

Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра галузевого машинобудування та механотроніки
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему

Розроблення конструкції та розрахунок
параметрів автогрейдера середнього типу з
шириною відвалу 2,6 м

Виконав: студент IV курсу, групи 401ММ
напряму підготовки (спеціальності)

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Шинкаренко О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник Васильєв Є.А.

(прізвище та ініціали)

Полтава – 2026 року

Зміст

Вступ.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА УМОВ РОБОТИ АВТОГРЕЙДЕРІВ СЕРЕДНЬОГО ТИПУ	6
1.1 Призначення, класифікація та технологічні можливості автогрейдерів	6
1.2 Аналіз конструктивних схем, основних вузлів та робочого обладнання автогрейдерів.....	12
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Вихідні дані для проектування автогрейдера	21
2.2 Визначення основних параметрів автогрейдера.....	21
2.2.1 Маса автогрейдера і розміри відвала.....	22
2.2.3 Тяговий розрахунок автогрейдера.....	27
2.3 Розрахунок об'ємного гідроприводу	31
2.3.1 Визначення потужності гідроприводу і насоса	32
2.3.2 Вибір насоса.....	32
2.3.3 Визначення внутрішнього діаметру гідроліній, швидкостей руху рідини	33
2.3.4 Вибір гідроапаратури, кондиціонерів робочої рідини	36
2.3.5 Розрахунок втрат тиску в гідролініях.....	39
2.3.6 Розрахунок гідроциліндрів	41
2.3.7 Тепловий розрахунок гідроприводу	45
2.4 Проведення робіт автогрейдером	47

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат							
Розроб.	Шинкаренко				Зміст			Лім.	Лист	Листів	
Перев.	Васильєв							Н		1	
								Національний університет			
Н. контр.	Васильєв							«Полтавська політехніка			
Затв.	Орисенко							імені Юрія Кондратюка»			

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДИСКА РЕАГЕНТОРОЗКИДАЧА.....	57
3.1 Призначення та аналіз конструкції бульдозерного відвалу автогрейдера.....	57
3.2 Вибір матеріалу та заготовок.....	59
3.3 Розроблення технологічного процесу виготовлення відвалу	60
3.4 Маршрутно-операційна карта виготовлення бульдозерного відвалу	61
3.5 Технологічні вимоги до складання та зварювання.....	66
3.6 Контроль якості виготовлення	67
3.7 Підготовка поверхні та фарбування	68
3.8 Розрахунок технологічних операцій виготовлення бульдозерного відвалу	69
3.8.1 Розрахунок часу на розкрій листових заготовок	69
3.8.2 Розрахунок часу на відрізання смугових та профільних заготовок	70
3.8.3 Розрахунок зусилля гнуття листа відвалу	71
3.8.4 Розрахунок часу на свердління отворів	71
3.8.5 Розрахунок часу на складання відвалу під зварювання	72
3.8.6 Розрахунок часу на зварювання	73
3.8.7 Розрахунок часу на зачищення зварних швів	74
3.8.8 Розрахунок площі фарбування та витрати лакофарбових матеріалів	74
3.8.9 Визначення сумарного часу виготовлення	75
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	78
4.1 Загальні положення	78
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	78

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

2

4.3 Вимоги безпеки під час експлуатації автогрейдера	79
4.4 Безпека під час технічного обслуговування та ремонту	81
4.5 Безпека під час виготовлення бульдозерного відвалу	82
4.6 Пожежна безпека.....	83
4.7 Заходи щодо зниження шуму, вібрації та пилу	83
4.8 Вимоги охорони навколишнього середовища	84
Висновки.....	85
Список літератури.....	87

Вступ

Автомобільні дороги є важливою складовою транспортної інфраструктури держави, від технічного стану якої залежить ефективність перевезень, безпека руху, розвиток промисловості, сільського господарства та будівельної галузі. У процесі будівництва, ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг значна роль належить дорожнім машинам, які забезпечують виконання земляних, планувальних, профілювальних і ремонтних робіт. Однією з найбільш універсальних машин цього типу є автогрейдер.

