногами забороняється.

В процесі роботи забороняється сідати на скрепер або ставати на його раму. Тракторист повинен слідкувати за тим, щоб ніхто не заходив у простір між скрепером і трактором. Якщо необхідно зупинити на деякий час агрегат, тракторист зобов'язаний зупинити двигун трактора.

Робота скреперів у мокрих глинястих ґрунтах чи в дощову погоду забороняється. При переїздах ківш скрепера повинен бути піднятий над землею не менше ніж на 350 мм.

Транспортувати скрепер поза ділянкою роботи дозволяється тільки із розвантаженим насосом (лебідкою). Для чого ківш повинен бути додатково закріплений на рамі гаком або канатом.

В темний час доби скреперні роботи на косогорах не дозволяються.

Зарізати ґрунт скреперами можна тільки на прямолінійних ділянках. Не допускаються повороти скрепера з наповненим ковшем, але не піднятим над землею.

При роз'єднанні скрепера і тягача передню частину скрепера необхідно підняти і надійно закріпити. При тривалому знаходженні скрепера в такому положенні передню частину скрепера треба встановити на міцні опори (кліті). Роз'єднання і з'єднання скрепера з тягачем роблять за допомогою вантажопідійомних засобів і під керівництвом механіка.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мусійко В.Д. Екскаватори поздовжнього копання: навч. посібник / В.Д. Мусійко. – К.: НТУ; ЗАТ «Віпол». – 2008. – 240 с.
2. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве. - К.: Транспорт, 1983-183 с.
3. Машины для земляных работ / Ю.А Ветров, А.А. Кархов, А.С. Кондра, В.П Станевский; Под общ.ред. Ю.А Ветрова. - К Вища шк. Головноеи-во, 1981. - 384 с.
4. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Повышение производительности машин для земляных работ. - К: Будівельник, 1988.-128с.
5. Станевский В.П. Совершенствование рабочего процесса землеройних машин. – К. Вища шк., 1984-180 с.
6. Машины для спеціальних земляних робіт: навчальний посібник для студентів вузів, які навчаються за спеціальністю «Будівельні та дорожні машини та обладнання» / Ю. А. Ветров, В. Л. Баладінський. - Київ: Вища школа, 1980. - 192 с.
7. Машины для земляных робіт: підручник для студентів вузів, які навчаються за спеціальністю «Будівельні та дорожні машини та обладнання»/Ю. А. Ветров [та ін.]; за ред. Ю. А. Ветрова. - 2-ге вид., Дораб. та дод. - Київ: Вища школа, 1981. - 384 с.
8. Назаренко І.І. Машины для виробництва будівельних матеріалів, Київ, КНУБА, 1999 р., 488 с.
9. Гаркавенко О.М. Охорона праці при виробництві експлуатації та ремонті будівельних машин і обладнання: Методичні вказівки до дипломного проектування. – К.: КНУБА, 2010. – 28 с.

## ДОДАТКИ