Тема роботи:

«Дослідження процесу роботи бульдозера на базі трактора Т-180»

Виконав: студент групи ГМБ-23 ск _____ Є.В. Єременко

Керівник випускної роботи: канд.техн.наук, ст. викл. _____ Вік.А. Громадський

Кривий Ріг
2026 р

ВСТУП

На відкритих гірничих розробках масові земляні роботи займають одне з провідних місць у структурі виробничих процесів. Із зростанням складності інженерних споруд, масштабів промислового, цивільного та транспортного будівництва, а також із розвитком добувної промисловості обсяги земляних робіт безперервно збільшуються. При цьому близько 20 % від загального річного обсягу становить розробка мерзлих і міцних ґрунтів, що характеризуються підвищеною щільністю, зчепленням та опором різанню.

У таких умовах перед конструкторами землерийних і землерийно-транспортних машин постають нові, більш складні завдання щодо вдосконалення конструкцій, оптимізації параметрів робочих органів, підвищення енергоефективності та надійності машин. Особливої актуальності набувають питання раціонального використання потужності силової установки, зменшення енергетичних витрат на процес різання ґрунту, підвищення продуктивності та зниження зносу елементів робочого обладнання.

Основну частину земляних робіт виконують машини універсального призначення — екскаватори, скрепери та бульдозери. Водночас існує значна кількість технологічних операцій, де використання окремих типів машин є економічно або технічно недоцільним. До таких робіт належать розробка міцних, мерзлих і зневоднених ґрунтів, пророоблення вузьких траншей і щілин, планування майданчиків, прокладання ліній комунікацій, підготовка основ під дорожні покриття та інші спеціалізовані операції.

Бульдозери, скрепери та грейдери-елеватори належать до групи землерийно-транспортних машин (ЗТМ), призначених для виконання комплексу земляних робіт із одночасним переміщенням ґрунту. У системі класифікації дорожньо-будівельної техніки їм надається буквений індекс ДЗ. Бульдозери є одними з найбільш універсальних та технологічно гнучких машин цього класу.

Бульдозери призначені для пошарової розробки ґрунтів I–IV категорій без попереднього розпушування з переміщенням ґрунту на відстань до 50–150 м.

Скельні породи можуть розроблятися пошарово після попереднього розпушування. Окрім основних операцій різання та переміщення ґрунту, бульдозери виконують планування поверхонь, засипання котлованів і траншей, формування насипів, очищення територій від рослинності та снігу.

Особливе місце серед машин середнього та важкого класу займає бульдозер на базі трактора Т-180. Завдяки значній тяговій потужності, гусеничному рушію та підвищеній прохідності він широко застосовувався при виконанні важких земляних робіт у складних ґрунтових та кліматичних умовах. Конструктивні особливості цієї машини дозволяють ефективно працювати на щільних і мерзлих ґрунтах, а також забезпечують достатню стійкість і надійність при тривалих навантаженнях.

Дослідження процесу роботи бульдозера передбачає аналіз взаємодії робочого органа з ґрунтом, визначення сил різання та опору переміщенню, оцінку тягових можливостей базового трактора, визначення раціональних режимів роботи та розрахунок продуктивності. Вивчення цих аспектів є важливим для підвищення ефективності використання техніки, зменшення експлуатаційних витрат і оптимізації технологічних процесів.

Метою бакалаврської роботи є дослідження процесу роботи бульдозера на базі трактора Т-180, аналіз його тягово-експлуатаційних характеристик, визначення основних силових параметрів під час розробки ґрунтів та обґрунтування раціональних режимів роботи машини.

Об’єктом дослідження є технологічний процес розробки та переміщення ґрунту бульдозером на базі трактора Т-180 у процесі виконання земляних робіт.

Предметом дослідження є закономірності взаємодії робочого органа бульдозера з ґрунтом, силові та енергетичні параметри процесу різання й переміщення ґрунту, а також вплив конструктивних і експлуатаційних характеристик машини на її продуктивність та ефективність роботи.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТИ ПРО БУЛЬДОЗЕРИ

1.1. Бульдозери

Бульдозер- виїмково-транспортуюча машина, що складається з базової машини (тягача) і бульдозерного устаткування [2, 5 ,6].

Бульдозери застосовуються для виконання наступних робіт [11, 12]:

- Розробці виїмок і напіввиїмок на узгір'ях.
- Розробці неглибоких виїмок на горизонтальних ділянках місцевості з переміщенням породи у відвал.
- Спорудження насипів з переміщенням породи з резерву
- Вирівнювання рельєфу місцевості при будівництві доріг.
- Зачистки екскаваторних уступів.
- Планування породи у відвалах.
- Засипки ровів, ям і канав.
- Планування будівельних і аеродромних майданчиків.
- Розчищення площ від каменів, пнів, лісу, снігу і так далі

В якості базових тягачів використовуються гусеничні трактори потужністю від 120 до 600 л.с., рідше колісні тягачі потужністю від 160 до 800 л.с [1, 2, 5 ,6].

Залежно від умов роботи, потужності і типу бульдозера заповнення відвала робитися на швидкостях 2,5.8,0 км/год для гусеничного і 3,5.10 км/год для колісного переміщення грунту відповідно на швидкостях 4.10 і 6.12 км/год, холостий хід на швидкостях 8.12 і 10.20 км/год [2, 5 ,6].

Бульдозерні відвали, навантажувальне устаткування і устаткування розпушувачів виконуються або у вигляді навісного, або напівпричіпного устаткування до базових гусеничних і колісних тягачів (тракторів), а також спеціальних пневмоколісних шасі [9].

Бульдозери, скрепери і грейдери-елеватори відносятья до групи ВТМ, призначених для виконання різних видів земляних робіт з виконання транспортуючих функцій. Їм надається буквений індекс ДЗ. Розпушувачі, відносяться до машин для підготовчих робіт, надається буквений індекс ДП,

навантажувачам як технологічному виду устаткування - індекс ТЕ. Да-лі у ВТМ через дефіс вказується номер моделі устаткування, а буквені індекси після номера характеризують: А, Б, В - модернізації або змінені конструктивні розміри; З і ХЛ - кліматичне виконання (північне) [2, 3].

Бульдозери призначені для пошарової розробки порід I-IV категорій без попереднього розпушування і переміщення на відстань до 50-150 м Скельні породи можуть пошарово розроблятися після попереднього розпушування [6].

Бульдозери-товкачі застосовують для спільної роботи із скреперами і іншими землерийними машинами [3].

Розпушувачі призначені для пошарового розпушування мерзлих і скельних порід IV-VIII категорії з міцністю до 90 МПа. Розпушувальне устаткування навішується на тракторы тягових класів від 100 кН і вище [11, 12].

Бульдозерно-розпушувальні агрегати (БРА) призначені для комплексної механізації землерийных робіт на мерзлих і скельних породах без проведення БВР. Вони мають агрегатні індекси при комплектному постачанні тракторів з навісним устаткуванням бульдозерів і розпушувачів [3].

Вітчизняні бульдозери серійно випускаються на базі гусеничних тракторів тягових класів 100,150,250, 350 і 750 кН, на базі колісних тягачів класів 60, 100 і 250 кН.

Бульдозерне устаткування [2, 5 ,6].

1. Відвал;
2. Штовхаючі бруси;
3. Підкоси;
4. Механізм підйому і опускання відвала;

Штовхаючі бруси виготовляються у вигляді балок коробчастого або круглого перерізу[2, 5 ,6].

На одному кінці брусів шарнірно кріпиться відвал. Другий кінець шарнірно з'єднується з рамою гусені або ходовою рамою машини.

Підкоси служать для зміни кута установки відвала у вертикальній площині, зазвичай на кут до 20 градусів.

Підкоси виконуються у виді:

1) труб постійної довжини з проушинами на обох кінцях для з'єднання з відвалом і напірною балкою. Зміна кута нахилу здійснюється за рахунок перестановки підноса в регулювальних отворах балки;

2) труб з правим і лівим різьбленням на кінцях, що нагвинчуються на гвинтові стерпони, укріплені в шарнірах відвала і балки;

3) гідроциліндрів.У останніх двох випадках зміна кута установки відвала у вертикальній площині здійснюється за рахунок зміни довжини підкосів.

Механізм підйому і опускання відвала може бути[2, 5 ,6]:

- канатний

- гідравлічний

Канатний механізм застосовується нині рідко, в основному для машин великої потужності, працюючих в умовах низьких температур. Впровадження відвала в грунт здійснюється у таких машин за рахунок тільки ваги відвала. Тому для ефективної роботи вага таких відвалів має бути значною.

Гідравлічний механізм підйому виконується у вигляді 2х гідроциліндрів. Знайшов нині широке застосування.

Він дозволяє забезпечити значні напірні зусилля відвала на грунт (до 0,5 від ваги трактора).

Відвал є зварною конструкцією з листової сталі. Залежно від умов роботи відвали мають наступні форми: Прямий відвал має пряму що утворює, невеликі зігнуті бічні щитки і бічні ножі, що зменшують знос щитків. Ножі відвала знімні і складаються з невеликих частин. Застосовується для розробки міцних грунтів. Маса відвала 20.22% від маси трактора[2, 5 ,6].

Універсальний відвал аналогічний по конструкції прямому, тільки трохи ширше і нижче. Цей відвал ще називається поворотним і може бути встановлений на кут до осі машини в плані. Застосовується для планувальних робіт. Відвал придатний тільки для гусеничних тягачів, оскільки колісні тягачі не пристосовані до сприйняття сильних бічних навантажень. Маса близька до маси прямого відвала[2, 5 ,6].

Сферичний відвал має криволінійну утворюючу. Зігнута форма відвала забезпечує косе різання і дещо зменшує опір переміщення відвала на 10-12

градусів. Такий відвал також переміщає великий об'єм чим прямий відвал (на 20-25%). Застосовується для розробки легких і середніх грунтів при значній довжині транспортування. Маса відвала на 10% більша за пряму.

Відвали з розпушуючими бічними зубами встановлюється на потужних тягачах зі встановленою потужністю не менше 250 л.с. Відвал забезпечує розпушування і переміщення грунту. Бічні зуби можуть опускатися нижче за рівень ножа відвала на 20.30 см Розміри такі, як і у прямого відвала[2, 5 ,6].

Застосовується для розробки дуже міцних грунтів при невеликій довжині транспортування (зуби при транспортуванні піднімаються).

Короткий прямий відвал має довжину коротше прямого і забезпечений амортизатором.

Призначений для виконання земляних робіт і в якості товкача скреперів при заповненні останніх грунтом.

Маса відвала 17.18% від маси гусеничного трактора.

1.2. Характеристики середовища взаємодії

Ґрунт являє собою верхній шар земної кори, який сформувався внаслідок процесів вивітрювання гірських порід [13, 15].

За генезисом, фізичним станом та рівнем механічної міцності ґрунти поділяють на скельні, напівскельні, великоуламкові, піщані та глинисті [13, 15].

До основних характеристик, що визначають стан ґрунтового масиву, відносять його фізико-механічні властивості, зокрема: гранулометричний склад, щільність, пористість, вологість, ступінь розпушення, стисливість, міцність, опір тертю, абразивність, липкість, а також швидкість поширення деформаційних хвиль у середовищі [13, 15].

Щільність ρ (кг/м³) визначається як відношення маси ґрунту до займаного ним об’єму.

Пористість характеризується як співвідношення об’єму пор до загального об’єму ґрунтового масиву.

Вологість ґрунту є відношенням маси води, що міститься в порах, до маси твердих частинок.

Розпушеність ґрунту відображає його здатність збільшувати об’єм у процесі розробки та описується коефіцієнтом [13, 15]:

$$КР = Vр / V,$$

де Vр — об’єм ґрунту у розпушеному стані після розробки, V — об’єм ґрунту в природному заляганні.

Стисливість характеризує здатність ґрунту під дією зовнішнього навантаження переходити до більш ущільненого стану; кількісно вона оцінюється модулем деформації [13, 15].

Міцність ґрунту визначає його здатність протидіяти стисканню, зсуву та розривним навантаженням [13, 15].

Абразивність відображає здатність ґрунтів, що містять тверді частинки, викликати зношування робочих органів та елементів ходових систем землерийних машин [13, 15].

Липкість характеризує схильність ґрунту прилипати до робочих поверхонь елементів машин, що контактують із ним під час роботи [13, 15].Швидкість поширення деформаційних хвиль - визначає опір динамічному руйнування [13, 15].

Грунти поділяються па категорії в залежності від складності їх розробки, тобто щільності і найменуванню [13, 15].

Під час різання ґрунтів з істотною анізотропією, особливо шаруватих у напрямку різання, при малих величинах кута різання інструменту, стружка відділяється зазвичай шляхом відриву. Разом з тим, в звичайних для землерийних машин умовах процесу різання ґрунтів, в більшості випадків утворюється елементна стружка. Елементи стружки приймають в перетині закономірну форму, включаючи чітко виражену площадку зминання передньою гранню ножа і гострокутні сполучення поверхні відділення з їх верхньої поверхнею (рис 1.1).

Переважання у грунтів стружковідділення свідчить про те, що деформації і напруги, які йому відповідають, найбільш характерні [13, 15].

Але поряд з переважанням у грунтів елементного стружкоутворення зафіксовані також ступінчасті і зливні стружки (рис 1.2).

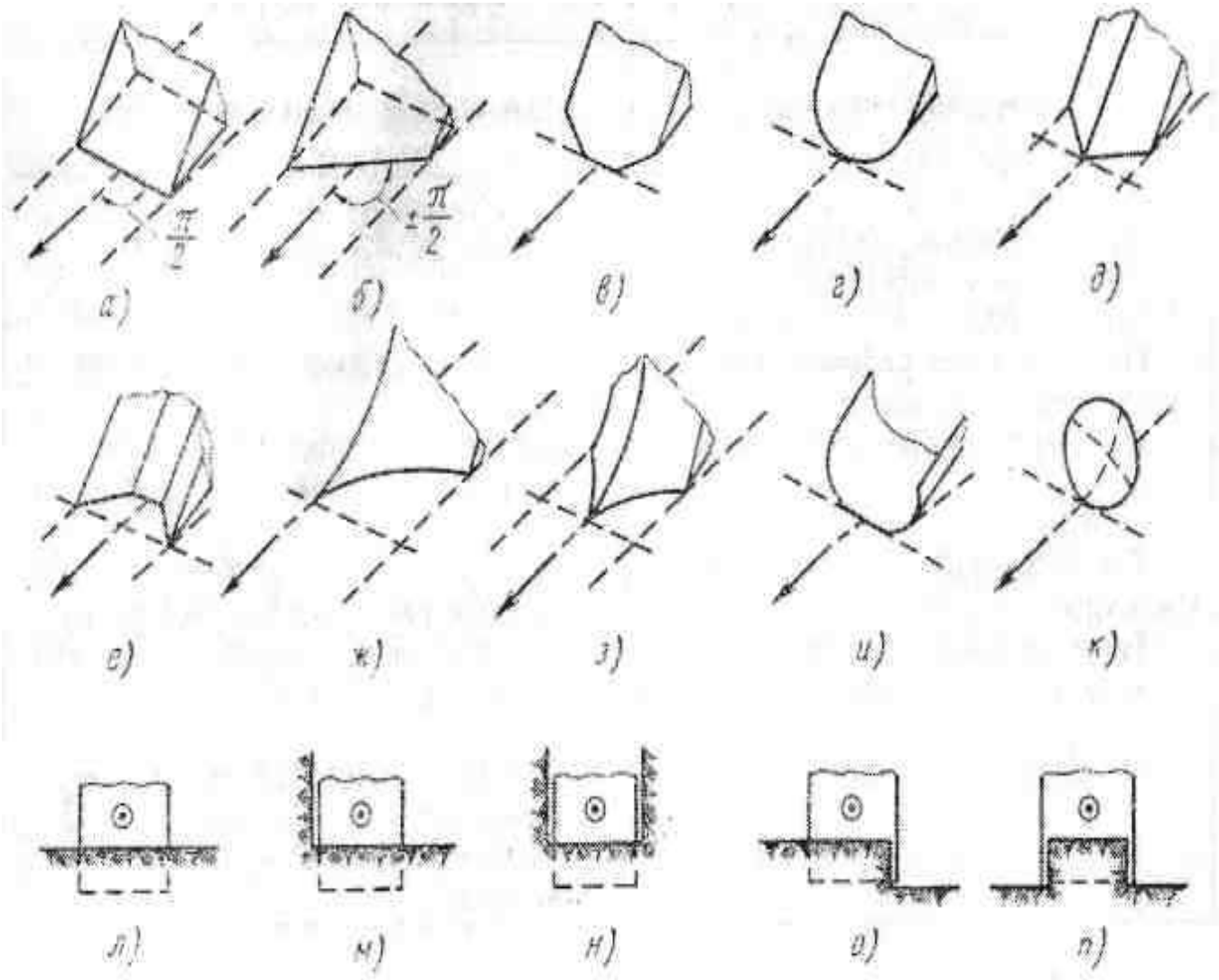


Рис. 1.1 - Різновиди різання з відділенням стружки [13, 15]: а - прямокутний плоским клином; б - косокутність плоским клином; в - прямокутне плоским клином з ріжучої кромкою, окресленої по ламаній лінії; г - то ж, але по опуклою кривою; д, е - дво- і тригранного клином; ж, з, к - косе різання криволінійних клином; і - прямокутне різання криволінійних клином; л - блоковане різання; м - різання з однією поверхнею бічного зрізу; н - різання з двома поверхнями бічного зрізу; про - напіввільне різання; п - вільне різання.

Стружка надлому або відриву (друга назва найближче умов різання ґрунтів) утворюється у вигляді незв'язаних між собою шматків матеріалу неправильної

форми. Різець відокремлює ці шматки головним чином відривом, залишаючи після себе нерівну поверхню.

Елементна стружка також складається з окремих шматків матеріалу. Але їх форма більш закономірна. З боку різця вони обмежені площиною, що утворилася при зминанні матеріалу.

Ступінчасту стружку можна розглядати як видозміна елементної. Відмінність полягає лише в тому, що послідовні елементи стружки після відділення від масиву з'єднуються знову. В результаті цього стружка отримує гладку поверхню з боку різця і ступінчасту зовні [13, 15].

Нарешті, зливна стружка відрізняється формою суцільної стрічки, гладкою з боку різця і шорсткою, але майже без істотних нерівностей на зовнішній поверхні

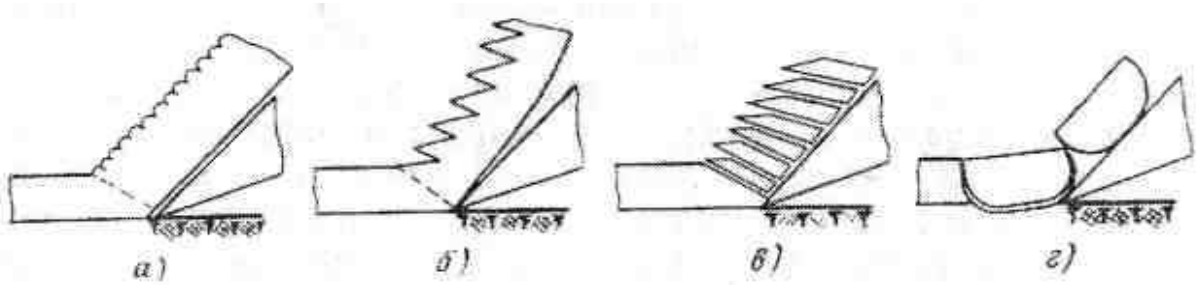


Рис. 1.2 - Види стружок при різанні грунтів [13, 15]: а - зливна; б - ступінчаста; в - елементна; г-відриву.

Глибина зняття рослинного шару бульдозером визначається кліматичними умовами району виконання робіт та типом ґрунту [13, 15].

У регіонах із суворим кліматом, де середня температура січня становить –28 °С і нижче, а в липні досягає 0 °С і вище, за наявності тривалого зимового періоду зі сніговим покривом до 1,2 м та поширенням багаторічномерзлих ґрунтів, при підзолистих ґрунтах рекомендується знімати верхній шар товщиною 7–20 см. Мерзлий ґрунт у таких умовах доцільно розробляти в теплий період року в міру його природного відтавання з подальшим переміщенням у відвали поблизу доріг для наступного транспортування.

У кліматичних підрайонах із більш м’якими зимами (середня температура січня –15 °С і вище) та жарким літнім періодом (середня температура липня +25 °С і вище), характерних для буроземних і сіроземних ґрунтів, глибина зрізання

може досягати 25 см. Такі райони відзначаються короткою зимою, інтенсивним сонячним випромінюванням улітку та можливістю розвитку просадних явищ у ґрунтах.

В інших кліматичних умовах глибина зняття шару визначається типом ґрунту: для підзолистих ґрунтів вона становить 7–20 см, тоді як для каштанових і чорноземних — може збільшуватися до 60–80 см.

1.3. Аналіз обладнання, що може бути використано у таких умовах

Бульдозери належать до класу виїмково-транспортуючих машин (ВТМ). Машини цього типу призначені для розробки та переміщення малозв'язних ґрунтів або попередньо розпушених скельних порід. Конструктивно ВТМ складаються з базової машини — трактора, тягача або спеціалізованого шасі — та змінного робочого обладнання, яке може бути навісним, причіпним або напівпричіпним [2, 5, 6].