Автогрейдери широко застосовуються для планування земляного полотна, профілювання дорожнього покриття, розрівнювання ґрунтів і сипких матеріалів, улаштування кюветів, очищення доріг від снігу, переміщення матеріалу в поперечному напрямку, а також для виконання робіт з утримання ґрунтових і щебеневих доріг. Завдяки можливості зміни положення робочого органа – відвалу – автогрейдер здатний виконувати широкий комплекс технологічних операцій з високою точністю обробки поверхні.

Актуальність теми бакалаврської роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності дорожньо-будівельних робіт шляхом удосконалення конструкцій машин середнього класу, які є найбільш поширеними при виконанні планувальних і ремонтних операцій. Автогрейдер середнього типу з шириною відвалу 2,6 м може використовуватися як у дорожньому будівництві, так і в комунальному господарстві, аграрному секторі та на промислових майданчиках. Вибір раціональних конструктивних параметрів такої машини дозволяє забезпечити достатню продуктивність, стійкість під час роботи, маневреність і надійність експлуатації.

Ефективність роботи автогрейдера значною мірою залежить від конструкції його основних вузлів: рами, ходової частини, тягово-силової

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат								
Розроб.	Шинкаренко				Вступ				Лім.	Лист	Листів	
Перев.	Васильєв								Н		4	
Керівник									Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»			
Н. контр.	Васильєв											
Затв.	Орисенко											

установки, механізму керування відвалом, гідравлічної системи та робочого обладнання. Особливе значення має правильний вибір геометричних параметрів відвалу, його ширини, кута встановлення, висоти, радіуса кривизни та зусиль, що виникають під час взаємодії робочого органа з ґрунтом або дорожнім матеріалом. Недостатнє обґрунтування цих параметрів може призвести до зниження продуктивності машини, перевантаження окремих елементів конструкції та погіршення якості виконання технологічного процесу.

Метою бакалаврської роботи є розроблення конструкції та розрахунок основних параметрів автогрейдера середнього типу з шириною відвалу 2,6 м для виконання планувальних, профілювальних і дорожньо-ремонтних робіт.

					ГММ.401ММ.005-00.00.000 ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА УМОВ РОБОТИ АВТОГРЕЙДЕРІВ СЕРЕДНЬОГО ТИПУ

Автогрейдер належить до самохідних землерийно-транспортних машин, основним робочим органом яких є поворотний грейдерний відвал. Машина призначена для планування, профілювання та вирівнювання поверхонь, формування ухилів, переміщення ґрунту або сипкого матеріалу в поперечному напрямку, очищення покриттів від снігу, а також для виконання допоміжних операцій під час будівництва, ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг [2, 6, 11, 12].

У межах даної бакалаврської роботи розглядається автогрейдер середнього типу з шириною відвалу 2,6 м. Така машина за своїми габаритами, масою та тяговими можливостями займає проміжне положення між компактними комунальними автогрейдером та важкими дорожньо-будівельними машинами. Для вибраного типорозміру особливо важливо забезпечити раціональне поєднання продуктивності, маневреності, стійкості та простоти технічного обслуговування.

1.1 Призначення, класифікація та технологічні можливості автогрейдерів

Автогрейдери застосовують на різних етапах дорожнього будівництва: під час підготовки основи дороги, планування земляного полотна, розподілу щебеню, гравію та ґрунтових матеріалів, улаштування поперечного профілю, формування узбіч і кюветів. Вимоги до земляного полотна автомобільних доріг передбачають забезпечення заданої геометрії, стабільності та водовідведення, тому точність роботи планувальних машин має суттєве значення [1, 3].

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА УМОВ РОБОТИ АВТОГРЕЙДЕРІВ СЕРЕДНЬОГО ТИПУ		
Розроб.	Шинкаренко						
Перев.	Васильєв						
Керівник							
Н. контр.	Васильєв						
Затв.	Орисенко						
					Літ.	Лист	Листів
					Н	6	
					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

За характером технологічного процесу автогрейдер відрізняється від бульдозера тим, що його основний відвал розташований між передньою та задньою осями, може повертатися в горизонтальній площині, нахилитися, зміщуватися вбік і змінювати кут різання. Таке розташування робочого органа забезпечує кращу якість планування поверхні та дає можливість виконувати точні профілювальні операції [11, 13, 15].