До складу робочого обладнання виїмково-транспортуючих машин входять [2, 5, 6] :

- бульдозерні відвали, скреперні ковші, грейдери-елеватори та струги (група обладнання з індексом ДЗ — дорожньо-землерийне);
- одноковшові навантажувачі (група з індексом ТО — технологічне обладнання).

За принципом дії робочі органи ВТМ поділяють на два основні типи:

- ножові — характерні для більшості бульдозерів, грейдерів-елеваторів і стругів;
- ковшові — застосовуються у скреперах, одноковшових навантажувачах із дизельним приводом, а також у спеціалізованих конструкціях бульдозерів.

Для виконання підготовчих операцій, зокрема розпушування щільних і мерзлих ґрунтів, базові трактори або тягачі оснащуються розпушувальним обладнанням (група з індексом ДП — шляхове підготовче обладнання). Як правило, потужні трактори з двигунами понад 150–160 кВт, що агрегатуються з бульдозерним обладнанням, комплектуються також розпушувачами [2, 5, 6].

До характерних ознак виїмково-транспортуючих машин належать [2, 5, 6]:

- виконання процесів різання та переміщення ґрунту за рахунок тягового зусилля ходових систем базових машин, які одночасно забезпечують і рух самої машини;
- пошарова розробка порід горизонтальними або похилими шарами товщиною від кількох сантиметрів до 0,5–1,0 м;
- відносна простота автоматизації робочого процесу завдяки послідовності та повторюваності операцій;
- висока мобільність і маневреність.

Порівняно з екскаваторами за однакової продуктивності виїмково-транспортуючі машини характеризуються значно меншою металоємністю (у 3–10 разів), нижчою вартістю (у 3–5 разів) та зменшеними експлуатаційними витратами, що можуть бути меншими у 3–4 рази [2, 5, 6].

Застосування різних типів ВТМ у межах одного виробничого комплексу дає можливість забезпечити повну механізацію як основних, так і допоміжних процесів у кар’єрах. Такі машини ефективно використовуються під час розробки складноструктурних родовищ, у важких гірничо-геологічних та кліматичних умовах, а також сприяють інтенсифікації робіт при будівництві й експлуатації гірничих підприємств [2, 5, 6].

Для агрегатування з робочим обладнанням застосовують гусеничні та пневмоколісні трактори, одно- та двовісні тягачі, а також спеціалізовані шасі.

Трактор — це самохідна машина, конструкція якої орієнтована на тривалу роботу в тяговому режимі. Частка часу роботи в режимі реалізації тягового зусилля становить, як правило, 70–80 % і більше від загальної тривалості експлуатації.

2. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БУЛЬДОЗЕРА З РОЗШИРЕНИМ ВІДВАЛОМ Т-180

2.1. Призначення та область використання

Бульдозер на базі трактора Т-180 (рис. 2.1) є виїмково-транспортуючою машиною, призначеною для пошарової розробки ґрунтів, їх переміщення на невеликі відстані та планування поверхні. Конструктивно машина складається з гусеничного трактора тягового класу підвищеної потужності та навісного бульдозерного обладнання — відвала з ріжучим ножем, системи кріплення і механізму підйому та перекосу [2, 5, 6].

Основне призначення бульдозера Т-180 полягає у виконанні таких технологічних операцій [2, 5, 6]:

- зрізання ґрунту горизонтальними або похилими шарами визначеної товщини;
- переміщення розробленої маси на відстань до 50–150 м;
- формування насипів і відвалів;
- планування майданчиків і профілювання території;
- засипання траншей, котлованів та виробок;
- розчищення територій від рослинного шару, снігу та будівельного сміття;
- робота в комплексі зі скреперами як бульдозер-штовхач.

Завдяки гусеничному рушію машина характеризується підвищеною прохідністю, стійкістю та здатністю працювати на слабких, зволожених і нерівних ґрунтах. Значна маса та високі тягові можливості забезпечують ефективну розробку ґрунтів I–IV категорій без попереднього розпушування, а за наявності розпушувального обладнання — і більш міцних або мерзлих порід [2, 5, 6].

Область використання бульдозера Т-180 охоплює [2, 5, 6]:

- відкриті гірничі роботи (кар’єри, відвали, підготовка фронту добування);
- промислове та цивільне будівництво;
- дорожнє будівництво і ремонт;
- гідротехнічні споруди;

- підготовку майданчиків під забудову;
- меліоративні та сільськогосподарські роботи;
- експлуатацію об’єктів у складних кліматичних умовах.

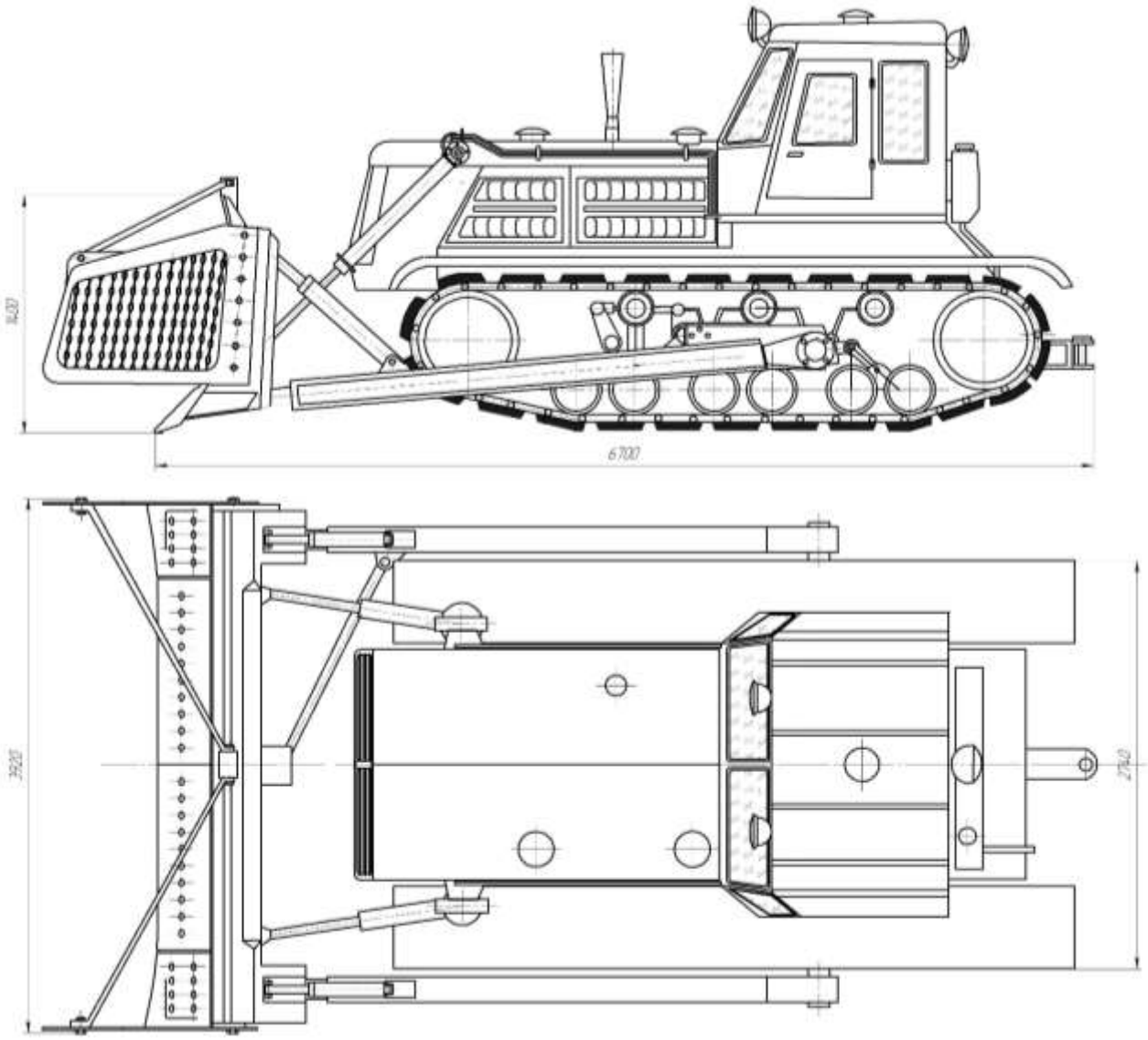


Рис 2.1. Бульдозер Т-180

Машина ефективна при роботі у важких експлуатаційних умовах — за низьких температур, значних коливань навантаження, підвищеної запиленості та нерівномірного рельєфу. Простота конструкції, надійність силової передачі та міцність рами забезпечують довготривалу роботу в режимах, близьких до граничних тягових навантажень.

Таким чином, бульдозер на базі трактора Т-180 є універсальною високопродуктивною машиною важкого класу, призначеною для виконання широкого спектра земляних робіт у різних галузях будівництва та гірничої промисловості.

2.2. Технічна характктеристика

Технічна характеристика наведена у табл 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика трактора Т-180.

Номінальна потужність двигуна, кВт (к.с.)	128,8 (175)
Частота обертання колінчастого вала при номінальній потужності, об / хв	1100
Діаметр циліндра, мм	145
Хід поршня, мм	205
Робочий об'єм циліндрів, л	20,28
Ступінь стиснення	14
Питома витрата палива при номінальній потужності, г / кВт • год (г / кл.с.-год)	238 (175)
Ємність паливного бака, л	325
База, мм	3220
Колія, мм	2040
Дорожній просвіт, мм	550
Радіус повороту, м	2,04
Ширина трака гусениці, мм	580
Висота грунтозахватов, мм	75
Питомий тиск на грунт, МПа (кгс / м2): .. твердий .. м'який	 0,05 (0,48) 0,03 (0,315)
Габаритні розміри, мм	5420 х 2740 х 2825
Конструктивна маса, кг	14950

2.3. Опис конструкції

Бульдозер на базі трактора Т-180 є виїмково-транспортуючою машиною важкого класу, конструкція якої поєднує базовий гусеничний трактор і навісне бульдозерне обладнання. У процесі роботи ґрунт зрізається ножем, накопичується перед відвалом і переміщується по поверхні робочого майданчика під час руху

машини за рахунок тягового зусилля, що розвивається силовим агрегатом трактора.

Основні елементи конструкції бульдозера. Бульдозер на базі Т-180 складається з таких основних вузлів і систем:

- *Базовий трактор* (тяговий агрегат) є енергетичною та несучою основою машини. Забезпечує створення тягового зусилля, переміщення бульдозера та привід допоміжних систем. Конструкція трактора розрахована на тривалу роботу в режимі високих тягових навантажень.
- *Двигун внутрішнього згоряння* призначений для перетворення хімічної енергії палива на механічну роботу. Забезпечує необхідну потужність для реалізації тягового зусилля, приводу гідросистеми та інших допоміжних механізмів. Характеризується високим крутним моментом на низьких обертах, що важливо при роботі з великим опором ґрунту.
- *Трансмісія* служить для передавання крутного моменту від двигуна до ходової частини. До її складу входять зчеплення, коробка передач, головна передача та механізми повороту. Трансмісія забезпечує зміну швидкості руху, реверсування та маневрування машини під навантаженням.
- *Ходова частина (гусеничний рушій)* складається з ведучих і напрямних коліс, опорних і підтримуючих котків, гусеничних стрічок та підвіски. Гусеничний рушій забезпечує:
  - високу прохідність на слабких і зволожених ґрунтах;
  - зменшений питомий тиск на основу;
  - ефективну реалізацію тягового зусилля без пробуксовування.
- *Рама і несучі елементи* є силовою основою конструкції. Сприймають і передають навантаження від робочого обладнання та ходової частини. Мають підвищену жорсткість і міцність, оскільки працюють в умовах значних змінних динамічних навантажень.
- Робоче обладнання бульдозера, яке складається з:
  - відвала;
  - штовхаючої рами;

– механізму керування (гідравлічного або канатного — залежно від модифікації).

Основним робочим органом є відвал (рис. 2.2). Його передня частина виконана у вигляді вигнутого сталевого листа, в нижній частині якого закріплений ріжучий ніж. Для підвищення жорсткості конструкція посилена вертикальними та горизонтальними ребрами. За необхідності по боках встановлюються щоки, що зменшують втрати ґрунту під час переміщення [9].

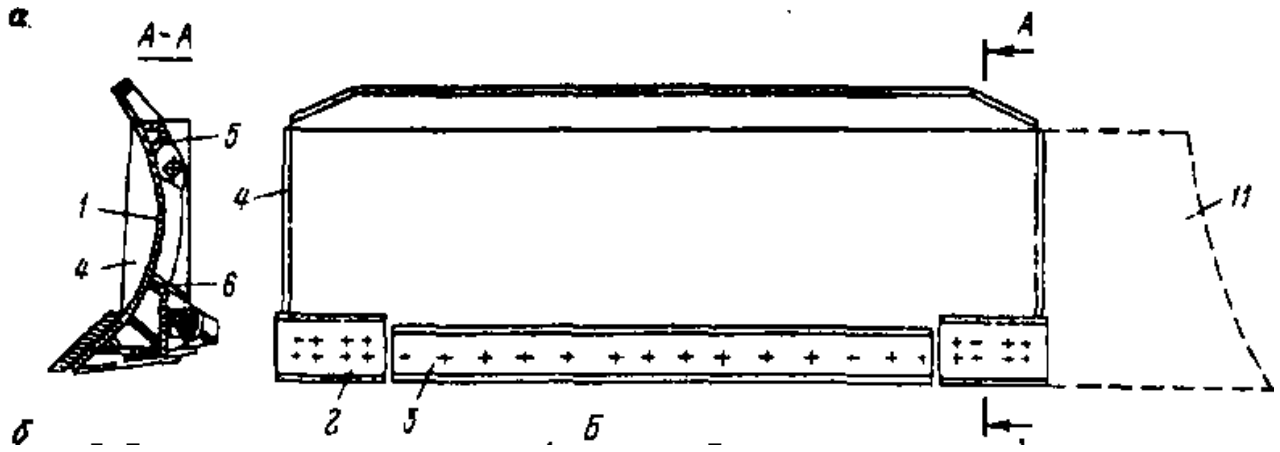


Рис. 2.2 - Відвал неповоротний; 1 - лобовий лист; 2, 3 - ножі бічний і середній відповідно; 4 - боковина; 5, би - верхня і нижня коробки; 7 - козирок; 8 - підп'ятник для шарнірної голівки; 9 - палець кріплення відвала до бічних цапф; 10 - зуб; 11 - відкрилок-подовжувач

Штовхаюча рама призначена для передавання зусиль від трактора до відвала. У деяких випадках замість традиційного відвала можуть встановлюватися плоскі або V-подібні штовхаючі рами, через які здійснюється передача додаткового зусилля на іншу машину (наприклад, скрепер під час його завантаження).

Механізм керування забезпечує піднімання, опускання та встановлення відвала у потрібне робоче положення, що дозволяє регулювати глибину різання та кут атаки.

Гідравлічна система. Призначена для приводу механізмів керування робочим обладнанням. Забезпечує плавність переміщення відвала, точність регулювання його положення та підвищує продуктивність машини.

Кабіна оператора. Служить для розміщення машиніста, органів керування та контрольно-вимірювальних приладів. Конструкція кабіни забезпечує огляд робочої зони, захист від пилу, шуму та атмосферних впливів.

Допоміжне обладнання. За необхідності трактор може оснащуватися розпушувачем, що встановлюється в задній частині машини та використовується для попереднього руйнування щільних або мерзлих ґрунтів.

Таким чином, будова бульдозера на базі трактора Т-180 являє собою раціональне поєднання потужного тягового агрегату та функціонального робочого обладнання, що забезпечує ефективну реалізацію процесів різання, переміщення та планування ґрунту. Детальний розгляд конструкції та параметрів відвала як основного робочого органа буде наведено в наступному підрозділі.

Розглянемо більш докладно робоче обладнання бульдозера.

Робоче обладнання бульдозера забезпечує безпосереднє виконання технологічного процесу різання та переміщення ґрунту. Під час роботи порода зрізається ножем, накопичується перед відвалом у вигляді призми волочіння та транспортується по поверхні робочого майданчика внаслідок поступального руху машини, який забезпечується тяговим зусиллям базового трактора.

Робоче устаткування бульдозера включає (рис 2.3):

- відвал;
- штовхаючу раму;
- механізм керування (гідравлічний або механічний).

Кожен із цих елементів виконує окрему функцію, але їх взаємодія визначає ефективність процесу розробки ґрунту.

Конструкція та призначення відвала. Відвал є основним робочим органом бульдозера. Його передня частина виконана у вигляді вигнутого сталевого листа циліндричної або близької до неї форми. Така геометрія сприяє поступовому підніманню ґрунтової маси та зменшенню опору переміщенню (рис 2.4) [9].

У нижній частині відвала встановлюється ріжучий ніж, який безпосередньо здійснює зрізання ґрунту. Ніж виготовляється з зносостійкої сталі та може бути змінним, що дозволяє відновлювати працездатність без заміни всього відвала.

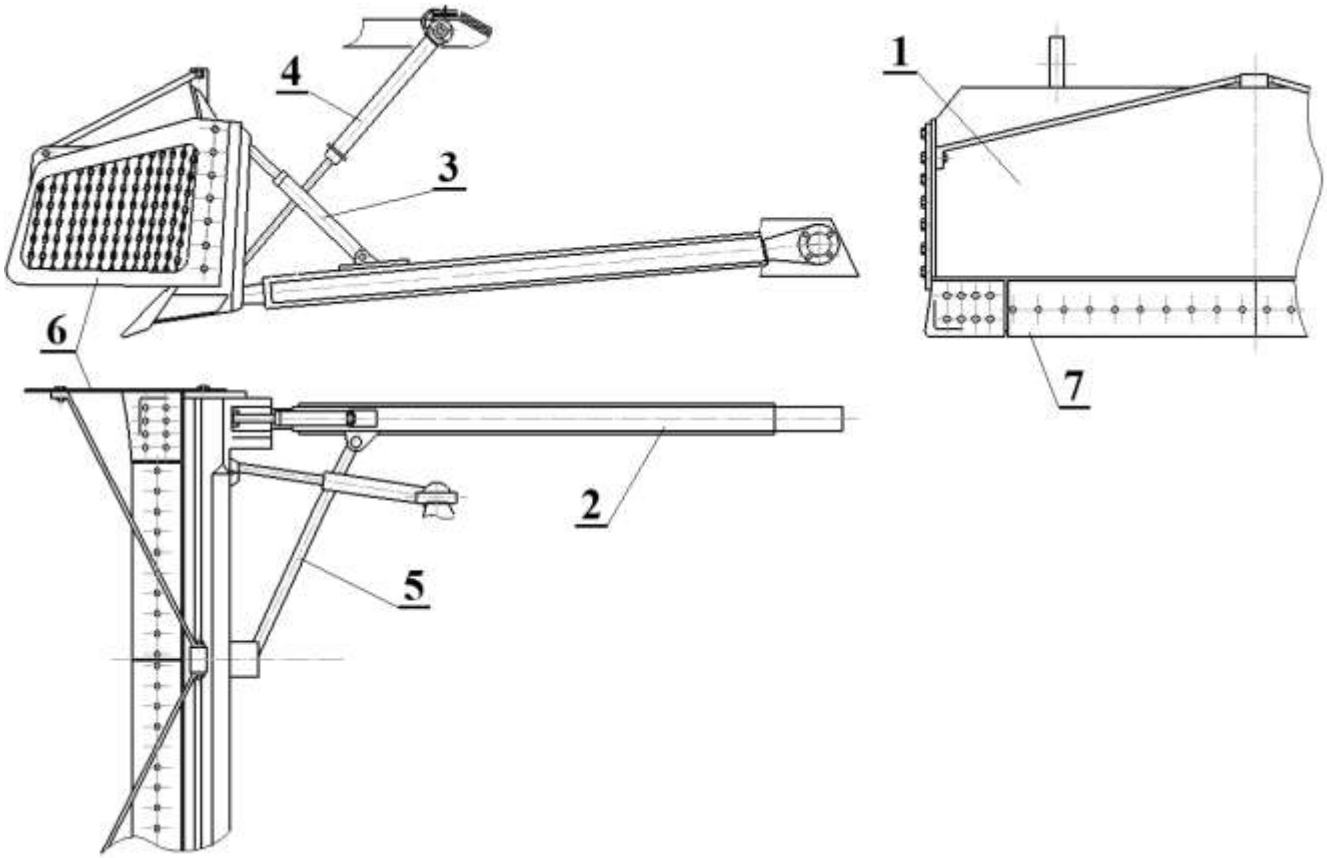


Рис 2.3 – Робоче устаткування бульдозера : 1 – відвал: 2 – рама штовхаюча; 3 – гідрораскос; 4 – гідроциліндр піднімання відвалу; 5 – тяга; 6 – відкрилок; 7 – знімні ножі

Для підвищення міцності та жорсткості конструкція відвала підсилюється вертикальними й горизонтальними ребрами. Це необхідно, оскільки в процесі роботи відвал сприймає значні змінні навантаження від реакції ґрунту.

За потреби по боках відвала встановлюються щоки (бокові пластини), які зменшують втрати матеріалу при переміщенні та сприяють формуванню більш стійкої призми волочіння.

Під час розробки сипких порід до відвала можуть кріпитися подовжувачі (відкрилки), що збільшують його ширину. Їх застосування дозволяє підвищити продуктивність машини на 40–50 % за рахунок збільшення об’єму переміщуваного ґрунту за один цикл.

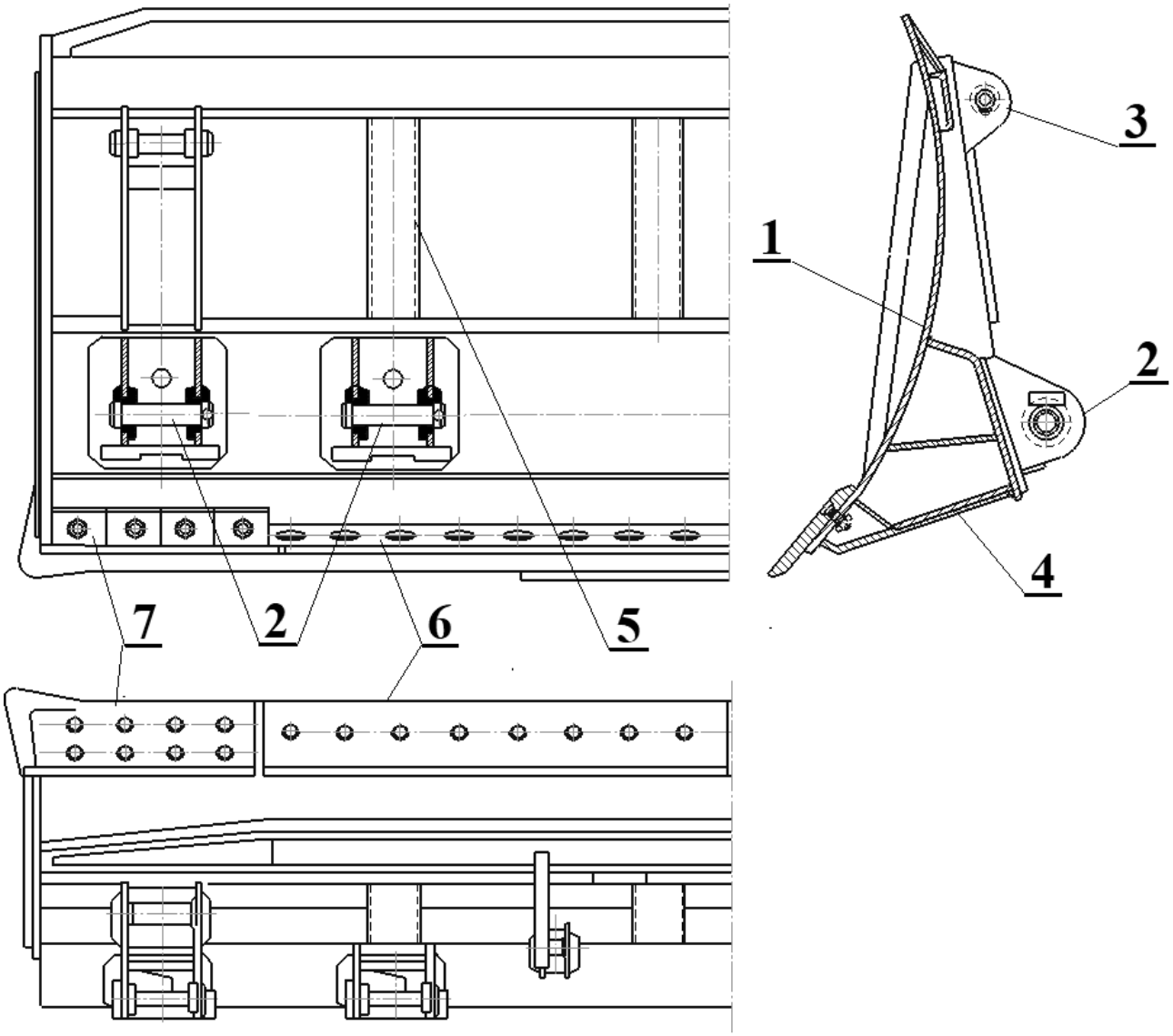


Рис 2.4 – Відвал: 1 – лобовий лист; 2 – провушини рами штовхаючої; 3 – провушини раскосу; 4 – нижній брус жорсткості; 5 – ребра жорсткості ; 6 – середній ніж; 7 – бічні ножі

Штовхаюча рама. Штовхаюча рама призначена для з'єднання відвала з базовим трактором та передачі на нього тягового зусилля, що створюється двигуном машини. Вона сприймає як поздовжні зусилля різання, так і частину вертикальних навантажень.

До задньої стінки відвала кріпляться кронштейни, у які встановлюються пальці розкосів. Розкоси з'єднують відвал із бічними опорами штовхаючої рами та забезпечують можливість перекосу відвала у вертикальній площині. Це дозволяє встановлювати задній кут не менше 30° та регулювати кут нахилу

відвала. Величина цього кута істотно впливає на форму призми волочіння і, відповідно, на величину тягового опору.

Довжина відвала повинна перевищувати ширину машини щонайменше на 0,1 м з кожного боку при максимальному повороті у плані. Така вимога запобігає залишенню нерозроблених смуг ґрунту під час роботи.

Механізм керування відвалом. На бульдозерах із гідравлічним керуванням традиційні жорсткі підкоси замінені гідроциліндрами. Зміною довжини одного або обох гідроциліндрів можна нахиляти відвал у вертикальній площині на кут до 20°. Це значно покращує пристосованість машини до нерівностей рельєфу та дозволяє ефективніше працювати при розробці щільних або кам'янистих порід.

Регулювання положення відвала забезпечує:

- зміну глибини різання;
- зміну кута атаки ножа;
- формування оптимальної призми волочіння;
- компенсацію нерівностей робочої поверхні.

Геометричні параметри відвала. Ефективність роботи бульдозера значною мірою визначається геометричними параметрами відвала, до яких належать [9]:

- висота відвала;
- висота відвала з козирком;
- радіус кривизни поверхні;
- кут між горизонталлю та дотичною до верхньої кромки;
- висота прямолінійної ділянки (як правило, відповідає висоті ножа);
- кут встановлення козирка;
- кути різання.

Висота відвала істотно впливає на величину тягового зусилля, оскільки визначає об'єм призми волочіння та силу опору переміщенню ґрунту.

Основні параметри бульдозера, що впливають на роботу відвала. До основних параметрів машини, які визначають умови роботи відвала, належать:

- експлуатаційна маса бульдозера (сума маси базового трактора та навісного

обладнання);

- швидкість робочого ходу (зазвичай 2–4 км/год);
- швидкість зворотного ходу (для гусеничних машин може досягати 19 км/год);
- середній питомий тиск ходової частини на ґрунт;
- положення центру тиску — точки прикладання рівнодійної нормальних реакцій ґрунтової основи.

Взаємозв’язок між геометрією відвала, тяговими характеристиками трактора та фізико-механічними властивостями ґрунту визначає продуктивність бульдозера і енергоефективність його роботи.

Таким чином, відвал є ключовим елементом робочого обладнання бульдозера, а його конструктивні та геометричні параметри безпосередньо впливають на силові показники процесу різання та переміщення ґрунту. У наступному підрозділі доцільно розглянути силову схему взаємодії відвала з ґрунтом та сформувати розрахункову модель процесу різання.

.

3. АНАЛІЗ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ БУЛЬДОЗЕРА

3.1 Визначення головного параметра машини і розмірів відвалу

Ключовим розрахунковим параметром бульдозерної машини є номінальне тягове зусилля. Під ним розуміють максимальне тягове навантаження, яке може реалізувати базовий трактор на ущільненому ґрунті з урахуванням додаткового навантаження від навісного обладнання, при обмеженні буксування не більше 7% для гусеничних машин на найнижчій робочій швидкості. Це зусилля визначається залежністю [7, 8]:

$$T_{нб} = G_б \cdot \varphi_{опт},$$

де $\varphi_{опт}$ – оптимальний коефіцієнт використання маси базової машини з обладнанням за умовами зчеплення, що відповідає допустимому рівню буксування рушіїв. Для промислових гусеничних тракторів приймають $\varphi_{опт}$ = 0,90; $G_б$ – зчіпна вага бульдозера у робочому стані [7, 8].

$$T_{НБ} = 209{,}9 \times 0{,}9 = 189\ кН$$

Для гусеничних тракторів [7, 8]:

$$G_б = (1{,}17...1{,}22)G_{БМ};$$

$$G_б = 1{,}2 \times 17{,}85 \times 9{,}8 = 209{,}9\ кН$$

де $G_{бм}$ – вага базової машини, кН. $m_{бм}$ = 17,85 (т)

Довжину неповоротного відвала L призначають із умови перекриття габаритної ширини базової машини або найбільш виступаючих елементів штовхаючої рами не менше ніж на 50 мм з кожного боку. У результаті приймаємо L = 3920 мм [7, 8].

Висоту відвала визначають залежно від номінального тягового зусилля бульдозера при робочій швидкості, характеристик відвальної поверхні та властивостей ґрунту [7, 8]:

$$H \approx 500\sqrt{0{,}1T_{нб}} - 0{,}1T_{нб},\ мм$$

$$H \approx 500\sqrt[3]{0{,}1 \cdot 189} - 0{,}5 \cdot 189 = 1400(мм)$$

З урахуванням отриманого значення та вимог забезпечення достатньої оглядовості з кабіни приймаємо висоту відвала від бокового ножа до козирка H1 = 1400 мм.

Профіль робочого органу. Конструкція відвалу передбачає наявність козирка, висота якого становить (0,1…0,25)H. У робочому положенні козирок встановлюється вертикально. Загальна висота відвала разом із козирком повинна забезпечувати достатню видимість у транспортному режимі та необхідний кут в'їзду. Приймаємо висоту козирка 0,2 м.

Геометрія профілю відвала задається кутами різання α та кутом перекидання β.

Робочі поверхні відвалів виконують із постійним радіусом кривизни, який зазвичай знаходиться в межах R = (0,8…0,9)H.

$$R = 0{,}85 \times 1500 = 1190мм\ 1200мм.$$

Параметри відвалу:

Ширина відвалу, мм	3920
Найбільша висота, мм	1400
Радіус кривизни лобовій поверхні, мм	1200
Кут установки відвалу, град	75
Кут різання, град	55
Маса відвалу, т	2

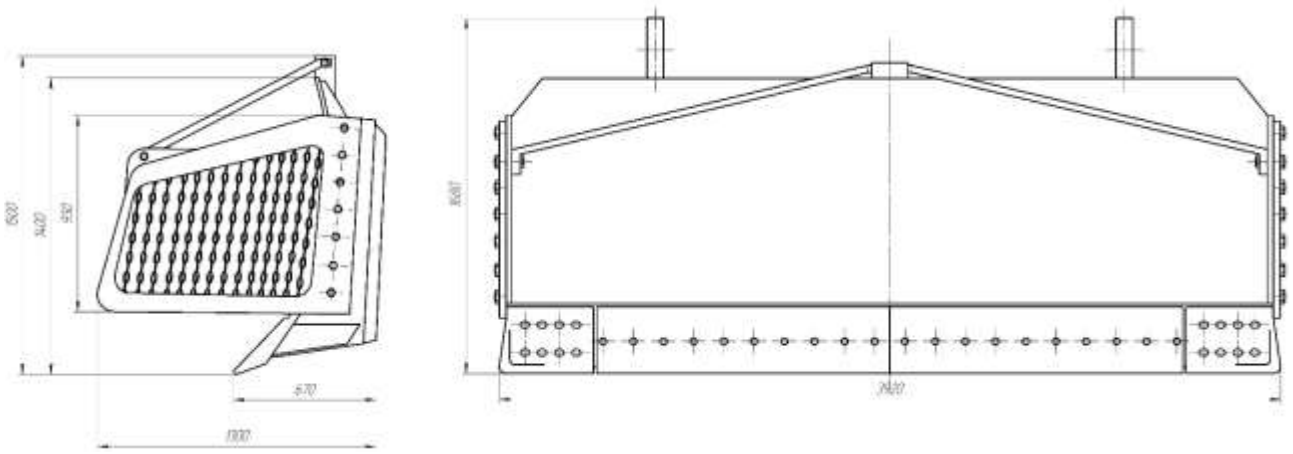


Рис 3.1 - Конструкція відвалу.

3.2. Аналіз процесу взаємодії з грунтом ріжучого елемента

Підвищення продуктивності бульдозера та загальної ефективності його роботи може бути досягнуте за рахунок раціонального вибору геометричних параметрів ножової системи робочого органу. При цьому слід забезпечити такі умови взаємодії ножа з ґрунтом, за яких опір різанню буде мінімальним, а траєкторія проникнення ріжучої кромки сприятиме формуванню більшої призми волочіння. Це дозволяє зменшити енергетичні витрати на переміщення ґрунту по відвалу та скоротити втрати матеріалу в бічні валики.

Створення РВ бульдозера переслідує цю мету можливо, однак необхідно провести аналіз теорії різання і поведінки грунту в процесі його розробки, враховуючи при цьому характеристики і властивості грунту.

Сумарний опір ґрунту руйнуванню розподіляється нерівномірно за різними ділянками робочого органу. Зокрема, на бічних кромках ножа формуються два основні компоненти навантаження, тоді як у нижній зоні переважають зусилля, пов'язані зі зрізанням ґрунту [7, 8]:

$$P_{бок.ср.} = p_{бок.ср.}\left(1 - \kappa_{бок}\right)h,$$

у той час як у бічних розширеннях прорізу виникають зусилля відривного характеру [15]:

$$P_{бок.} = p_{бок}\kappa^2_{бок}ctg\varphi h^2.$$

де $p_{бок.ср.}$ і $p_{бок}$ — питомі опори руйнування ґрунту відповідно бічними ребрами ножа та у зонах бічних розширень прорізу; $к_{бк}$ — коефіцієнт, що враховує глибину розширеної частини прорізу [7, 8]:

$$к_{бок} = \frac{h_1}{h},$$

де h — загальна глибина різання; h_1— глибина розширеної частини прорізу.

Для землерийно-транспортних машин зі стандартними кутами різання $\alpha_р$ значення коефіцієнта $к_{бок}$ зазвичай знаходиться в межах 0,7–0,95. При збільшенні кута різання до 75° цей показник зростає, наближаючись приблизно до дворазового перевищення відносно типових значень.

Також встановлено, що інтенсивність формування бічних розширень прорізу визначається співвідношенням ширини зрізу та глибини різання.

Тому глибина розширюються бічних поверхонь, при однакових параметрах ширини ножа і кута різання, зростає до певного значення глибини різання - критичної глибини різання hкр = 2,5 ... 4В, при досягненні і переході за яку, зростання бічних розширень прорізи припиняється. Одночасно порушується пропорційність між глибиною і розширюється частиною прорізи, коефіцієнт кбок, зберігав до цього свою величину, починає зменшуватися. Основна причина явища критичної глибини різання полягає в стисливості грунтів під навантаженням.

Таким чином, для кожної ширини зрізу є своя критична глибина різання, починаючи з якої виникають зміни в співвідношенні повної глибини прорізи з глибиною і шириною її розширення частин.

Природу підстави бічних розширень прорізи можна охарактеризувати як освіта внаслідок полідисперсного будови і пористості грунту під дією навантажень руйнують їх структурну зв'язок, що впливають на відносне переміщення частинок, заповнення пір між ними, а також сприяють витісненню води і газової фази речовини з напруженою зони масиву в менш напружену , що призводить до деформації, зростання якої, супроводжується збільшенням тиску на поверхні контакту, до тих пір, поки не буде втрачена стійкість грунтового масиву, і він не буде зруйнований.

До ключових геометричних параметрів, що визначають форму ґрунтової прорізі, належать кут нахилу бічних розширених ділянок прорізу φ, коефіцієнт, який описує співвідношення між глибиною основної частини прорізу та її бічними розширеннями $k_{бок}$, а також площа поперечного перерізу прорізу [7, 8]:

$$F_{пр} = bhF_{бок.},$$

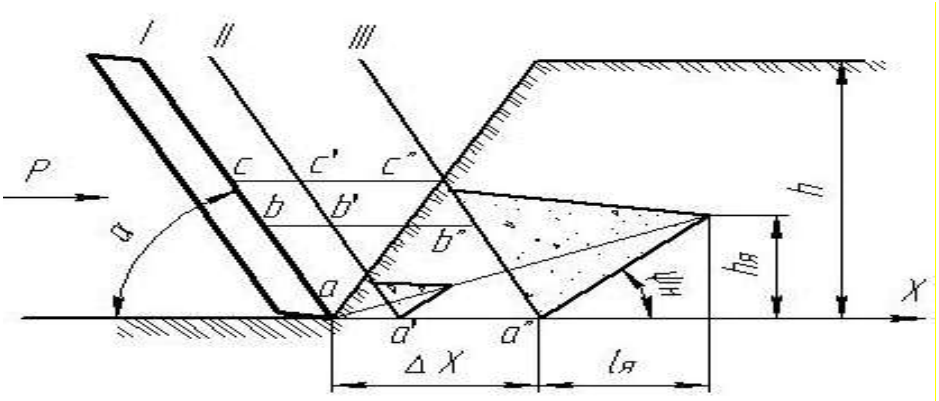
де $f_{бок}$. — площа бічних елементів поперечного перерізу прорізу:

$$F_{бок.} = \kappa^2_{бок} ctg\varphi h^2$$

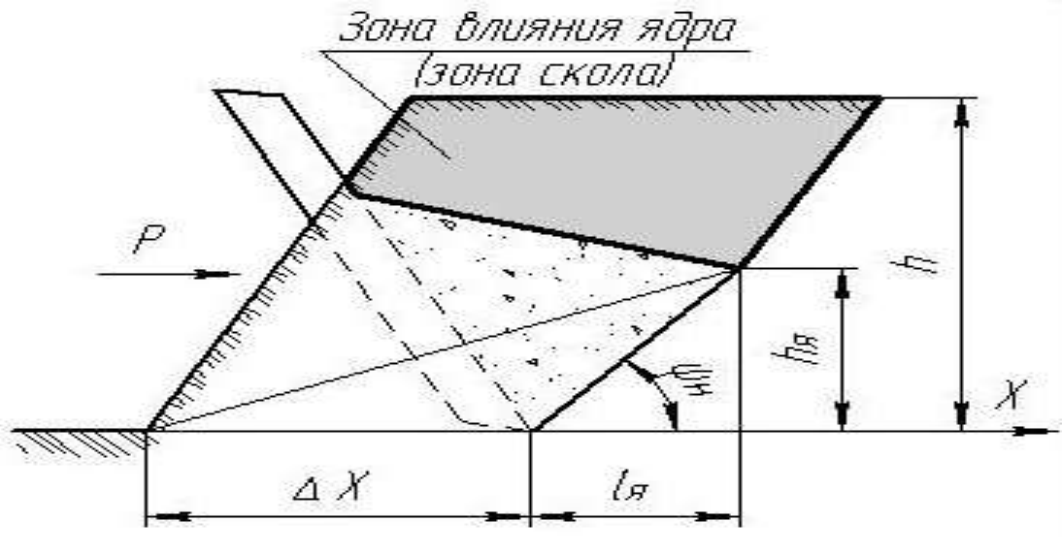
На перебіг процесу відокремлення ґрунтової стружки від масиву та характер періодичних сколів суттєво впливає формування ядра ущільнення. Це пояснюється тим, що під час проникнення ріжучого елемента в ґрунт на його

лобовій поверхні утворюється локальна зона з підвищеною щільністю, яка відрізняється від основного масиву. Формування похилого забою після першого циклу зрізання призводить до того, що контакт ріжучого елемента з ґрунтом стає нерівномірним по всій площі.

У нижній частині зони різання інтенсивніше проявляються контактні взаємодії, що сприяють виникненню ядра ущільнення. Воно поступово впливає на навколишній масив і викликає відрив ґрунту ще до того, як верхня частина ріжучого елемента досягає поверхні забою. При цьому висота основи ядра ущільнення $h_я$, яка визначає об'єм відокремлюваної стружки, пов'язана з висотою зони контакту $h_{конт}$ і становить приблизно 50…60% від $h_{конт}$.