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд компактного автогрейдера з робочим обладнанням

У дорожньому господарстві автогрейдери використовують не лише під час нового будівництва, але й у процесі поточного утримання доріг. Машина може вирівнювати ґрунтові дороги після руйнування колійності, переміщувати матеріал з узбіч до осі дороги, формувати водовідвідні канали, розчищати сніговий покрив, а за наявності додаткового обладнання виконувати легкі бульдозерні та розпушувальні роботи [7, 12, 19].

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

7

За призначенням автогрейдери доцільно поділяти на машини для дорожнього будівництва, експлуатаційного утримання доріг, комунального господарства, промислових майданчиків і сільськогосподарських робіт. Універсальність автогрейдера визначається можливістю роботи з різними видами ґрунтів і дорожніх матеріалів, а також застосуванням змінного обладнання: переднього бульдозерного відвалу, кирковика-розпушувача, снігоочисного обладнання та додаткових систем керування положенням відвалу [2, 11, 16].

За масою та тяговим класом автогрейдери умовно поділяють на легкі, середні та важкі. Легкі машини використовують переважно для комунальних, ремонтних і допоміжних робіт. Середні автогрейдери є найбільш універсальними, оскільки забезпечують достатню тягову силу для роботи з ґрунтовими матеріалами та одночасно зберігають прийнятну маневреність. Важкі машини призначені для великих обсягів земляних робіт, роботи з щільними ґрунтами та експлуатації у складних умовах [11, 13, 15].

Класифікацію автогрейдерів можна виконувати за такими основними ознаками:

- за експлуатаційним призначенням – дорожньо-будівельні, ремонтно-експлуатаційні, комунальні та спеціальні;
- за масою та тяговими можливостями – легкі, середні та важкі;
- за типом трансмісії – механічні, гідромеханічні та гідростатичні;
- за конструкцією рами – з жорсткою рамою або з шарнірно-зчленованою рамою;
- за способом керування робочим обладнанням – механічні, гідравлічні та комбіновані;
- за складом робочого обладнання – з основним грейдерним відвалом, з додатковим переднім відвалом, кирковиком або снігоочисним обладнанням.

У сучасних конструкціях автогрейдерів переважає гідравлічне керування робочим обладнанням. Гідропривід дозволяє плавно змінювати положення

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

відвалу, регулювати кут захвату та кут різання, виконувати бокове зміщення тягової рами і підтримувати задане положення робочого органа під навантаженням. Питання вибору параметрів гідравлічного приводу є важливими для забезпечення надійності та точності роботи машини [20].



Рисунок 1.2 – Автогрейдер із додатковим переднім обладнанням та заднім кирковиком

Для оцінювання технологічних можливостей автогрейдера важливими є ширина відвалу, висота відвалу, кут повороту в плані, кут нахилу, можливість бокового винесення робочого органа, тягове зусилля на рушій, потужність двигуна, швидкісні режими та мінімальний радіус повороту. Чим більша ширина відвалу, тим вища потенційна продуктивність машини за один прохід, однак зростають опори різанню і переміщенню матеріалу, а також навантаження на тягову раму, поворотне коло, гідроциліндри та опорні елементи [4, 10, 11].

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

9

З аналізу сучасних компактних моделей видно, що виробники прагнуть поєднати можливості великих автогрейдерів із меншою масою та габаритами. Наприклад, у матеріалах щодо NorAm 65E наведено масу машини близько 8250 кг, загальну довжину 6569 мм, потужність двигуна 82 кВт, максимальну транспортну швидкість 38,4 км/год, діаметр поворотного кола 1339 мм і ширину відвалу 3050 мм. Такі параметри підтверджують, що компактні та середні машини можуть виконувати значну частину планувальних робіт за умови раціональної конструкції робочого обладнання.



Рисунок 1.3 – Робота автогрейдера під час переміщення та профілювання ґрунтового матеріалу

Для проєктованого автогрейдера з шириною відвалу 2,6 м доцільно орієнтуватися на виконання робіт середньої складності: планування ґрунтових і щебених основ, поточне утримання доріг місцевого значення, формування узбіч, очищення територій і комунальні операції. Зменшення ширини відвалу порівняно з поширеними моделями 3,0–3,7 м дає можливість знизити масу

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

робочого органа, навантаження на поворотний механізм і потребу у великому тяговому зусиллі, що є доцільним для машини середнього типу.

У практиці експлуатації важливе значення має оглядовість робочої зони. Оператор повинен контролювати положення різальної кромки, валик матеріалу перед відвалом, зону біля передніх коліс і простір за машиною. Конструкція кабіни, органів керування та гідросистеми має забезпечувати зменшення втоми оператора й можливість тривалого виконання точних планувальних операцій [8, 10].



Рисунок 1.4 – Розміщення органів керування автогрейдером у кабіні оператора

Таким чином, автогрейдер середнього типу з відвалом шириною 2,6 м слід розглядати як універсальну дорожньо-будівельну машину для виконання широкого комплексу планувальних робіт. Основні вимоги до такої машини полягають у забезпеченні достатнього тягового зусилля, стабільної роботи відвалу, надійності поворотного механізму, зручності керування та можливості експлуатації в обмежених умовах.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

11

1.2 Аналіз конструктивних схем, основних вузлів та робочого обладнання автогрейдерів

Типова конструкція автогрейдера включає силову установку, основну раму, ходову частину, передню керовану вісь, задній ведучий міст або балансирний візок, трансмісію, кабіну оператора, гідравлічну систему та робоче обладнання. Центральним вузлом, який визначає технологічні можливості машини, є система “тягова рама – поворотне коло – грейдерний відвал” [2, 6, 11, 18].