а



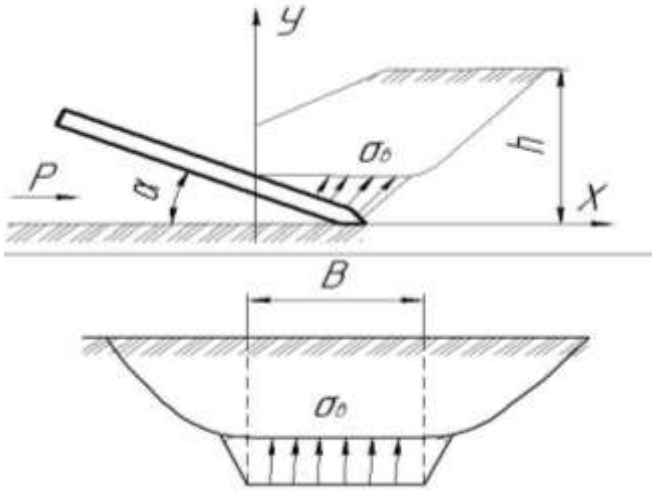
б

Рис. 3.2 - Формування в ґрунтовому масиві ущільненого ядра [7, 8]: *а* - формування ядра; *б* - критична напруга ядра на масив при зрізання грунту

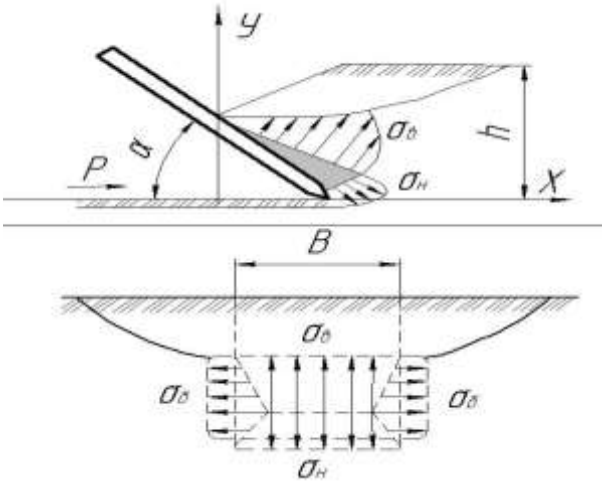
Опір масиву грунту ущільненому ядру, також можна описати математично [7, 8]:

$$P = \sum_{i=1}^{n} s_i F_я^i \cos\beta_i + \sum_{i=1}^{n} t_i F_я^i \sin\beta_i ,$$

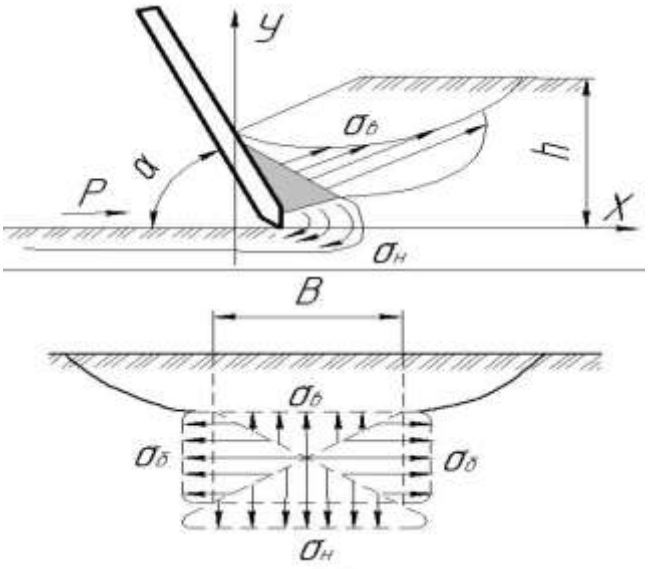
де s_i і t_i - відповідно нормальні та дотичні напруження на і-тій поверхні ядра; $F^i_я$ - площа і-тій поверхні ядра; β_i - кут нахилу і-тій поверхні до осі х; n - кількість поверхонь ядра ущільнення.



а



б



в

Рис. 3.3 - Схеми формування напружено - деформованого стану грунту [7, 8]: *а* - α <45º; *б* - α ≈ 45º; в - α> 45º.

Досліджуючи процес формування ядра ущільнення, проглядається однозначна залежність площі поверхонь ядра від кута різання. Так площі поверхонь ядра зростають зі збільшенням кута різання, причому співвідношення площ нижньої і верхньої поверхонь також змінюються: при $\alpha \rightarrow \max$ - $\frac{S_{Я}^{В}}{S_{Я}^{Н}} \rightarrow \min$

.

Проаналізувавши процес розробки грунту можна зробити наступні висновки:

- при блокованому і напіввільних різанні в ґрунтовому масиві утворюється проріз, геометричні параметри якої нагадують фігуру - трапецію;
- форма прорізи і аналіз поверхні свідчить про неоднакове руйнуванні грунту в нижній і верхній її частинах;
- зростання бічних розширень прорізи, до певних значень залежить від глибини різання і ширини зрізу;
- сила $P_{бок}$ витрачається на руйнування грунту в бічних розширеннях прорізи пропорційна площі їх поперечного перерізу і залежить від опору відриву і зсуву, а сила бокового зрізу $P_{бок\ ср}$ пропорційна глибині різання і залежить від опору зрізу бічними ребрами ножа у дна прорізи;

- в зоні контакту ріжучого елемента з масивом ґрунту утворюється ущільнене ядро, передає через свої поверхні зовнішню навантаження на масив ґрунту;
- обсяг ущільненого ядра зростає пропорційно збільшенню контактної поверхні ріжучого елемента, а значить і глибині впровадження в масив ґрунту, що сприяє збільшенню опору впровадженню.

На підставі вище викладеного аналізу можна зробити висновок, що надання ножовий системі РВ трапецієподібної форми здатне максимально впливати на руйнується грунт з мінімальними силовими витратами, а також виробляти повну виїмку ґрунту з розробленого масиву.

Розглянута в теоретичному аналізі схема прорізи, яка розкриває фізику процесу копання ґрунту прямокутним ножем, послужила аналогом до запропонованих схем прорізів, в основі яких лежить ніж трапецієподібної форми з різними параметрами освіти трапеції.

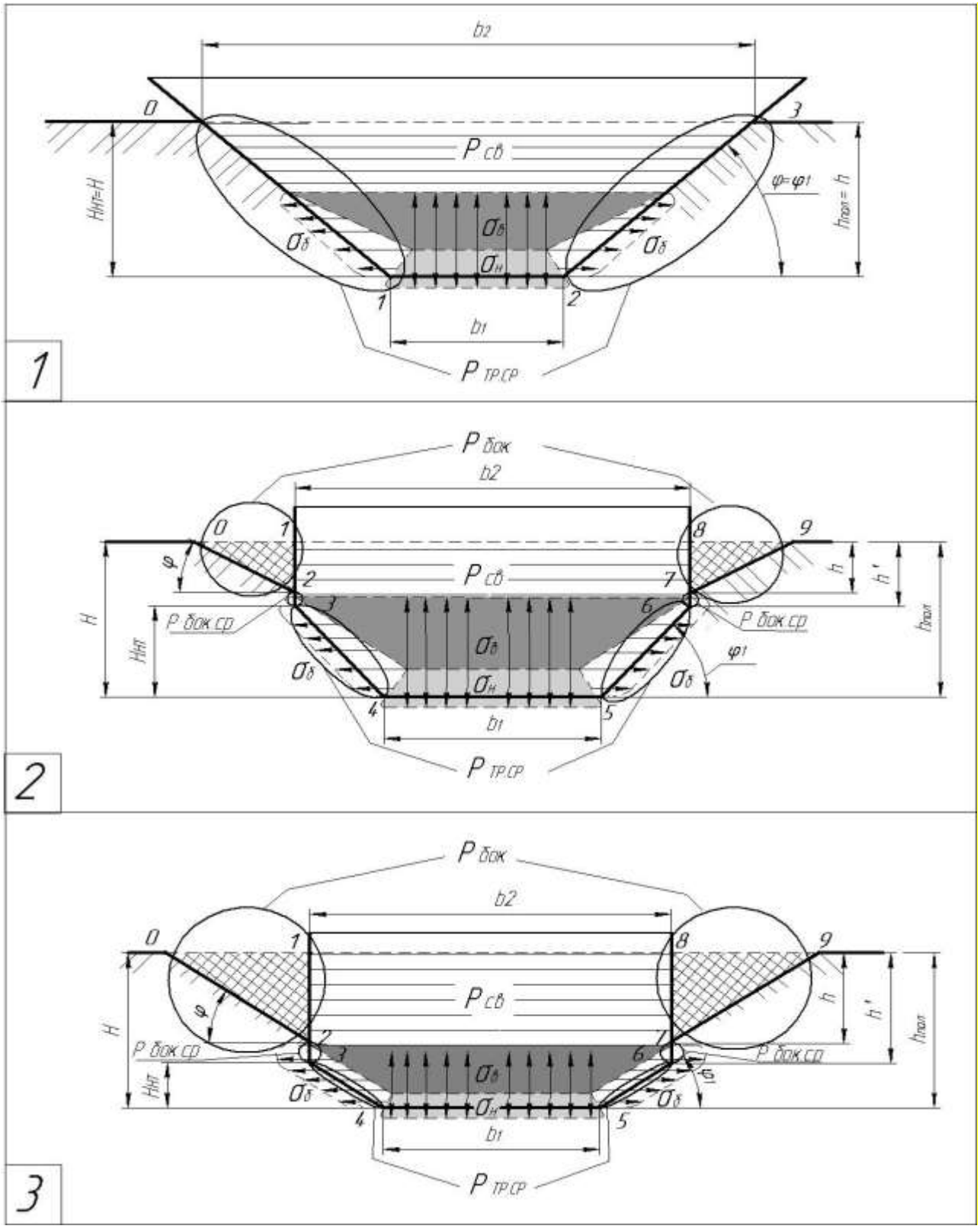


Рис. 3.4 - Схема грунтовій прорізи при копанні ножем трапецієподібної форми [7, 8]: 1 - форми $H_{НТ}$ / H = 1; 2 - форми $H_{НТ}$ / H = 0,5; 3 - форми $H_{НТ}$ / H = 0,3.

Аналізуючи запропоновані схеми можна зробити висновки: на схемі з ножем формою $H_{НТ}$ / H = 1 були ліквідовані зони $P_{бок\ ср}$ і $P_{бок}$ утворені в процесі копання

прямокутним ріжучим елементом при бічному зрізі і руйнуванні грунту в бічних розширеннях прорізи так як вони (в даному випадку) НЕ точно описували процес, проте впроваджено поняття «зона трапецієподібного зрізу» $P_{ТР.СР}$. В даному випадку сумарна сила різання набуде вигляду [7, 8]:

$$P(b,h,\delta) = \gamma m_{св}(b_1 + h_{пол} ctg\varphi_1)h_{пол} + 2m_{ТР.СР}h.$$

У двох інших запропонованих схематичних рішення ($H_{НТ}$ / Н = 0,3 ... 0,5) на відміну від $H_{НТ}$ / Н = 1, зони дії сил Рбок (0-1-2 і 7-8-9) і Рбок пор. (2-3 і 77 6-7) існують, але вони зміщені вгору від заснування ножа b1, що надає характеризує процес формулою наступний вигляд [7, 8]:

$$P(b,h,\delta) = (\gamma m_{св}((b_1 + (h_{пол} - h')ctg\varphi_1)(h_{пол} - h') + b_2 h')) + 2m_{ТР.СР}(h_{пол} - h') +$$
$$+2P_{бок}\left(\frac{h}{h'}\right)ctg\varphi_1 h'^2 + 2P_{бок.ср.}\left(1 - \frac{h}{h'}\right)h'.$$

Аналіз схематичних моделей, що описують вплив геометрії ножа на процес розробки ґрунту, є важливим і актуальним завданням. Це дозволяє обґрунтувати вибір оптимальних параметрів і форми ріжучого елемента, які забезпечують мінімізацію зусиль під час копання за рахунок більш раціональної траєкторії взаємодії ножа з ґрунтовим середовищем.

3.3. Тяговий розрахунок машини

Тяговий розрахунок бульдозера використовується для аналізу його здатності переміщувати ґрунт у процесі різання та транспортування, а також для визначення максимально допустимого підйому, який машина може долати при формуванні найбільшої призми волочіння.

Умова руху бульдозера без виникнення буксування має вигляд [7, 8]:

$$T_{нб} \geq T_T \geq \sum P$$

де $T_{нб}$ - сила тяги, обмежена умовами зчеплення, кН; T_T - тягове зусилля машини, кН; $\sum P$ - сумарний опір руху машини, кН .

Тягове зусилля визначається через потужність двигуна:

$$T_T = 3,6 \cdot N \cdot \eta / V,$$

де N — ефективна потужність двигуна, N=128,8 кВт; η=0,8 — ККД машини; V — швидкість руху на першій або другій передачі, V=2,86 км/год.

$$T_T = 3,6 \cdot 130 \cdot 0,8 / 2,86 = 131 \, (кН)$$

Отримане значення тягового зусилля становить (кН).

Сумарний опір, що виникає під час лобового копання та переміщення ґрунту відвалом, визначається як [7, 8]:

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

де Р1 — опір коченню бульдозера; Р2 — опір різанню ґрунту; Р3 — опір переміщенню призми ґрунту перед відвалом; Р4 — опір тертю ґрунту по поверхні відвалу.

$$P_1 = G_6 \left(f \cos\psi \pm \sin\psi \right) \text{кН},$$

$$P_1 = 209,9(0,1 \cos 15 + \sin 15) = 27 кН$$

Опір руху машини визначається з урахуванням коефіцієнта опору коченню f=0,1…0,12 для гусеничного рушія та розрахункового кута підйому (з урахуванням знака «+» при русі вгору):

Далі опір різанню ґрунту визначається залежністю:

$$P_2 = L \cdot h \cdot k_P \text{ ; кН}$$

$$P_2 = 3,92 \times 0,1 \times 70 = 73 кН$$

де L=3,92 м — довжина відвалу; h — глибина різання (0,1…0,4 м); q — питомий опір ґрунту різанню. Для ґрунтів I групи (гравій) q=70 кПа.

Опір переміщенню ґрунту попереду відвалу:

$$P_3 = 0,5 L H^2 \cdot \rho \cdot g \cdot \mu_1 \text{ кН}$$

$$P_3 = 0,5 \cdot 3,92 \cdot 0,96^2 \cdot 1,5 \cdot 9,8 \cdot 0,8 = 21,2 \text{ (кН)}$$

де Н — висота відвалу, м; ρ — густина ґрунту (для гравію 1,4…1,9 т/м³); μ — коефіцієнт тертя ґрунту по ґрунту (0,7…0,84).

Опір тертю ґрунту по відвалу:

$$P_4 = 0,5 L H^2 \rho \cdot g \cdot \mu_2 \cdot cos^2 \alpha \text{ кН}$$

$$P_4 = 0,5 \cdot 3,92 \cdot 0,96^2 \cdot 1,5 \cdot 9,8 \cdot 0,4 \cdot cos^2 50 = 4,2 \text{ кН}$$

де α — кут різання (45…55∘); μ2 — коефіцієнт тертя ґрунту по сталі (0,4…0,65).

Сумарний опір становить:

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \ кН,$$

Отримане значення (кН).

$$\sum Р = 73 + 27,44 + 21,2 + 4,2 = 125,8 \ кН$$

Умова безбуксирного руху F

$$189 > 131 > 125,8$$

виконується.

3.3.1. Середній статичний питомий тиск для гусеничних базових машин

$$q = \frac{G_б}{2 \cdot L \cdot b} = \frac{16416,66}{2 \cdot 1,915 \cdot 0,58} = 7390 \ кН$$

де $L = 1,915 \ м$ - довжина поверхні гусениць, що опираються на грунт, з почвозацепов [4, 13, 15]. $b = 0,58 \ м$ - ширина гусениць.

3.3.2. Положення центру тиску

Положення центру тиску, т. Е. Точки докладання рівнодіюча всіх нормальних реакцій грунту на рушій базової машини, визначається за схемами [4, 13, 15]

Визначаємо положення центра тиску,

$$X = \frac{G_б \cdot d + R_Z \cdot d_1 + R_X \cdot h_R}{N}, \ мм$$

де $R_Z = R_X \cdot tg\nu$ — вертикальна складова рівнодійної сил опору, що діють на відвал; $R_X = k_T \cdot T_{нб}$ — горизонтальна складова рівнодійної сил опору, що діють на відвал; $h_R = 0,17 \cdot H$ — висота точки прикладання рівнодійної сил опору на відвалі при копанні щільного ґрунту; α — кут нахилу рівнодійної сили опору відвалу (див. рис. 3.5) для умов копання щільного ґрунту; lv — плече дії вертикальної складової рівнодійної сили опору відносно відвалу (рис. 3.5).

Висота точки прикладання рівнодійної сил опору на відвалі hc визначає положення результуючого навантаження, що формується в процесі взаємодії робочого органу з ґрунтом.

$$h_R = 0{,}17 \cdot H = 0{,}17 \cdot 1660 = 282{,}2 \ мм$$

Горизонтальна складова результуючої сили сопротівле¬нія на відвал,

$$R_X = k_T \cdot T_{нб} = 0{,}3 \cdot 176{,}93 = 53{,}08 \ кН$$

де $k_T = 0{,}3$ - коефіцієнт тертя грунту по сталі, (для глини, 0,1 ... 0,4).

Визначаємо координату зміщення центру тиску N від середини опорної поверхні гусениць,

$$x = L/6 = 1915/6 = 319{,}17 \ мм$$

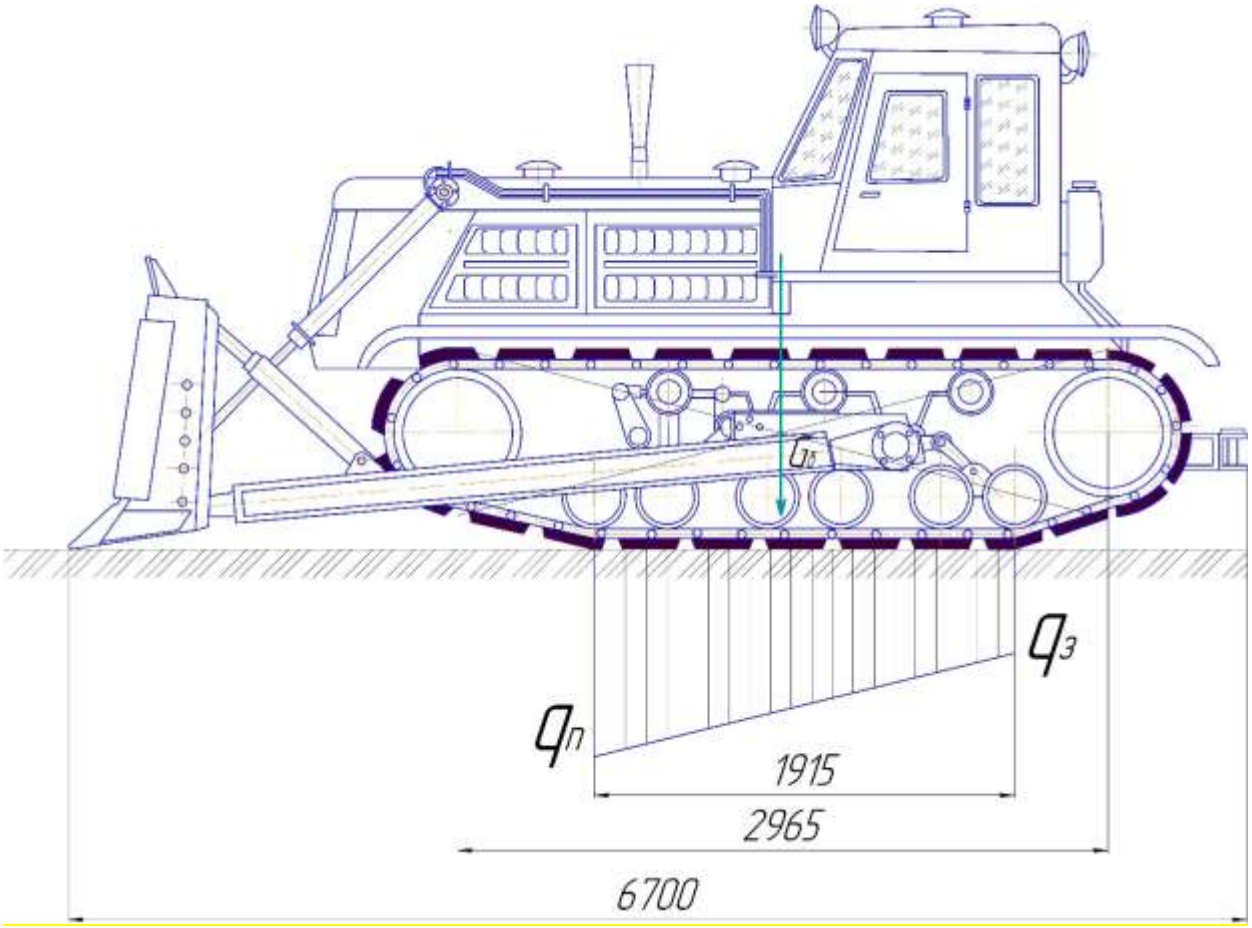


Рис. 3.5. - Положення центру тиску в разі, коли бульдозер рухається по горизонтальній поверхні з обсягом призми при одночасному різанні грунту з оптимальною глибиною різання;

Розраховуємо вертикальну складову результуючої сили опору на відвал,

$$R_Z = R_X \cdot tg\nu = 53{,}08 \cdot tg17° = 53{,}08 \cdot 0{,}306 = 16{,}24 \ кН$$

Визначаємо значення центру тиску від середини опорної поверхні гусениць,

$$N = G_б + R_Z = G_б \cdot g + R_Z = 16{,}417 \cdot 9{,}81 + 16{,}24 = 177{,}29 \ кН$$

Після визначення всіх значень формули (4.1), тоді обчислюємо центр ваги бульдозера,

$$X = \frac{G_б \cdot d + R_Z \cdot d_1 + R_X \cdot h_R}{N} = \frac{16{,}417 \cdot 0{,}958 + 16{,}24 \cdot 4{,}200 + 53{,}08 \cdot 0{,}2822}{177{,}29}$$

$$= \frac{103{,}91}{177{,}29} = 0{,}586 \ м$$

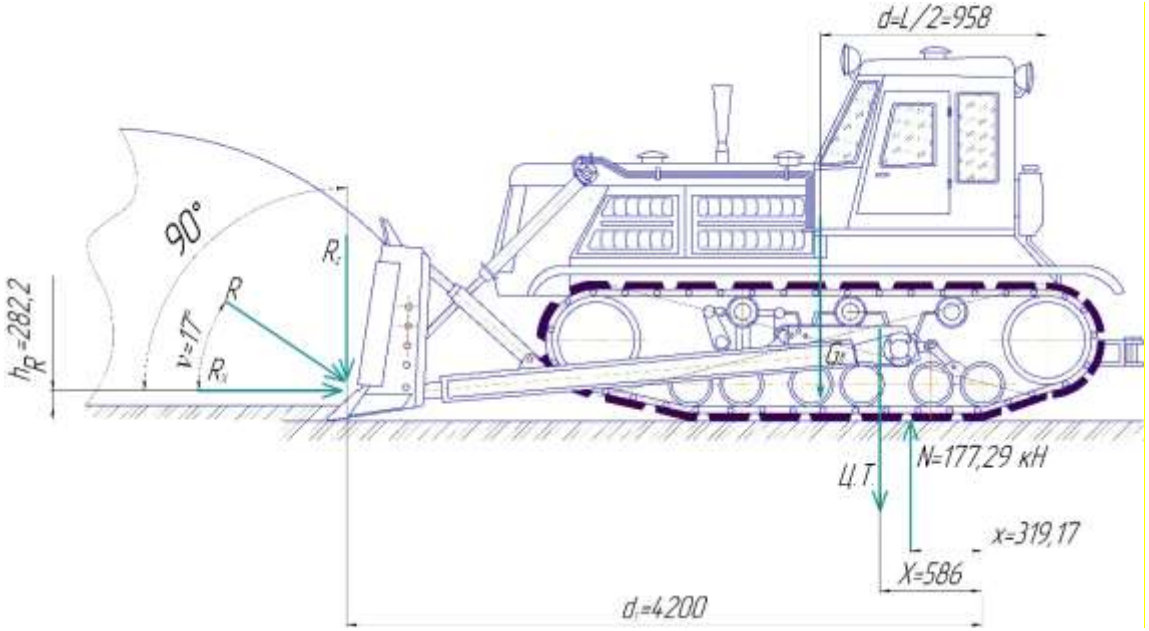


Рис. 3.6 – Схема сил, що діють на бульдозер при визначенні положення центра тиску.