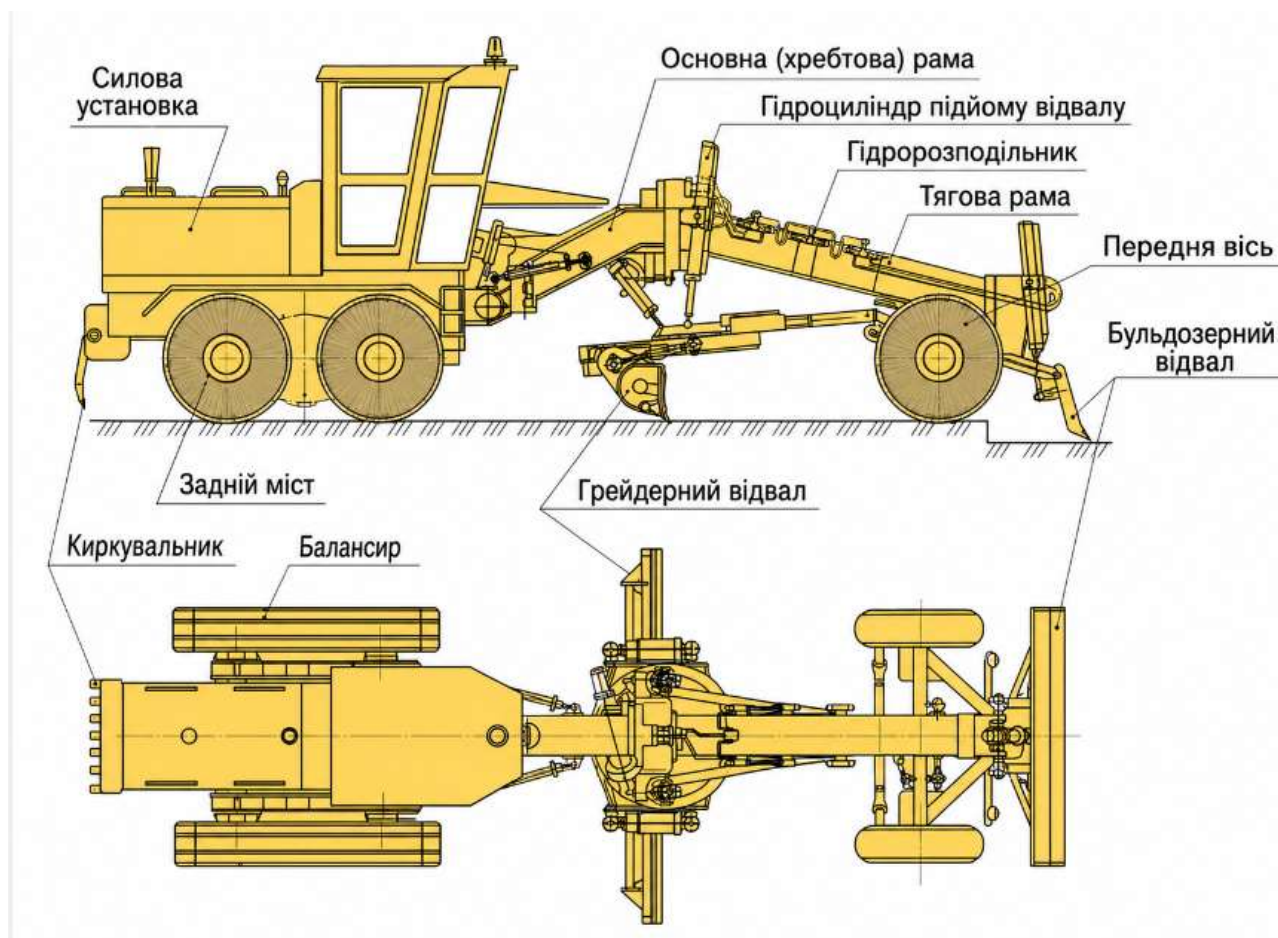


Рисунок 1.5 – Загальна схема автогрейдера та розташування його основних вузлів

Основна або хребтова рама сприймає навантаження від силової установки, трансмісії, ходової частини та робочого обладнання. У процесі роботи на раму діють вертикальні, поздовжні та поперечні навантаження, що виникають через взаємодію відвалу з ґрунтом, нерівності опорної поверхні та

тягові сили на рушіях. Тому під час проектування важливо враховувати не лише статичну міцність, а й динамічні навантаження, які можуть суттєво впливати на довговічність машини [10].

Ходова частина автогрейдера зазвичай виконується за схемою з передньою керованою віссю та заднім ведучим балансирним візком. Передні колеса можуть повертатися та нахилитися, що підвищує стійкість під час роботи з боковим навантаженням на відвал. Задній балансирний візок забезпечує кращий контакт коліс з нерівною поверхнею та підвищує тягово-зчіпні властивості машини. Для компактних і середніх автогрейдерів важливо, щоб ходова частина забезпечувала достатню прохідність без надмірного збільшення маси [11, 13, 15].

Трансмісія автогрейдера повинна забезпечувати широкий діапазон робочих і транспортних швидкостей. Робочі швидкості використовуються під час різання, переміщення й планування матеріалу, а транспортні – під час переміщення машини між ділянками робіт. У сучасних машинах використовують механічні, гідромеханічні або гідростатичні трансмісії. Вибір типу трансмісії впливає на економічність, плавність руху, тягові властивості та зручність керування [2, 12, 16].

Робоче обладнання автогрейдера складається з тягової рами, поворотного кола, механізмів підйому, нахилу та бокового зміщення, грейдерного відвалу з ножами та змінними різальними елементами. Тягова рама шарнірно з'єднується з основною рамою і передає зусилля від машини до відвалу. Поворотне коло забезпечує зміну кута встановлення відвалу в плані, що дозволяє виконувати як пряме планування, так і переміщення матеріалу вбік [11, 18, 19].

Відвал є криволінійною металевою конструкцією, яка забезпечує зрізання, піднімання, переміщення й часткове перекочування ґрунту або дорожнього матеріалу. Його основними геометричними параметрами є ширина, висота, радіус кривизни, кут різання, кут захвату та кут нахилу. Для відвалу

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

шириною 2,6 м потрібно забезпечити достатню жорсткість по довжині, щоб під дією нерівномірного опору ґрунту не виникали значні деформації, які погіршують якість планування [4, 11, 13].