Для гусеничних машин за координатою х визначають зміщення центра тиску відносно середини опорної поверхні гусениць. Для всіх розрахункових режимів це зміщення не повинно перевищувати допустиме значення, яке обмежується довжиною опорної поверхні гусениці l.

Крім базових розрахункових випадків, для бульдозерів із номінальним тяговим зусиллям, що перевищує задане значення Fн, рекомендується додатково перевіряти положення центра тиску та визначати питомі навантаження на передню і задню опорні ділянки гусениць (або відповідно передні й задні колеса) для таких умов експлуатації:

а) машина з піднятим відвалом перебуває на граничному ухилі або підйомі для даної базової конструкції (не менше заданого значення);

б) рух бульдозера здійснюється на максимальному допустимому ухилі з повністю сформованою призмою волочіння та одночасним різанням ґрунту;

в) переміщення в траншеї на граничному підйомі без різання ґрунту, але з максимальною призмою волочіння;

г) рух по горизонтальній поверхні з максимальною призмою ґрунту при одночасному зрізанні ґрунту під час заглиблення відвалу;

д) аналогічний режим, але з відвалом, що поступово заглиблюється.

При розрахунках приймають, що горизонтальна складова рівнодійної сил опору на відвалі дорівнює Fh, а вертикальна складова, що відповідає процесам заглиблення або виглиблення, приймається максимальною з умови можливого перекидання бульдозера. Точки прикладання цих сил визначаються відповідно до розрахункової схеми.

3.3.3. Визначення питомого зусилля на ріжучої кромці

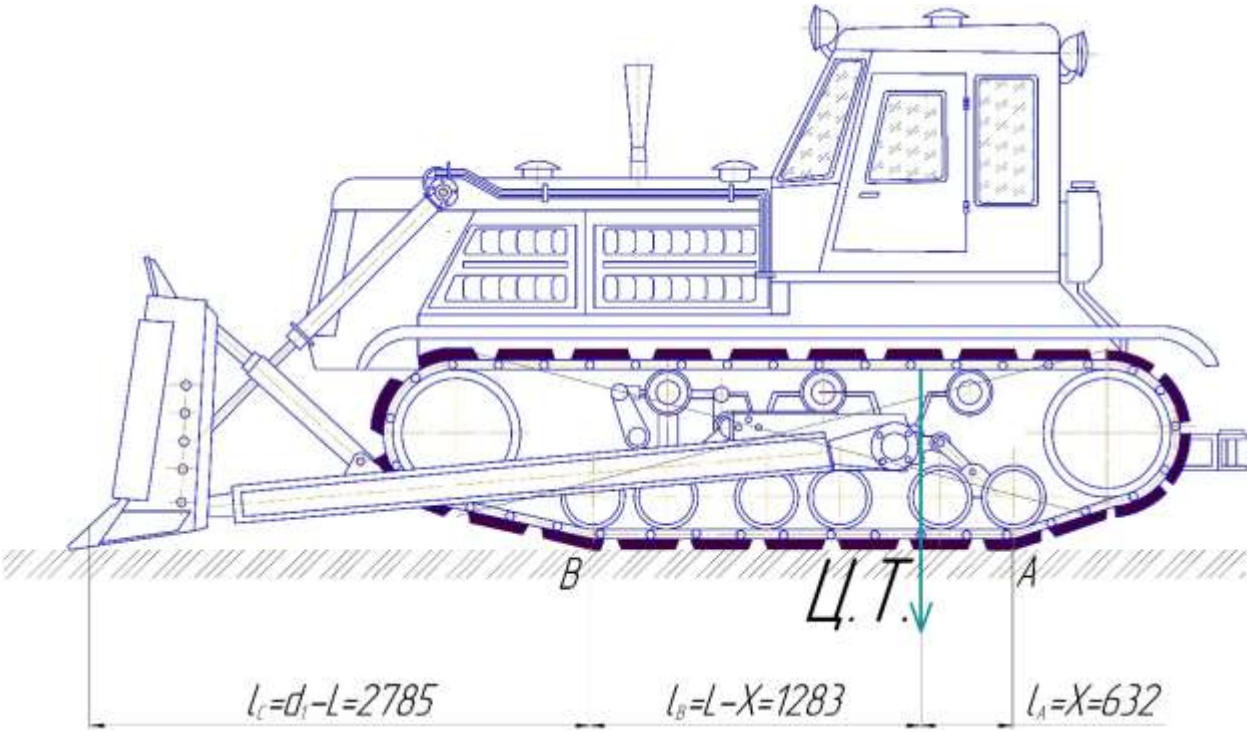


Рис. 3.7. Схема відстаней центру тяжіння бульдозера.

Питомий напірне зусилля на ріжучої кромці, $кН / м$

$$q_H = \frac{T_{нб}}{B} = \frac{176{,}93}{3{,}92} = 45{,}135 \ кН/м$$

Зусилля напору відповідає III групі грунтів $q_H = 40...45 \ кН/м$.

де $B = 3{,}92$ м — довжина відвалу, яка приймається на основі параметрів базової машини-прототипу.

Максимально можливе вертикальне навантаження на ріжучу кромку ножа відвалу, визначене з умови стійкості проти перекидання базової машини, становить [4, 13, 15]:

$$P_Z = G_{нб} \frac{l_A}{l + l_C} = 193{,}257 \frac{0{,}586}{1{,}915 + 2{,}285} = 26{,}96 \ кН$$

де $l = L = 1{,}915 \ м$, $l_A = X = 0{,}586 \ м$, $l_C = d_1 - L = 4{,}2 - 1{,}915 = 2{,}285 \ м$ - відстані.

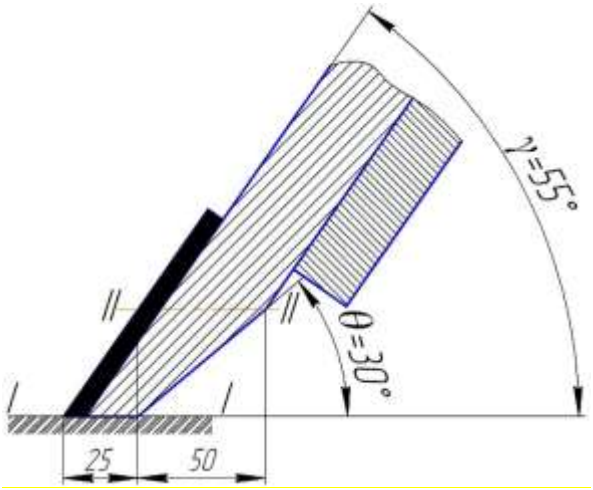


Рис. 3.8. Ніж відвалу бульдозера: $\theta = 30°$ — задній кут при основній установці відвалу; $\gamma = 55°$ — кут різання.

Питомий вертикальний тиск на ріжучу кромку для зношеного (переріз II) та незношеного (переріз II–II) стану ножа визначається залежністю [4, 13, 15]:

$$q_B^{I-I} = \frac{P_z}{F_{I-I}} = \frac{P_z}{l_{I-I} \cdot B} = \frac{26{,}96}{0{,}025 \cdot 3{,}920} = 281{,}13 \ кН/м^2,$$

$$q_B^{II-II} = \frac{P_z}{F_{II-II}} = \frac{P_z}{l_{II-II} \cdot B} = \frac{26{,}96}{0{,}050 \cdot 3{,}920} = 141 \ кН/м^2$$

Оскільки виконується умова $q_B^{MAX} = 281{,}13 > 35$ приймаємо $q_B = 35 \ кН/м^2$.

3.3.4. Вибір геометричних параметрів конструктивної схеми і визначення центра ваги машини.

До основних геометричних характеристик бульдозерної конструкції відносять низку розмірів і координат, що визначають взаємне розташування базової машини, штовхаючих елементів та робочого органу, зокрема:

–відстань від осі задньої зірочки ходового механізму b = 1100 (мм) та від опорної площини m = 420 (мм) до вузла кріплення штовхаючих брусів на тракторі;

–довжина штовхаючих брусів l_o = 4200 (мм);

–координати точок кріплення гідроциліндрів підйому та опускання робочого органу на базовій машині, а також відстань між вузлами з'єднання гідроциліндрів і штовхаючих брусів r.

Зазначені параметри b, m, l_o, r приймають на основі конструктивних рішень і даних аналогів, використовуючи креслення та технічну документацію прототипів.

Положення точки кріплення гідроциліндрів підйому та опускання відвала визначають з урахуванням необхідного ходу штока поршня.

Висоту підйому відвала рекомендується задавати так, щоб забезпечити кут заїзду не менше 20–30° для машин із неповоротним відвалом.

Глибину опускання робочого органу нижче опорної поверхні базової машини вибирають із урахуванням максимальної глибини копання, яку визначають за залежністю [4, 13, 15]:

$$h_{\max} = \frac{T_{\acute{i}.\acute{a}} - G\left(f\cos\psi \pm \sin\psi\right)}{\varphi_K \cdot K_{\eth} \cdot L}$$

де $\varphi_K = 1{,}65$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута різання на питомий опір ґрунту;

f - коефіцієнт опору переміщенню; $\psi = 15^o \ldots 20^o$ – розрахунковий кут підйому.

$$h_{\max} = \frac{189 - 209{,}9\left(0{,}1\cos 15 + \sin 15\right)}{1{,}65 \cdot 70 \cdot 3{,}92} = 0{,}25 \ (м)$$

Координати точок кріплення гідроциліндрів підйому та опускання визначають із урахуванням кута повороту штовхаючих брусів у вертикальній площині, який задає робочий хід виконавчого механізму.

При графо-аналітичному способі визначення координат у масштабі викреслюють схему базової машини разом із відвалом і штовхаючими брусами заданої довжини.

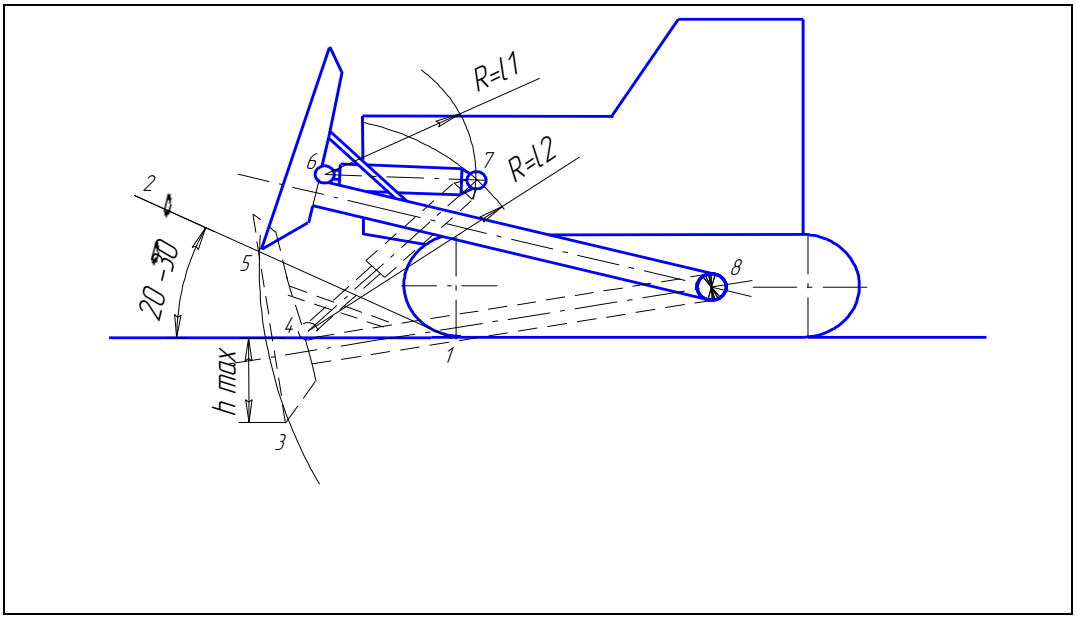


Рис. 3.9 – Схема для визначення координат точки кріплення гідроциліндрів підйому та опускання робочого органу.

Спочатку виконують допоміжні побудови. Із центра, що відповідає точці кріплення штовхаючого бруса на базовій машині 8, радіусом, рівним відстані до ріжучої кромки відвала 3,5, будують допоміжну дугу 3–5. Далі з точки 1 проводять пряму 1–2. Точки перетину 3 і 5 задають відповідно верхнє та нижнє положення ріжучої кромки відвала. Точку 3 визначають також шляхом відкладання по вертикалі максимальної глибини копання h_{max}.

Після визначення положень точок 3 і 5 із точок 4 і 6 будують дуги радіусами *l*1 та *l*2. Перетин цих дуг у точці 7 задає координату розташування кріплення гідроциліндрів підйому та опускання відвала.

Примітки:

–радіус $l2$ відповідає довжині гідроциліндра у повністю висунутому стані з урахуванням вушок кріплення; $l2$ = 2000 (мм);

–радіус $l1$ відповідає довжині гідроциліндра у втягнутому стані з урахуванням вушок кріплення; (мм);

–при максимально опущеному положенні відвала корпус гідроциліндра не повинен контактувати з ходовою частиною; у разі порушення цієї умови змінюють довжину штовхаючих брусів;

–попередній вибір параметрів гідроциліндра здійснюють за довідковими джерелами.

Хід поршня L = 1000 (мм).

Після завершення побудов визначають фактичний хід поршня та відстань від точки 7 до точки 8.

Положення центра ваги бульдозера приймають за даними конструкторської документації прототипів або оцінюють наближено, виходячи із розподілу маси машини: ходова частина – 50% загальної маси, двигун – 40%, штовхаючі бруси – 4,5%, відвал – 4,5%, гідроциліндри підйому та опускання – 1%.

$m_{х.ч} = 8,925\,(\text{т});\quad m_{ов} = 7,14\,(\text{т});\quad m_{т.б} = 0,8\,(\text{т});\quad m_{отв} = 0,8\,(\text{т});\quad m_{г.ц} = 0,18\,(\text{т});$

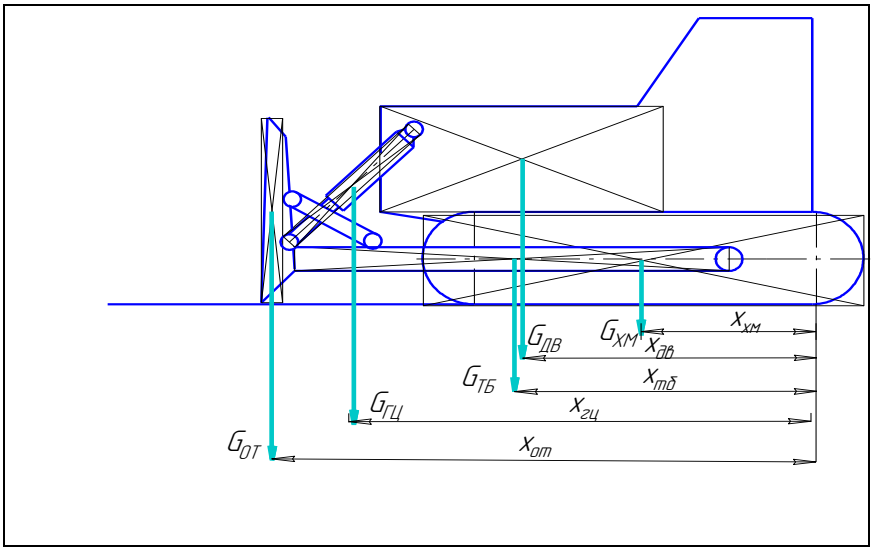


Рис. 3.10 – Схема для визначення центра ваги бульдозера.

Величину координати а визначають із використанням залежності, наведеної у розрахунковій схемі [4, 13, 15].

$$\grave{a} = x_{\grave{a}} = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i}$$

$$a = \frac{8,925 \cdot 1694 + 7,14 \cdot 2882 + 0,8 \cdot 2906 + 0,18 \cdot 4095 + 0,8 \cdot 4889}{17,85} = 2390\,(\text{мм})$$

3.3.5. Розрахунок на стійкість

Під час оцінювання стійкості бульдозерної машини враховують, що на робочий орган, окрім горизонтально спрямованих статичних навантажень, додатково діє вертикальна складова результуючого опору, яка має напрям угору та зменшує глибину заглиблення відвала.

За певного рівня зусилля, що створюється гідросистемою, можливе виникнення режиму перекидання трактора відносно точки А з частковим відривом передньої частини машини та опиранням на відвал. У такій ситуації горизонтальна складова тягового зусилля, що реалізується тягачем, зменшується [4, 13, 15]:

$$\mathrm{P_C} = \left(\mathrm{G_б} - \mathrm{P_z}\right) \cdot \varphi_{\text{опт}} = \mathrm{T_{нб}} - \mathrm{P_z} \cdot \varphi_{\text{опт}}$$

де $\mathrm{P_z} = \mathrm{T_{нб}} \cdot \mathrm{tg}\,\nu$ – вертикальна складова рівнодійної сил опору на відвалі; ν – кут нахилу результуючої сили, який при розробці щільних ґрунтів вниз приймають близько 17°, а для пухких ґрунтів та переміщення в траншеї – дорівнює 0°;

$P_z = 0$; отже $P_c = T_{н.б} = 189$ (кН);

Оскільки бульдозер експлуатується часто на похилих поверхнях, розрахунковий коефіцієнт стійкості $\mathrm{k_{уст}}$ для таких машин приймають підвищеним ($\mathrm{k_{уст}}$ = 1,5) порівняно з кранами, екскаваторами та іншою будівельною технікою.

Крім перевірки за коефіцієнтом стійкості, необхідно також визначити граничні зусилля в гідроциліндрах, за яких можливе відривання тягача в точці Б. Саме ці умови приймають як вихідні при розрахунку стійкості бульдозера.

Коефіцієнт стійкості визначають за залежністю [4, 13, 15]:

$$k_{уст} = \frac{M_{удр}}{M_{опр}} = \frac{G_б \cdot l_3 + 2 \cdot R_A^Г \cdot m}{2 \cdot S \cdot r_1 + R_A^В \cdot l_4}$$

де $R_A^Г$ і R_A^z – сили, що прикладені до трактора в місцях з'єднання рами з базовою машиною.

За фізичним змістом ці сили відповідають реакціям у штовхаючих балках із протилежним знаком.

Для знаходження реакцій у штовхаючих елементах і розглядають умови рівноваги системи та визначають невідомі реакції з рівнянь статики.