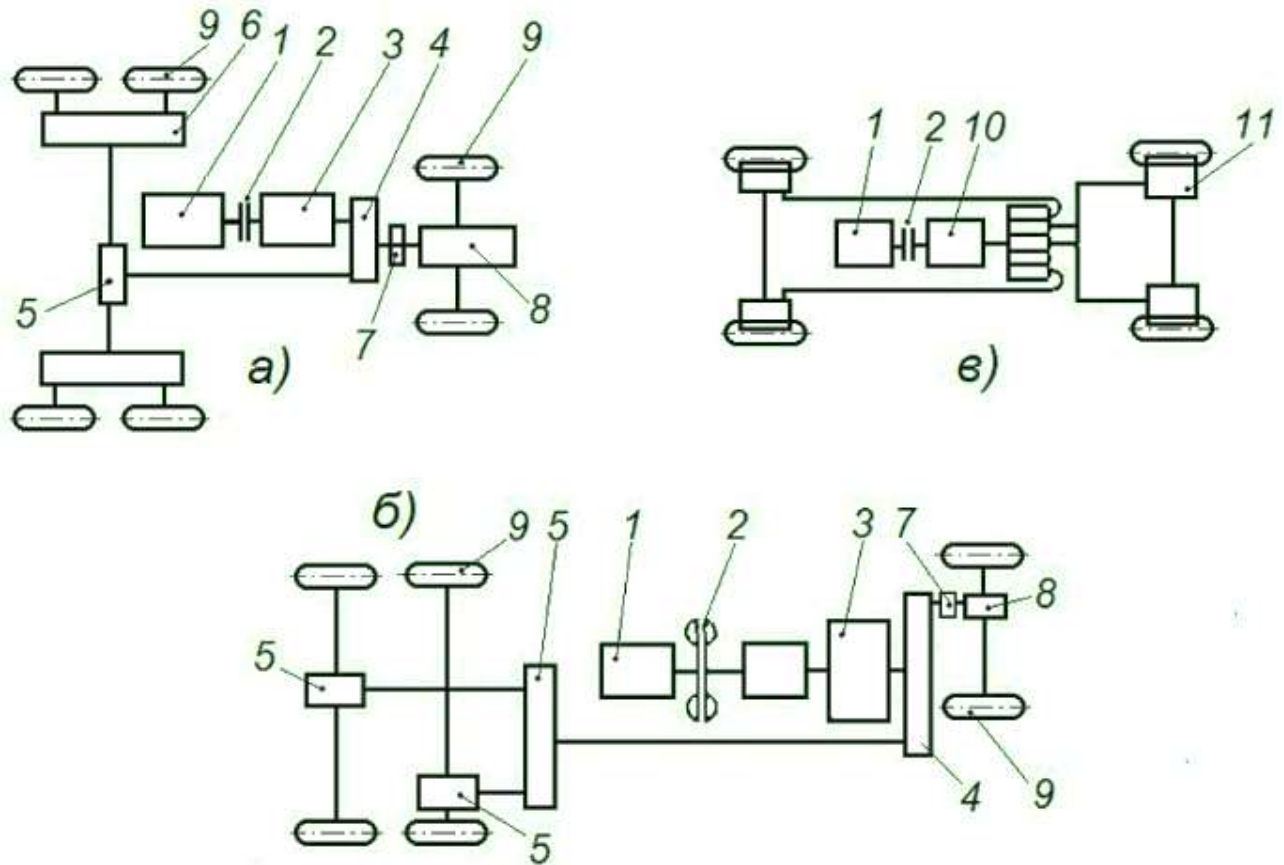


Рисунок 1.6 – Кінематичні схеми автогрейдерів з різними типами трансмісій

На відвалі встановлюють змінні ножі та бокові накладки, оскільки саме ці елементи зазнають найбільшого абразивного зношування. У сучасних конструкціях також застосовують регульовані накладки, змінні втулки, компенсаційні пластини та інші елементи, які спрощують технічне обслуговування і зменшують витрати на ремонт. Такий підхід є особливо важливим для машин, що працюють з щебеневими, гравійними та піщано-гравійними матеріалами.