Суми проекцій сил на осі y та z записують у вигляді [4, 13, 15]:

$$\sum y = 0; \quad P_c - 2 \cdot S \cdot \sin\beta - 2 \cdot R_A^y = 0;$$

$$R_A^y = \frac{P_c - 2 \cdot S \cdot \sin\beta}{2}. \quad .$$

$$\sum z = 0; \quad P_z - G_г - G_р - 2 \cdot S \cdot \cos\beta - 2 \cdot R_A^z = 0;$$

$$R_A^z = \frac{P_z - 2 \cdot S \cdot \cos\beta - G_р - G_г}{2}.$$

$$R_A^y = - R_A^Г \quad и \quad R_A^z = - R_A^В$$

Звідси отримують вирази [4, 13, 15]

$$R_A^г = -\frac{P_c - 2 \cdot S \cdot \sin\beta}{2};$$

$$R_A^В = -\frac{P_z - 2 \cdot S \cdot \cos\beta - G_р - G_г}{2}$$

Після підстановки знайдених реакцій у рівняння для визначення одержують [4, 13, 15]:

$$k_{уст} = \frac{G_б \cdot l_3 - m\left(P_c - 2 \cdot S \cdot \sin\beta\right)\frac{1}{2}}{2 \cdot S \cdot r_1 - l_4\left(P_z - 2 \cdot S \cdot \cos\beta - G_р - G_г\right)\frac{1}{2}};$$

$$G_б \cdot l_3 - m\left(P_c - 2 \cdot S \cdot \sin\beta\right)\frac{1}{2} = k_{уст}\left[2 \cdot S \cdot r_1 - l_4\left(P_z - 2 \cdot S \cdot \cos\beta - G_р - G_г\right)\frac{1}{2}\right]$$

$$2 \cdot S\left(\sin\beta \cdot m - k_{уст} l_4 \cdot \cos\beta - k_{уст} 2 \cdot r_1\right) = m \cdot P_c - 2G_б \cdot l_3 - k_{уст} \cdot l_4\left(P_z - G_р - G_г\right)$$

Звідки випливає [4, 13, 15]

$$S = \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot P_c - 2G_б \cdot l_3 - k_{уст} \cdot l_4\left(P_z - G_р - G_г\right)}{\sin\beta \cdot m - k_{уст} \cdot \left(l_4 \cdot \cos\beta + 2 \cdot r_1\right)}$$

$$G_{\tilde{A}} = V_{\hat{o}} \cdot \rho \cdot 9{,}8 = 1{,}8 \cdot 1{,}5 \cdot 9{,}8 = 22{,}05\,(\text{кН})$$

$$V_{\hat{o}} = \frac{L \cdot H^2}{2 \cdot k} = \frac{3{,}92 \cdot 1.5}{2 \cdot 1.2} \approx 1.8(\grave{\imath}^{\,2})$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot \frac{420 \cdot 189 - 2 \cdot 209.9 \cdot 998 - 1.8 \cdot 1777(0 - 7.84 - 22{,}05)}{\sin 42 \cdot 420 - 1.8(1777 \cdot \cos 42 + 2 \cdot 1444)} = 30\ \text{кН};$$

Далі визначають зусилля S', необхідне для підйому відвала. Найбільш навантаженим випадком підйому вважають момент, коли ріжуча кромка починає виходити з ґрунту, а трактор при цьому продовжує рух.

Під час підйому відвала необхідно подолати моменти опору, зумовлені дією ваги робочого обладнання, маси ґрунту $G_г$, горизонтальної складової опору P_c та вертикальної складової зусилля різання P_z.

Зусилля S' визначають із умов рівноваги системи [4, 13, 15]:

$$\sum M_A = P_c \cdot m - P_z \cdot l_2 + G_p \cdot l_o + G_г \cdot l_1 - 2 \cdot S' \cdot r = 0;$$

$$S' = \frac{P_c \cdot m - P_z \cdot l_2 + G_p \cdot l_o + G_г \cdot l_1}{2 \cdot r}$$

$$S' = \frac{189 \cdot 420 + 7.84 \cdot 2822 + 22{,}05 \cdot 2900}{2 \cdot 2100} = 39\,кН$$

Оскільки $S' > S$, остаточне значення приймають $k_{уст}$ за останньою розрахунковою залежністю.

$$k_{уст} = \frac{209{,}9 \cdot 998 - 420(189 - 2 \cdot 39 \cdot \sin 42) \cdot \frac{1}{2}}{2 \cdot 39 \cdot 1444 - 1777(-2 \cdot 39 \cdot \cos 42 - 7.84 - 22{,}05) \cdot \frac{1}{2}} = 1{,}39$$

3.3.6. Визначення навантажень на обладнання бульдозера

Величина чинного на відвал максимального горизонтального зусилля при русі вираховується у вигляді сума тягового зусилля по зчепленню і сили інерції з враховуючи опір пересуванню, визначається за формулою:

$$P = 189 + 5{,}28 - 73 = 121{,}28кН$$

Величина динамічного зусилля визначається по формулі

$$P_{дин} = (0{,}794\sqrt{2480{,}5 \cdot 17{,}85 \cdot 1000}) / 1000 = \ 5{,}28кН,$$

Величина наведеної жорсткості визначається залежністю

$$A_{пр} = \frac{2500 \times 318622,5}{2500 + 318622,5} = 2480,5 kH$$

Жорсткість A_1 (кН / м) масиву мерзлого грунту 2500 кН / м

Жорсткість металоконструкції навісного обладнання бульдозера:

$$A_2 \approx 17,85 \cdot 1000 \cdot 17,85 = 318622,5 \ (кН/м)$$

де $\alpha_ж$ - коефіцієнт жорсткості навісного обладнання на 1 кг маси машини, дорівнює 0,9 ... 1,0 кН / (м кг);

$$\alpha_{ж} = 1 \times 17,85 = 17,85(кН)$$

На кріплення шарнірів штовхаючих брусів діє навантаження [4, 13, 15]

$$P_Ш = \frac{T_{нб} + V_{маш} \cdot \sqrt{A_{пр} \cdot 1000 \cdot (M_б - M_о)} / 1000 - P_1}{2}$$

де $M_о$ - маса відвалу (т)

$$R_{Ш} = \frac{189 + 0,794\sqrt{2480,5 \times 1000\,(17,85 - 2,85)} / 1000 - 73}{2} = 60,4 \ кН$$

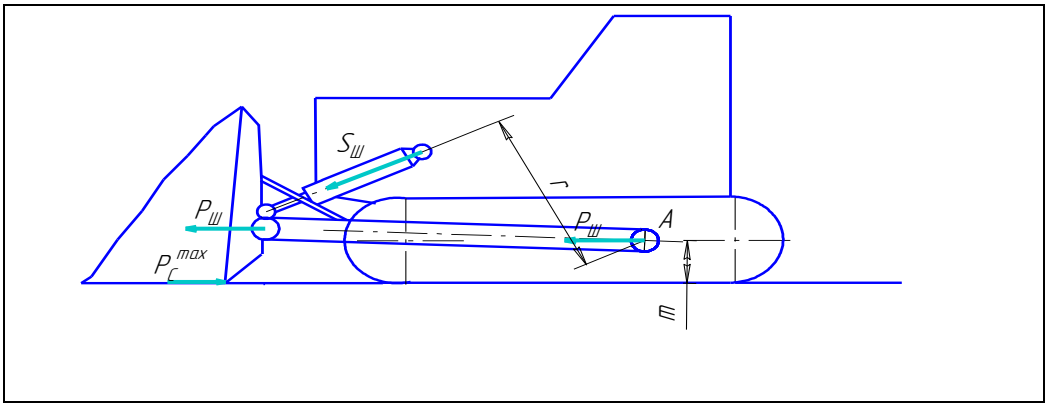


Рис. 3.11 – Розрахункова схема для визначення навантажень у шарнірних з'єднаннях робочого органу.

На підставі рівняння рівноваги моментів $\sum M_A = 0$ визначають максимальні зусилля, що виникають у шарнірах гідроциліндрів [4, 13, 15].

$$S_ø = -\frac{P_C^{max} \cdot m}{2 \cdot r}$$

$$S_ø = -\frac{121.28 \cdot 540}{2 \cdot 2592} = 12.6 \ (кН)$$

3.4. Розрахунок продуктивності бульдозера

Ефективність роботи бульдозера істотно визначається умовами його експлуатації та прийнятим режимом виконання робіт. Під час руху машини під ухил збільшується реалізована сила тяги, зменшується опір переміщенню ґрунту та підвищується об’єм матеріалу, який може транспортуватися відвалом. Робота на підйом, навпаки, супроводжується зменшенням продуктивності. Наприклад, за ухилу близько 10 % продуктивність може знижуватися приблизно на 40–50 %.

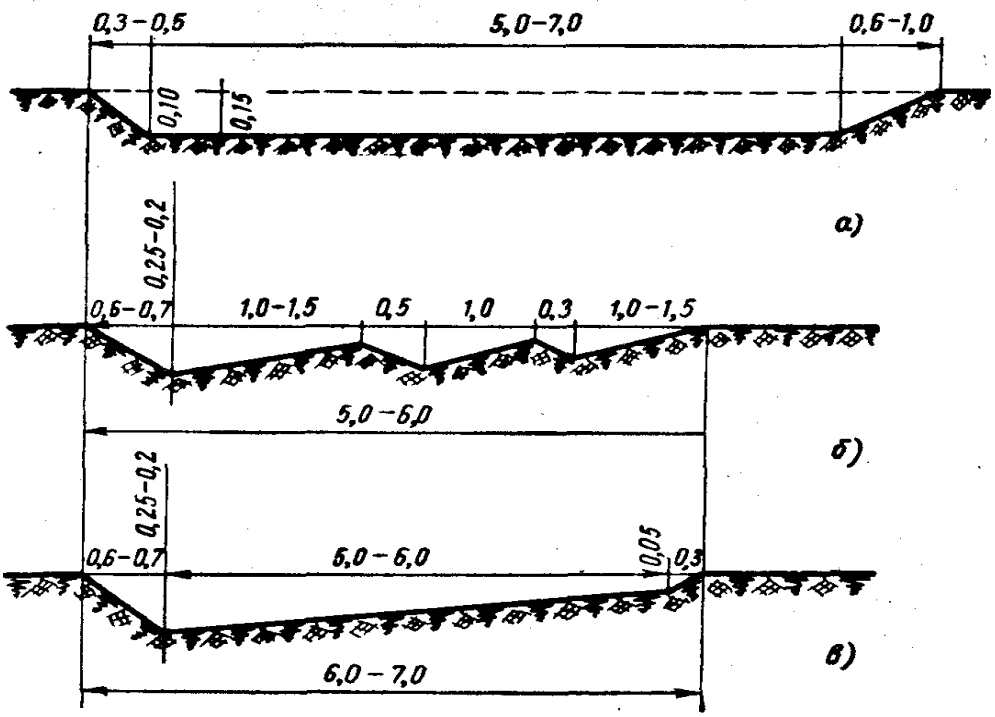


Рис. 3.12 – Схема заглиблення відвалу при зрізанні стружки [4, 13, 15].

У процесі зрізання ґрунту та формування призми волочіння поступово зростає опір руху бульдозера. Для найбільш повного використання тягових можливостей машини недоцільно виконувати різання ґрунту з однаковою глибиною занурення відвала по всій довжині проходу (рис. 3.12, а). Більш ефективним є режим, за якого на початку циклу відвал заглиблюють сильніше, а наприкінці глибину різання зменшують (рис. 3.12, б, в), тобто товщина стружки повинна змінюватися в процесі роботи.

Під час переміщення машини під ухил можливо забезпечити постійний переріз стружки на всій довжині набору ґрунту, оскільки в такому випадку

виникає додатковий запас тягового зусилля. Це пояснюється тим, що опір переміщенню ґрунту перед відвалом, як і опір руху самого тягача, істотно менший порівняно з роботою на горизонтальній поверхні або при русі вгору.

Зазвичай довжина ділянки, на якій перед відвалом накопичується призма ґрунту, становить приблизно 5–7 м. Операції заглиблення відвала та зрізання ґрунту, як правило, виконують на першій або другій передачах.

Продуктивність бульдозера значною мірою залежить також від режиму транспортування ґрунту. Найчастіше переміщення матеріалу здійснюють на першій–третій передачах [4, 13, 15].

Помітну частину тривалості робочого циклу займає холостий хід. Тому за невеликих відстаней транспортування (30–50 м) доцільно виконувати зворотний рух на максимальній швидкості заднього ходу, що дозволяє скоротити втрати часу на розворот машини. Якщо ж відстань транспортування значна, повернення бульдозера зазвичай виконують переднім ходом.

Залежно від характеру виконуваних робіт продуктивність визначають за відповідними залежностями.

При різанні та переміщенні ґрунту [4, 13, 15].

$$П = \frac{3600 \cdot V_ф \cdot k_в \cdot k_{укл}}{T_ц}, м^3 год$$

$$П = \frac{3600 \times 1,8 \times 0,85 \times 1,5}{100} = 120 м^3 / год$$

де $k_в$ – коефіцієнт використання бульдозера за часом (переважно $k_в$ = 0,85…0,9); $k_{укл}$ – коефіцієнт, що враховує роботу машини на підйомі або під ухил; при русі під ухил від 0 до 15 % $k_{укл}$ значення змінюється в межах від 1 до 2,25; при русі на підйом від 0 до 15 % $k_{укл}$ – від 1 до 0,5; $T_ц$ – тривалість робочого циклу, с.

$$T_ц = \frac{l_p}{V_p} + \frac{l_n}{V_n} + \frac{l_o}{V_o} + t_c + t_o + 2t_n$$

$$T_ц = \frac{80}{2,86} + \frac{80}{2,86} + \frac{80}{4,62} + 5 + 2 + 2 \cdot 10 \approx 100 \ c$$

де V_p, V_p і V_o – швидкості руху трактора відповідно під час різання, транспортування ґрунту та зворотного ходу, м/с; l_p, l_n і l_o – довжини шляхів різання, транспортування ґрунту та холостого ходу, м; t_c – час, необхідний для перемикання передач (приблизно 5 с); t_o – час опускання відвала (1,5–2,5 с); t_n – тривалість повороту трактора (близько 10 с); $V_ф = \frac{L \cdot H^2}{2 \cdot k_1}$ – фактичний об'єм призми волочіння:

$$V_ф = \frac{3920 \cdot 1500^2}{2 \cdot 1.15} \approx 1{,}8(м^3)$$

k_1 - коефіцієнт, який визначається співвідношенням $\frac{H}{L}$:

$$\frac{H}{L} = \frac{1500}{3920} = 0{,}383; \qquad k_1 = 1.15$$

3.5. Розрахунок тягово-енергетичних характеристик трактора Т-180

Трактор належить до тягового класу 150 кН (15 тс) і використовується для роботи з причіпними та навісними машинами під час виконання дорожньо-будівельних і будівельних робіт. Машина оснащена чотиритактним шестициліндровим дизельним двигуном Д-180 із вертикально розташованими циліндрами, передкамерним сумішоутворенням, нероздільною камерою згоряння та закритою рідинною системою охолодження. Пуск двигуна здійснюється за допомогою пускового двигуна П-23.

3.5.1. Розрахунок і побудова характеристик двигуна

Для формування тягово-енергетичної характеристики машини обирають систему координат, у лівому квадранті якої будують зовнішню характеристику основних параметрів двигуна як функції крутного моменту. Найчастіше використовують такі функціональні залежності параметрів двигуна:

$$n_e = f\ (M_e),\ N_e = f\ (M_e),\ G_t = f\ (M_e),\ g_e = f\ (M_e).$$

Для розрахунку та побудови характеристик двигуна використовують дані технічної характеристики на номінальному режимі, а також відповідні емпіричні залежності.

Для дизельних двигунів на коректорній ділянці характеристики застосовують аналітичні залежності, у яких:

Експлуатаційна потужність:

(Наприклад будемо вести розрахунки на 1 передачі, для n_e = 900 об / хв).

$$N_{ex} = N_n\left[a\frac{n_x}{n_n} + b\left(\frac{n_x}{n_n}\right)^2 - c\left(\frac{n_x}{n_n}\right)^3\right](кВт).$$

$$N_e = 128{,}8\left[0{,}87\frac{900}{1100} + 1{,}13\left(\frac{900}{1100}\right)^2 - 1{,}00\left(\frac{900}{1100}\right)^3\right] = 118{,}6(кВт).$$

Питома витрата палива:

$$g_{ex} = g_n\left[a_1 - b_1\frac{n_x}{n_n} + c_1\left(\frac{n_x}{n_n}\right)^2\right](г / кВт \cdot год).$$

$$g_e = 238\left[1{,}55 - 1{,}55\frac{900}{1100} + 1\left(\frac{900}{1100}\right)^2\right] = 257{,}5(г / кВт \cdot год).$$

- для дизелів на регуляторної гілці характеристики:

(Для прикладу будемо вести розрахунки на 1 передачі, для n_e = 1175 об / хв).

Експлуатаційна потужність:

$$N_{ex} = 10N_n\left(1{,}1 - \frac{n_x}{n_n}\right)(кВт).$$

$$N_e = 10 \cdot 128{,}8\left(1{,}1 - \frac{1175}{1100}\right) = 41(кВт).$$

Часова витрата палива:

$$G_{ex} = 10\left(G_{тн} - G_{тхх}\right)\left(1{,}1 - \frac{n_x}{n_n}\right)(кг / год).$$

$$G_{ex} = 10\left(30{,}65 - 6{,}7\right)\left(1{,}1 - \frac{1175}{1100}\right) + 6{,}7 = 14{,}32(кг / год).$$

де $N_н$, $n_н$ — відповідно номінальна потужність і частота обертання колінчастого вала двигуна; $g_{ен}$ — питома ефективна витрата палива на номінальному режимі; N_{max}, n_N — максимальна потужність двигуна та частота обертання, що відповідає

цьому режиму; g_{eN} — питома витрата палива при максимальній потужності; n_x — розрахункові значення частоти обертання двигуна; a, b, c, a_1, b_1, c_1 — коефіцієнти апроксимації; $G_{тн}$, $G_{тхх}$ — годинна витрата палива відповідно на номінальному режимі та режимі холостого ходу.

Значення коефіцієнтів визначають згідно з прийнятими методиками апроксимації характеристик двигуна.

$$a = 0{,}87,\ b = 1{,}13,\ c = 1{,}00,\ a_1 = 1{,}55,\ b_1 = 1{,}55,\ c_1 = 1{,}00.$$

Часова витрата палива визначається по формулі:

$$G_t = g_e \cdot N_e \cdot 10^{-3} (кг / год).$$

$$G_t = 257{,}5 \cdot 118{,}6 \cdot 10^{-3} = 26{,}84 (кг / год).$$

Крутний момент двигуна:

$$M_e = 9554 \frac{N_e}{n_e} (Н \cdot м).$$

$$M_e = 9554 \frac{900}{1100} = 1259 (Н \cdot м).$$

Годинну витрату палива при максимальному холостому ході визначають за графічними залежностями витрати пального від номінальної потужності двигуна.

Регуляторну характеристику двигуна будують з урахуванням нахилу регуляторної гілки. Відповідно до технічних вимог до двигунів нахил цієї ділянки, як правило, знаходиться в межах 6…10 %, тому частоту обертання, що відповідає режиму максимального холостого ходу (n_{xx}), визначають із умови:

$$n_{xx} = 1{,}1 \cdot n_н = 1100 \cdot 1{,}1 = 1200 \ (об / хв).$$

Для режиму максимального холостого ходу приймають:

$$N_н = 0;\ M_e = 0.$$

Для дизельних двигунів за наведеними залежностями виконують розрахунок параметрів на коректорній ділянці характеристики в інтервалі частот обертання від $n_н$ із кроком 100…300 об/хв до значень, що на 200…300 об/хв менші за частоту, яка відповідає максимальному крутному моменту.

За регуляторною характеристикою аналогічним способом визначають усі параметри для частот обертання від $n_н$ до n_{xx} з інтервалом 10…20 об/хв.

3.5.2. Розрахунок і побудова тягової характеристики машини для заданих умов експлуатації

Для кожного швидкісного режиму роботи та для всіх передач розрахункового діапазону послідовно визначають основні тягові параметри машини.

1. Рушійна сила:

$$P_K = \frac{M_e \cdot i_{TP} \cdot \eta_{TP}}{r_K}$$

де M_e — крутний момент двигуна для відповідного швидкісного режиму, Н·м; $i_{тр}$ — загальне передавальне число трансмісії на вибраній передачі; $\eta_{тр}$ — коефіцієнт корисної дії трансмісії; $r_к$ — радіус кочення колеса або зірочки, м.

2. Теоретична швидкість руху:

$$V_T = \frac{\omega_e \cdot r_K}{i_{TP}}$$

Для визначення фактичної швидкості руху будують криву буксування залежно від тягового зусилля через відносну силу тяги (р), яку знаходять за виразом:

$$p = \frac{P_{KP}}{\varphi \cdot \lambda \cdot G}$$

де φ = 0,9) — коефіцієнт зчеплення; λ = 1) — коефіцієнт навантаження ведучих елементів; $P_{КР} = P_К - P_F$ — тягове зусилля на гаку машини; G = 176 кН — вага машини.

Таблиця 3.1. - Коефіцієнт буксування.

$P_к$, Н	р	δ
0	0,000	0,000
25000	0,100	0,001
50000	0,300	0,080
75000	0,370	0,012
100000	0,530	0,023
125000	0,670	0,039

Тоді дійсну швидкість машини визначимо по залежності:

$$V_д = (1-\delta)\cdot V_т (км/год).$$

$$V_д = (1-0,075)\cdot 3,01 = 2,78 (км/год).$$

3). Потужність:

$$N_т = \frac{V_д \cdot P_к}{3600} (кВт).$$

$$N_т = \frac{2,78 \cdot 135}{3600} = 104 (кВт).$$

4). Питома витрата палива;

$$g_e = \frac{G_t \cdot 1000}{N_т} (г/кВт\cdot год).$$

$$g_e = \frac{26,84 \cdot 1000}{104} = 257,5 (г/кВт\cdot год).$$

5) ККД:

$$\eta = \frac{N_т}{N}.$$

$$\eta = \frac{104}{128,8} = 0,81.$$

3.5.3. Побудова тягової характеристики

Тягово-енергетична характеристика використовується для визначення раціональних режимів функціонування самохідних машин і агрегатів, а також для встановлення залежностей між тягово-швидкісними параметрами, характеристиками двигуна, опором робочого обладнання, паливною економічністю та продуктивністю машини.