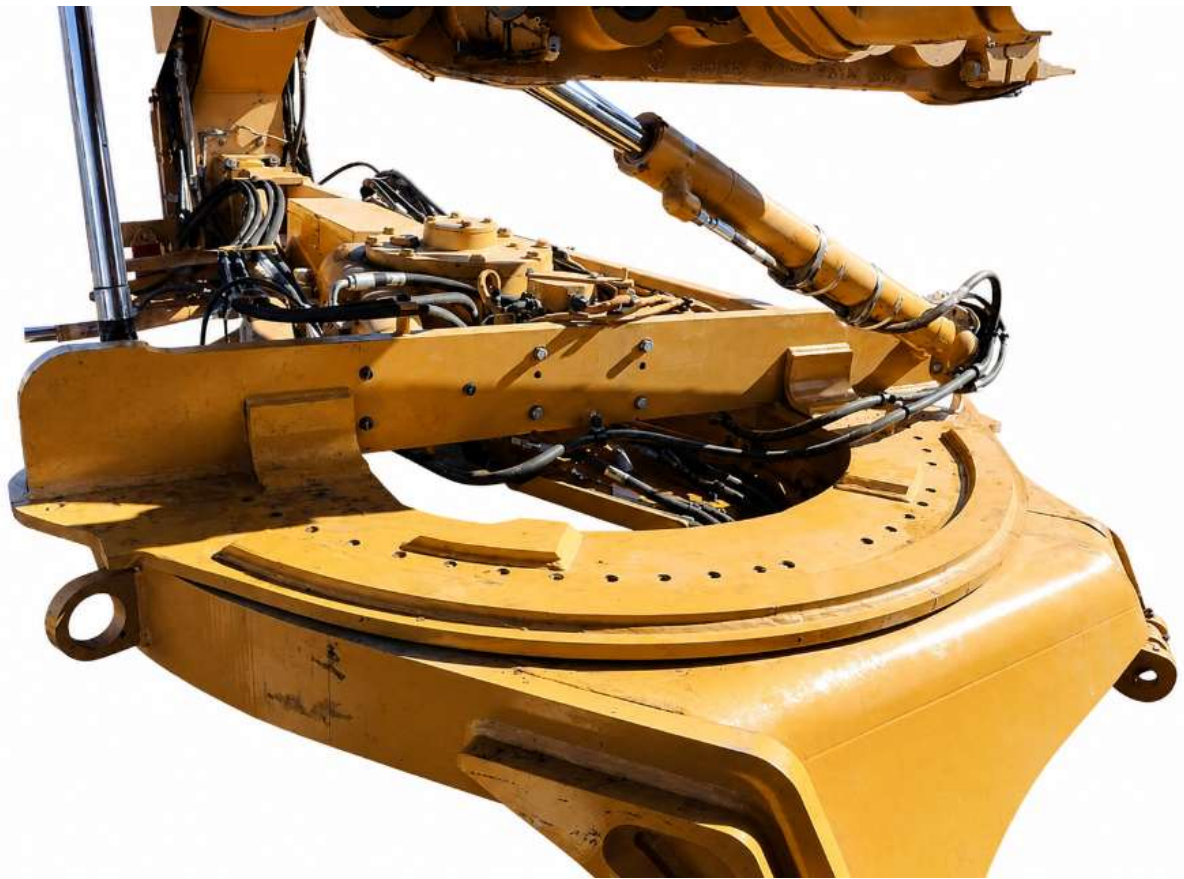


Рисунок 1.7 – Поворотне коло та вузли кріплення робочого обладнання автогрейдера

Поворотний механізм відвалу є одним із найбільш навантажених вузлів автогрейдера. Під час роботи через нього передаються сили різання, бокові сили переміщення матеріалу, вертикальні реакції та динамічні навантаження від нерівностей поверхні. У традиційних конструкціях використовують відкрите зубчасте поворотне коло з напрямними та регулювальними елементами. Недоліками такої схеми є потреба у регулярному очищенні, змащуванні та регулюванні зазорів.

Сучасні виробники вдосконалюють цей вузол шляхом застосування закритих опор, підшипникових вузлів і конструкцій зі зменшеними витратами на обслуговування. У матеріалах щодо нової конструкції Caterpillar HPS показано, що повністю закрита опора може замінювати традиційне відкрите поворотне коло та тягову раму, забезпечуючи більший крутний момент, вищу продуктивність і менші витрати на контроль технічного стану.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