На основі цієї характеристики оцінюють такі показники на різних передачах: найбільшу тягову потужність, оптимальну швидкість роботи, силу тяги при максимальній тяговій потужності, граничне тягове зусилля на нижчій передачі, швидкість холостого ходу, різницю між швидкостями поступального руху при максимальній тязі, величину буксування, здатність машини сприймати

короткочасні перевантаження без переходу на нижчу передачу, а також закономірності зміни максимальних значень тягової потужності.

Побудову тягово-енергетичної характеристики виконують на базі тягової характеристики із використанням двох нижніх квадрантів координатної системи.

У правому нижньому квадранті формують характеристику робочого середовища при сталому значенні питомого опору робочого органу залежно від сили тяги машини. Для фіксованих значень питомого опору K використовують залежність:

$$P_K = F_{CT} \cdot K, \qquad F_{CT} = \frac{P_K}{K}$$

По осі ординат у нижньому напрямку відкладають шкалу значень параметра, а по осі абсцис використовують шкалу значень ($P_к$), взяту з тягової характеристики. Для постійних значень питомого опору залежність має лінійний характер і проходить через початок координат. Тому додатково визначають параметр для одного із значень ($P_к$), після чого знайдені точки наносять на графік та сполучають прямими з початком координат.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків для побудови тягової діаграми.

n, об/мин	M_e, Нм	N_e, кВт	$G_т$, кг/ч	$P_к$, Н	$V_т$, м/с	$V_д$, м/с	$N_т$, кВт	$g_т$,г/кВт·ч	$\eta_{тяг}$
1 передача						$i_{тр}$=		68,79	
1200	0,00	0,00	6,70	0	4,01	4,01	0,00	52,00	0,00
1175	333,23	40,98	14,32	35699	3,93	3,91	38,82	368,94	0,30
1125	845,23	99,53	25,21	90551	3,76	3,70	92,99	271,10	0,72
1100	1118,69	128,80	30,65	119847	3,68	3,54	118,02	259,75	0,92
900	1258,66	118,57	26,84	134843	3,01	2,78	104,25	257,50	0,81
700	1324,67	97,06	22,37	141915	2,34	2,11	83,03	269,48	0,64
2 передача						$i_{тр}$=		59,2	
1200	0,00	0,00	6,70	0	4,66	4,66	0,00	52,00	0,00
1175	333,23	40,98	14,32	30722	4,56	4,55	38,86	368,59	0,30
1125	845,23	99,53	25,21	77927	4,37	4,32	93,46	269,73	0,73
1100	1118,69	128,80	30,65	103139	4,27	4,17	119,61	256,29	0,93
900	1258,66	118,57	26,84	116044	3,50	3,39	109,43	245,30	0,85
700	1324,67	97,06	22,37	122130	2,72	2,62	88,75	252,11	0,69
3 передача						$i_{тр}$=		51,18	
1200	0,00	0,00	6,70	0	5,39	5,39	0,00	52,00	0,00
1175	333,23	40,98	14,32	26560	5,28	5,27	38,89	368,30	0,30
1125	845,23	99,53	25,21	67370	5,06	5,00	93,65	269,19	0,73
1100	1118,69	128,80	30,65	89167	4,94	4,86	120,46	254,47	0,94
900	1258,66	118,57	26,84	100324	4,04	3,96	110,22	243,55	0,86
700	1324,67	97,06	22,37	105585	3,15	3,07	90,04	248,50	0,70

Променеву номограму будують, задаючи різні значення питомого опору K таким чином, щоб охопити всі можливі режими роботи машини.

У лівому нижньому квадранті координатної системи формують номограму для визначення технічної продуктивності машини при різних робочих швидкостях. Для цього по осі ординат використовують шкалу параметра правого нижнього квадранта, а по осі абсцис уліво від початку координат наносять шкалу продуктивності. Побудову виконують за співвідношенням:

$$P_T = F \cdot V_p$$

де V_p — робоча швидкість.

Задаючи декілька значень робочої швидкості з допустимого діапазону, будують номограму аналогічно попередній. Графічно вона являє собою сукупність прямих ліній, що виходять із початку координат.

У цьому ж квадранті вниз по осі ординат відкладають шкалу питомої витрати палива:

$$g_p = \frac{G_T}{P_T}$$

У координатах $P_т$ та g_p будують криві теоретичної витрати палива на одиницю продуктивності залежно від годинної витрати пального $G_т$.

Для визначення експлуатаційної продуктивності, яка описується залежністю:

$$P_e = P_\text{Т} \cdot K_B$$

де $K_в$ — коефіцієнт використання машини за часом, необхідно додатково побудувати номограму в лівому нижньому квадранті аналогічним способом.

Приймаючи певне значення технічної продуктивності $P_т$, відповідну точку відкладають на шкалі продуктивності. Далі задаються мінімальним допустимим значенням коефіцієнта використання $K_в$ для даної машини та визначають експлуатаційну продуктивність при вибраному значенні коефіцієнта.

Отриману величину експлуатаційної продуктивності наносять на шкалу продуктивності, після чого через цю точку проводять вниз вертикальну пряму. На ній відкладають довільний відрізок, а отриману точку сполучають прямою з точкою, що відповідає технічній продуктивності на осі абсцис. Побудований відрізок поділяють рівномірною шкалою від $K_в = 1$ до $K_в = 0,7$), що відповідає мінімально прийнятому значенню коефіцієнта. Після цього точки шкали з’єднують із новим початком координат, а через поділки шкали продуктивності проводять прямі, паралельні похилому відрізку.

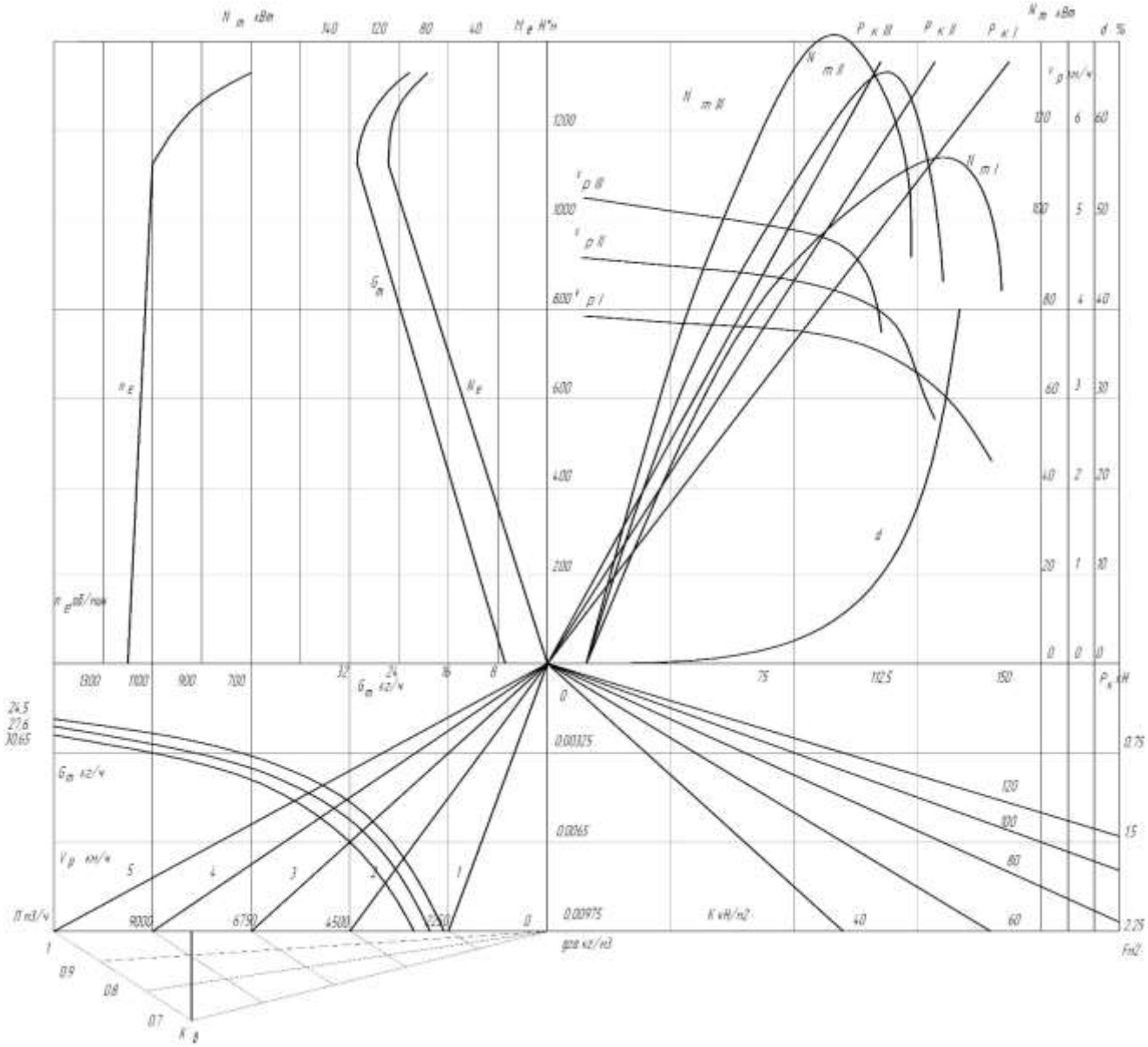


Рис. 3.13. Тягово-енергетична характеристика базової машини Т-180.

4 ЕКСПЛУАТАЦІЯ БУЛЬДОЗЕРА

4.1 Транспортування і монтаж

Перевезення бульдозера може виконуватися автомобільним, залізничним, а також іншими видами транспорту згідно з чинними правилами перевезення вантажів, установленими для відповідного виду транспортних засобів [10, 14, 16].

Переміщення машини власним ходом допускається лише на незначні відстані за умови обов'язкового дотримання вимог правил дорожнього руху [10, 14, 16].

Розміщення бульдозера на транспортній платформі доцільно здійснювати за допомогою вантажопідіймального крана, обладнаного спеціальним пристроєм для кріплення стропів, що унеможливлює пошкодження елементів зовнішнього облицювання машини [10, 14, 16].

У разі перевезення бульдозера залізничним транспортом бульдозерне обладнання рекомендується транспортувати окремо, забезпечивши його надійне закріплення [10, 14, 16].

Рекомендовані точки стропування окремих елементів робочого обладнання наведено у відповідних матеріалах [10, 14, 16].

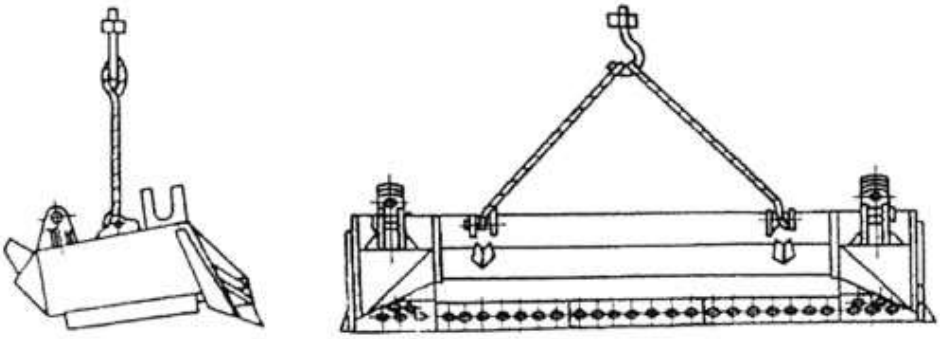


Рис 4.1 - Відвал [10, 14, 16]

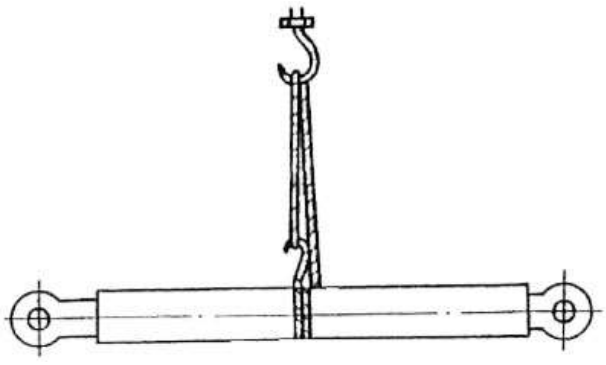


Рис 4.2 - Розкіс [10, 14, 16]

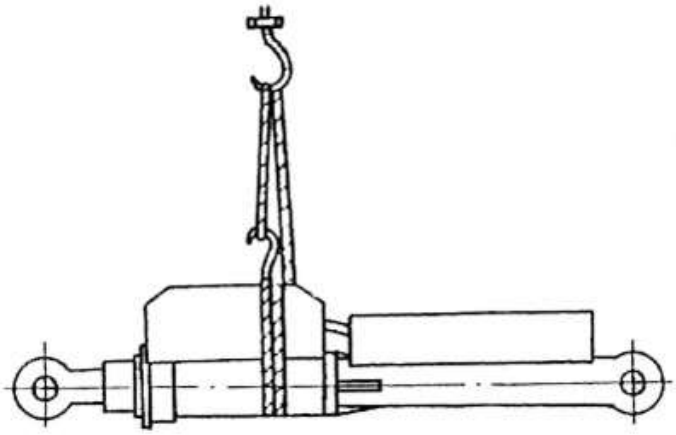


Рис 4.3 - Гідрораскос [10, 14, 16]

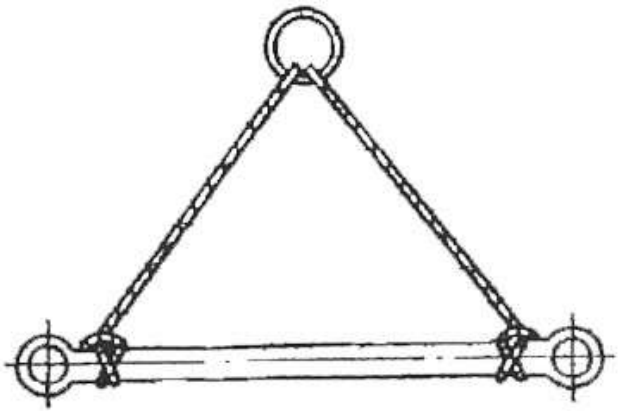


Рис 4.4 - Тяга [10, 14, 16]

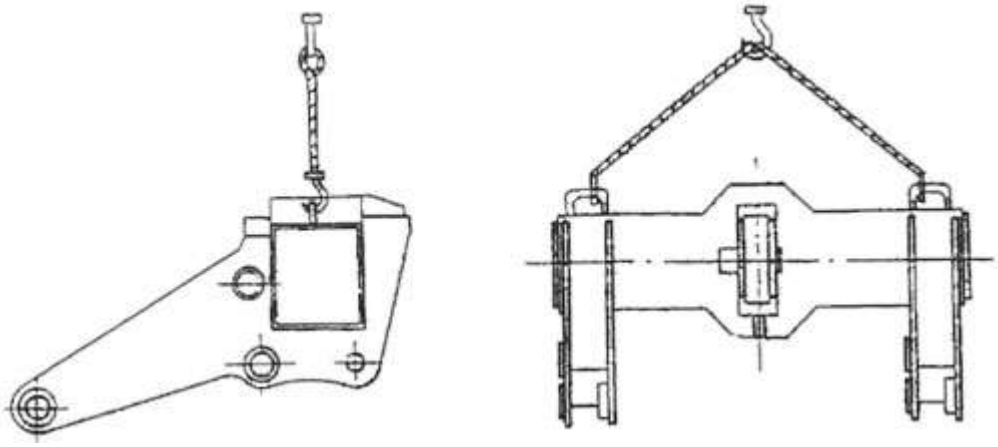


Рис 4.5 - Робоча балка [10, 14, 16]

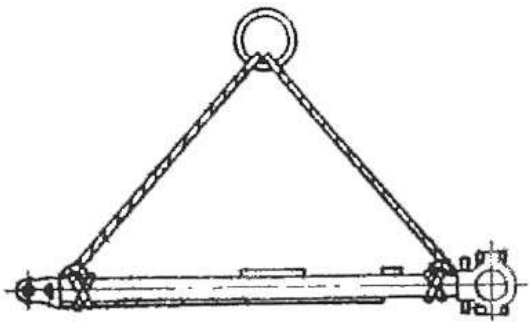


Рис 4.6 - Брус штовхаючий [10, 14, 16]

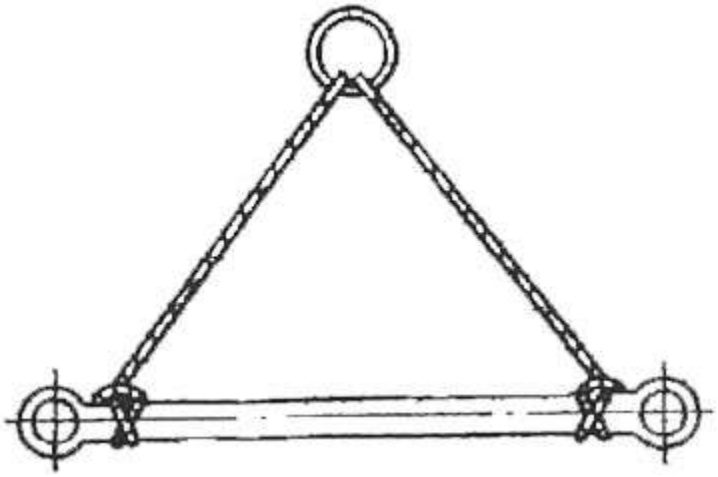


Рис 4.7 - Тяга [10, 14, 16]

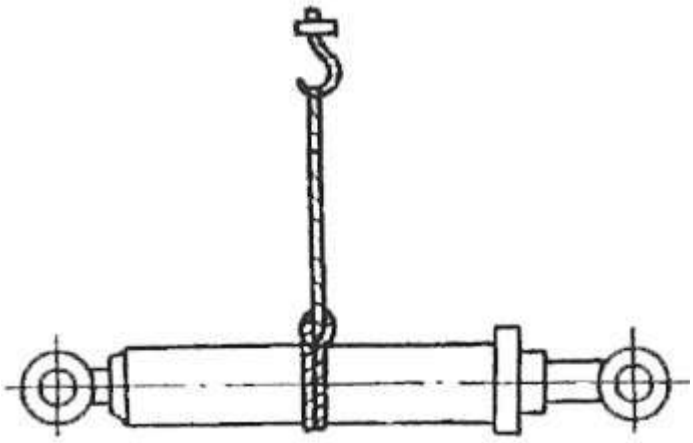


Рис 4.8 - Гідроциліндр [10, 14, 16]

4.2 Використання за призначенням

Підготовка бульдозера до роботи. Перед початком експлуатації необхідно виконати операції з розгальмування машини, після чого вилучити пальці 3 і 12 (рис. 4.9), а також хрестовину 4 разом з осями 5. Далі слід відкрутити болти 14 (рис. 4.9), демонтувати кришки 10 і 11 разом із прокладками та вивести опори 9 із гнізд штовхаючих брусів [10, 14, 16].

Опору 6 (рис. 4.9), оснащену пробками, необхідно встановити у праве гніздо, а опору 12 — у ліве гніздо візків ходової частини трактора. Кріплення виконується болтами з пружинними шайбами із забезпеченням моменту затягування 950 ± 50 Н·м (95 ± 5 кгс·м). Після цього пробки 23 з опори вивертають [10, 14, 16].

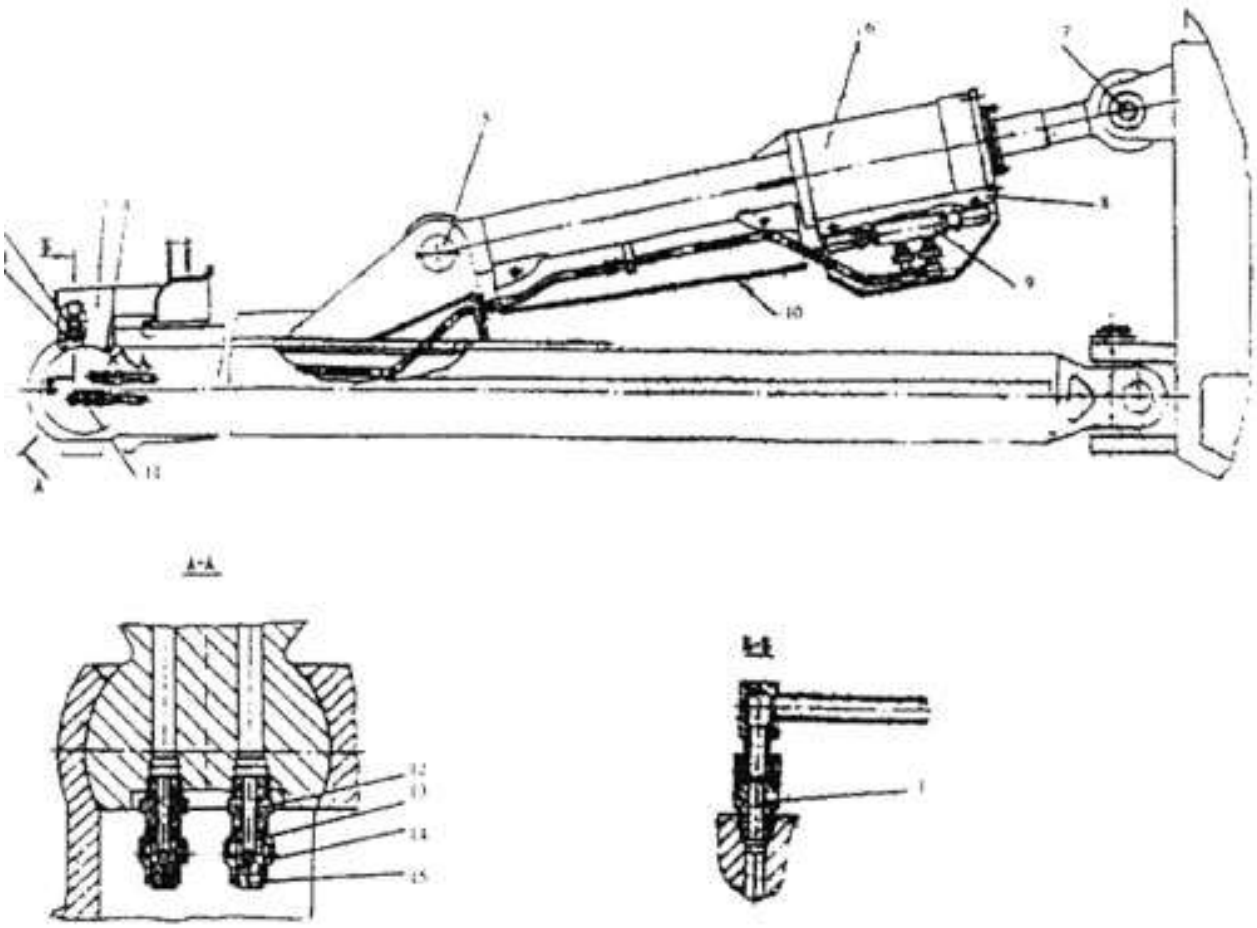


Рис. 4.9 - Підключення гідросистем перекосу відвала до гідросистеми трактора [10, 14, 16]: 1 - прохідник; 2, 11 - гайка; 3, 8, 10 - кожух; 4 - болт; 5, 7 - палець; 6 - гідрораскос; 9 - гідрозамок; 12 - штуцер; 13 - кільце; 14 - муфта; 15 - стопорне кільце

Далі відкручують болти 4, знімають кожух 3 та видаляють заглушки з трубопроводу. На їх місце встановлюють прохідник 1 і штуцер 12 із муфтою 14, ущільнюючи з'єднання кільцями 13 та фіксуючи стопорним кільцем [10, 14, 16].

Штовхаючі бруси розміщують на підставках відповідно до висоти та ширини шарових опор, встановлених на тракторі. Відвал також встановлюють на підставках у вертикальному положенні [10, 14, 16].

У отвори штовхаючих брусів монтують хрестовину 16 з віссю 17. Після цього бруси разом із хрестовинами вводять у відвал 1, фіксуючи їх пальцем 20 таким чином, щоб хрестовина розташовувалась всередині відвала (відповідно до

виноски 1). Далі встановлюють ригель 18 і закріплюють його болтами 19 із пружинними шайбами [10, 14, 16].

Відстань між центрами розкоса 3 встановлюють на рівні 1950 мм. Розкіс монтують у відповідні отвори відвала, після чого встановлюють палець 6. Його фіксацію здійснюють напівкільцями 5 з обох боків, на які додатково встановлюють кільця 7 і закріплюють болтами 4 із пружинними шайбами [10, 14, 16].

Плавним заїздом трактора на встановлені опори 6 і 12 вводять їх у гнізда штовхаючих брусів 3 і 11, після чого навертають і затягують гайки 11 [10, 14, 16].

У подальшому встановлюють болти 5 у кришки 4, монтують прокладки, закривають кришки та виконують остаточне затягування. Гайки 2 навертають на прохідник 1, встановлюють кожух 3 і фіксують його болтами 4 [10, 14, 16].

Після запуску двигуна шток висувають до забезпечення відстані 1950 мм між центральними отворами гідророзкоса. У відповідні отвори встановлюють палець 6, який фіксують напівкільцями 5 та кільцями 7 із подальшим закріпленням болтами 4 [10, 14, 16].

Головки штоків гідроциліндрів трактора вводять у кронштейни відвала, встановлюють пальці 7 і фіксують їх напівкільцями 8, ковпачками 9 та шплінтами 23 [10, 14, 16].

Тягу 16 монтують на шарові опори відвала і трактора, виконавши такі дії [10, 14, 16]:

– відкручують болти 2;

– знімають кришки 3 і 7, прокладки 4 та сухарі 6;

– встановлюють прокладки і сухарі на шарові опори;

– монтують тягу на сухарі;

– встановлюють кришки та затягують болти з пружинними шайбами.

Після завершення монтажу обладнання необхідно заповнити гідроциліндри робочою рідиною. Для цього виконують не менше трьох циклів підйому, опускання та перекосу відвала з подальшим видаленням повітря в гідробак [10, 14, 16].

Контроль технічного стану здійснюється шляхом зовнішнього огляду, під час якого перевіряють відсутність дефектів зварних швів, а також витоків робочої рідини через ущільнення та різьбові з'єднання. Додатково перевіряють функціонування бульдозера (у тому числі з розпушувачем), виконуючи операції підйому, опускання і перекосу відвала з оцінкою плавності руху робочих органів. Також контролюють роботу гідросистеми шляхом вивішування передньої частини машини (не менше трьох циклів) [10, 14, 16].

Регулювання положення відвала. Кут різання та поперечний перекіс відвала встановлюють залежно від характеристик ґрунту та виду виконуваних робіт [10, 14, 16]. Для цього:

– обертанням гвинтового розкоса задають необхідний кут різання;

– за допомогою гідророзкоса встановлюють поперечний перекіс, при цьому відвал має бути заглиблений у ґрунт не менше ніж на 0,5 м.

Порядок виконання робіт бульдозером. Робочий цикл бульдозера включає такі основні операції [10, 14, 16]:

– опускання відвала та встановлення його в робоче положення;

– врізання у ґрунт і заповнення відвала;

– транспортування ґрунту до місця укладання;

– розвантаження матеріалу;

– повернення машини до забою.

Для підвищення ефективності переміщення ґрунту та зменшення втрат доцільно [10, 14, 16]:

– застосовувати роботу двох-трьох бульдозерів у зв'язці;

– переміщувати матеріал у траншеях;

– використовувати проміжні вали;

– застосовувати перекіс відвала.

Найбільш ефективною є технологія, за якої зрізання і переміщення ґрунту здійснюється зверху вниз [10, 14, 16]. Це сприяє збільшенню об'єму матеріалу перед відвалом і підвищенню швидкості його транспортування. Кут нахилу розроблюваного шару не повинен перевищувати 0,35 рад (20°) [10, 14, 16].

Організація виконання робіт має забезпечувати максимальне завантаження бульдозера протягом усього робочого циклу [10, 14, 16].

Таблиця 4.1 - Несправності та способі їх усунення [10, 14, 16]

Найменування відмови, її зовнішній прояв і додаткові признаки	Ймовірна причина	Метод усунення
Течія робочих рідин з-під ущільнення штока:		
гідрораскоса бульдозера	зношення комплекта ущільнень	убрати регульовану шайбу 14 і підтягнути рівномірно болти скребка 5 (рис. 4.9)
гідроциліндрів розрихлювача	зношення комплекта ущільнень	убрати регульовану шайбу 12 (рис. 4.9) і підтягнути болти скребка 8
Викид робочих рідин запобіжним клапаном 2 (рис. 2.9)	зношення манжети поршня	замінити манжети поршня
Погане занурення відвалу або зуба розрихлювала	зношення робочої кромки ножів або зношення наконечника	замінити або перевернути ножі, замінити наконечник
	кут різання не відповідає категоріям грунту	встановити необхідний кут різання

4.3 Технічне обслуговування

Своєчасне та належне виконання технічного обслуговування забезпечує зменшення інтенсивності зношування деталей і вузлів бульдозера, підтримує його справний технічний стан і готовність до експлуатації за призначенням, а також сприяє збільшенню міжремонтного ресурсу машини [10, 14, 16].

Система технічного обслуговування передбачає регулярний контроль працездатності вузлів і агрегатів, своєчасну заміну робочих рідин, усунення виявлених несправностей, а також очищення і змащення елементів конструкції [10, 14, 16].

Для забезпечення зручності експлуатації всі операції технічного обслуговування виконуються з установленою періодичністю, що визначається напрацюванням бульдозера в мотогодинах.

Передбачено такі види технічного обслуговування [10, 14, 16]:

– щозмінне технічне обслуговування (ЗТО) — через кожні 10 мотогодин;

– перше технічне обслуговування (ТО-1) — через 100 мотогодин;

– друге технічне обслуговування (ТО-2) — через 500 мотогодин;

– третє технічне обслуговування (ТО-3) — через 1000 мотогодин;

– сезонне технічне обслуговування (СТО) — при переході між сезонними періодами експлуатації.

Перед початком виконання будь-яких робіт із технічного обслуговування бульдозер необхідно встановити на рівну горизонтальну поверхню [10, 14, 16].

Щозмінне технічне обслуговування (ЗТО). До складу щозмінного обслуговування входять такі операції [10, 14, 16]:

– зовнішній огляд машини та очищення її від забруднень (ґрунту, пилу, бруду);

– перевірка стану болтових з'єднань (відвалу, штовхаючих брусів, опор, елементів гідросистеми бульдозера та розпушувача) і, за потреби, їх підтягування;

– контроль герметичності гідросистеми.

Наявність витоків робочої рідини через з'єднання або ущільнення не допускається. Ослаблення кріпильних елементів також є неприпустимим. Усі виявлені несправності повинні бути негайно усунені [8].

Перше технічне обслуговування (ТО-1). Під час виконання ТО-1 необхідно [10, 14, 16]:

– здійснити всі операції, передбачені ЕТО;

– провести огляд зварних швів конструкції;

– виконати змащення вузлів відповідно до карти змащення.

У разі виявлення тріщин у зварних з'єднаннях їх необхідно усунути шляхом зварювання.

Друге технічне обслуговування (ТО-2). ТО-2 включає такі роботи [10, 14, 16]:

– виконання всіх операцій ТО-1;

– перевірку технічного стану шарнірних з'єднань;

– додаткове змащення вузлів відповідно до регламенту.

Усі виявлені дефекти підлягають обов'язковому усуненню.

Третє технічне обслуговування (ТО-3). При виконанні ТО-3 необхідно [10, 14, 16]:

– провести всі роботи, передбачені ТО-2;

– замінити робочу рідину в гідросистемі керування робочим обладнанням.

Сезонне технічне обслуговування (СТО). Сезонне обслуговування, як правило, поєднується з черговим плановим технічним обслуговуванням [10, 14, 16].

Під час переходу до весняно-літнього або осінньо-зимового періоду експлуатації необхідно виконати повний комплекс регламентних робіт та здійснити заміну робочої рідини в гідросистемі.

Заміна робочих рідин у гідросистемі. Злив робочої рідини з гідророзкоса бульдозера здійснюється у такій послідовності [10, 14, 16]:

– встановити машину на горизонтальній поверхні, запустити двигун і виконати максимальний перекіс відвала вправо, забезпечивши повне втягування гідророзкоса;

– при цьому рідина з поршневої порожнини витісняється в гідробак (переповнення бака не допускається);

– частково злити надлишок рідини за потреби;

– послабити клапан гідрозамка (2) для зниження тиску, після чого повністю його викрутити;

– підняти відвал, встановити підставку під правий край, опустити відвал;

– повторно підняти відвал, прибрати підставку та зупинити двигун;

– встановити клапан у початкове положення.

Злив рідини з гідроциліндрів розпушувача [10, 14, 16]:

– запустити двигун;

– підняти розпушувач у верхнє положення, забезпечивши витіснення рідини в бак;

– уникати переповнення бака, за потреби виконати частковий злив;

– встановити трактор під кутом для повного опускання розпушувача;

– зупинити двигун;

– від’єднати рукав від поршневої порожнини одного з гідроциліндрів;

– перевести важіль керування в положення «опускання» для повного виходу рідини зі штокових порожнин;

– після завершення операції під’єднати рукав назад.

Заправка робочої рідини виконується таким чином [10, 14, 16]:

– залити рідину в гідробак до верхнього рівня оглядового вікна;

– запустити двигун і кілька разів виконати підйом, опускання та перекіс відвала, а також підйом і опускання розпушувача для заповнення гідросистеми;

– перевірити відсутність витоків;

– опустити робочі органи, зупинити двигун і довести рівень рідини до нормативного (між позначками оглядових вікон).

Обслуговування ножів відвала. Перестановка або заміна ножів відвала виконується у такій послідовності [10, 14, 16]:

– підняти відвал і встановити штовхаючі бруси на підставки;

– зупинити двигун;

– при зношенні бокових ножів — виконати їх заміну;

– середні ножі при першому зношенні перевертають, а після використання другої ріжучої кромки — замінюють.

Момент затягування гайок становить 1750 ± 100 Н·м (175 ± 10 кгс·м).

Змащення бульдозерного обладнання. Змащення вузлів і механізмів бульдозера здійснюється відповідно до встановленої карти змащення та регламенту технічного обслуговування [10, 14, 16] (див табл. 4.2).

4.4 Зберігання та демонтаж

Умови та способи зберігання бульдозера. Бульдозер слід зберігати у закритих приміщеннях або під навісами. Допускається також розміщення машини на відкритих спеціально підготовлених майданчиках за умови обов’язкового

виконання заходів консервації, герметизації, а також демонтажу окремих вузлів і деталей, які підлягають складському зберіганню [10, 14, 16].

Умови зберігання визначаються відповідно до вимог стандарту ГОСТ 15150-69 [10, 14, 16]. Не допускається розміщення бульдозера або його складових у приміщеннях із підвищеним вмістом пилу, а також агресивних парів чи газів [10, 14, 16].

Таблиця 4.2 – Точки змащення бульдозеру [10, 14, 16]

Найменування зміщуваного вузла або механізму	Найменування змащувальних матеріалів і номерів стандартів або технічних умов на них	Кільк. точок змащення	Спосіб нанесення змащувальних матеріалів	Періодичність перевірки і заміни змащення, год	Об'єм заправки, г
Шарові опори штовхаючих брусів	Змазка Литол-24 ГОСТ 21150-87	2	Ручний. Снять кришки, видалити стару і заложити нову змазку	500	95
Шарнірні підшипники бульдозерного обладнання	-	4	Змащувальним шприцом	200-300	90
Гвинтовий раскос	-	2	-	200-300	50
Шарові опори тяги	-	2	-	500	50
Шарнірні підшипники кріплення гідроциліндрів рихлівного обладнання	-	4	-	200-300	50
Шарнірні підшипники кріплення тяг	-	10	-	200-300	50

Під час постановки на зберігання та зняття з нього необхідно суворо дотримуватися вимог техніки безпеки та протипожежних норм [10, 14, 16].

Залежно від тривалості перерви в експлуатації розрізняють такі види зберігання [10, 14, 16]:

– міжзмінне — при перервах до 10 діб;

– короткочасне — від 10 діб до 2 місяців;

– тривале — понад 2 місяці.

Міжзмінне зберігання. При міжзмінному зберіганні необхідно [10, 14, 16]:

– встановлювати бульдозер на зберігання одразу після завершення робіт;

– перевести важелі керування у положення, що виключає випадкове ввімкнення машини;

– герметично закрити всі отвори, щілини та порожнини, через які можуть проникати атмосферні опади;

– залишити відкритими дренажні пристрої для забезпечення відведення води та конденсату;

– зберігати машину у повній комплектації без демонтажу вузлів і агрегатів.

Перед постановкою на міжзмінне зберігання необхідно виконати щозмінне технічне обслуговування.

Короткочасне зберігання. Бульдозер переводиться на короткочасне зберігання безпосередньо після завершення роботи. Перед цим виконують комплекс підготовчих операцій [10, 14, 16]:

– встановлюють органи керування у безпечне положення;

– опускають відвал і зуб розпушувача на підставки;

– очищають машину від пилу, бруду, ґрунту та слідів мастильних матеріалів;

– перевіряють технічний стан та відновлюють пошкоджені лакофарбові покриття;

– герметизують усі отвори і щілини;

– забезпечують відкритість дренажних елементів для видалення вологи;

– нефарбовані металеві поверхні, штоки гідроциліндрів, різьбові та оброблені поверхні покривають захисним мастилом;

– виступаючі частини штоків додатково обгортають парафінованим папером;

– зачиняють капот і двері кабіни.

Зберігання здійснюється у комплектному вигляді без зняття складових частин.

Тривале зберігання. Постановка бульдозера на тривале зберігання має бути виконана не пізніше ніж через 10 діб після завершення роботи [10, 14, 16].

Перед цим здійснюється перевірка технічного стану машини. Підготовка включає всі заходи, передбачені для короткочасного зберігання, а також додаткові операції [10, 14, 16]:

– фарбування бульдозерного та розпушувального обладнання;

– очищення та консервацію різьбових з'єднань навісного обладнання і гідросистеми;

– нанесення захисного мастила на штоки гідроциліндрів;

– очищення рукавів високого тиску (РВД), їх сушіння та обробку тальком.

Робочу рідину з рукавів необхідно злити, а відкриті кінці закрити заглушками. Допускається зберігання рукавів без демонтажу за умови їх додаткового захисту світлонепроникним покриттям або обгортання парафінованим папером [10, 14, 16].

Консервація бульдозера. Під час консервації виконують такі операції [10, 14, 16]:

– очищення машини від забруднень;

– відновлення пошкоджених лакофарбових покриттів;

– нанесення захисного мастила на відкриті поверхні штоків;

– змащення вузлів відповідно до карти змащення;

– консервацію та пакування знятих нефарбованих деталей (болтів, гайок тощо) у парафінований папір;

– пакування гумових ущільнювальних елементів;

– розміщення етикеток із зазначенням дати консервації на внутрішній поверхні скла кабіни.

Розконсервація. Під час введення бульдозера в експлуатацію після зберігання виконують такі роботи [10, 14, 16]:

– очищення машини від пилу;

– видалення пакувальних матеріалів (парафінованого паперу);

– очищення поверхонь від консервуючого мастила;

– проведення щозмінного технічного обслуговування.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі виконано комплексне дослідження процесу роботи бульдозера з розширеним відвалом на базі трактора Т-180, що застосовується для виконання земляних робіт у різних гірничо-геологічних та кліматичних умовах.

1. У першому розділі проаналізовано загальні відомості про бульдозери як виїмково-транспортуючі машини, розглянуто їх класифікацію, конструктивні особливості та умови експлуатації. Досліджено характеристики середовища взаємодії — фізико-механічні властивості ґрунтів, їх категорії, опір різанню та вплив цих факторів на вибір типу машини. Проведено аналіз обладнання, яке доцільно застосовувати в заданих умовах, що дозволило обґрунтувати вибір бульдозера важкого класу.
2. У другому розділі наведено опис конструкції бульдозера з розширеним відвалом на базі трактора Т-180, визначено його призначення та область використання. Розглянуто основні технічні характеристики машини, будову базового трактора, ходової частини та робочого обладнання. Особливу увагу приділено конструкції відвала, його геометричним параметрам і впливу розширення на підвищення продуктивності та ефективності переміщення ґрунту.
3. У третьому розділі виконано інженерний аналіз робочого процесу бульдозера. Визначено головні параметри машини та обґрунтовано вибір розмірів відвала з урахуванням умов експлуатації. Проведено аналіз взаємодії ріжучого елемента з ґрунтом, визначено питомі зусилля на ріжучій кромці та розглянуто закономірності формування призми волочіння.
4. Виконано тяговий розрахунок бульдозера, зокрема:
   - визначено середній статичний питомий тиск гусеничної машини на ґрунт;
   - встановлено положення центру тиску;
   - проведено вибір геометричних параметрів конструктивної схеми та визначено центр ваги;
   - виконано перевірку машини на стійкість;

- розраховано навантаження на робоче обладнання.

5. Отримані результати підтверджують відповідність параметрів машини умовам заданої експлуатації та забезпечення необхідного запасу стійкості й міцності.
6. Проведено розрахунок продуктивності бульдозера з урахуванням швидкості робочого та зворотного ходів, об’єму призми волочіння та тривалості циклу. Встановлено, що застосування розширеного відвала сприяє збільшенню об’єму переміщуваного ґрунту за цикл та підвищенню техніко-економічних показників роботи.
7. Виконано розрахунок тягово-енергетичних характеристик трактора Т-180, побудовано зовнішню характеристику двигуна та тягову характеристику машини для заданих умов. Отримані графічні залежності дозволили оцінити відповідність потужності двигуна величині тягового опору та визначити раціональні режими роботи.
8. У четвертому розділі розглянуто питання експлуатації бульдозера: транспортування, монтаж, використання за призначенням, технічне обслуговування, зберігання та демонтаж. Визначено основні вимоги до безпечної та ефективної роботи машини.
9. Здійснено повний аналіз конструкції, робочого процесу та експлуатаційних характеристик бульдозера на базі трактора Т-180. Проведені розрахунки підтвердили технічну доцільність застосування даної машини у визначених умовах експлуатації та показали можливість підвищення ефективності роботи за рахунок раціонального вибору геометричних параметрів відвала та режимів роботи.
10. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та модернізації землерийно-транспортних машин, а також при виборі оптимальних режимів їх експлуатації.