15

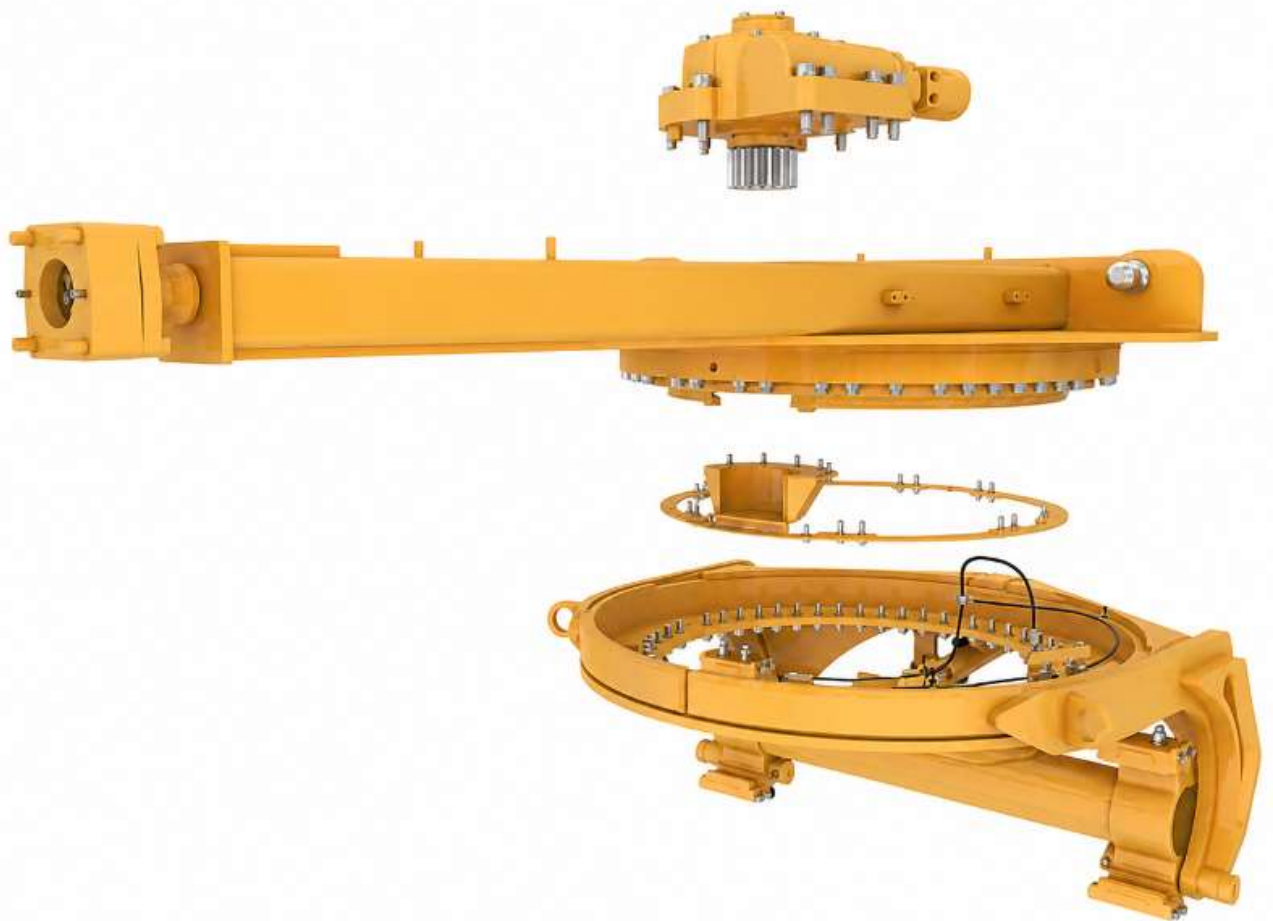


Рисунок 1.8 – Схема вдосконаленого поворотного вузла робочого обладнання автогрейдера

Для автогрейдера середнього типу з шириною відвалу 2,6 м доцільно застосовувати гідравлічне керування положенням відвалу. Гідроциліндри підйому, нахилу та бокового зміщення повинні забезпечувати фіксацію робочого органа у заданому положенні, плавне регулювання та достатній запас зусилля для подолання опору ґрунту. Під час розрахунку гідросистеми необхідно враховувати сили, що виникають на ножі відвалу, плечі прикладання цих сил і умови стійкості машини [20].

Стійкість автогрейдера під час роботи залежить від розташування центра мас, колісної бази, ширини колії, кута повороту відвалу та величини бокової складової опору ґрунту. При значному боковому навантаженні можливе відведення передньої осі, погіршення курсової стійкості або

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

16

пробуксовування коліс. Тому конструкція машини повинна забезпечувати можливість нахилу передніх коліс, використання шарнірно-зчленованої рами або інших засобів компенсації бокових сил [10, 11].

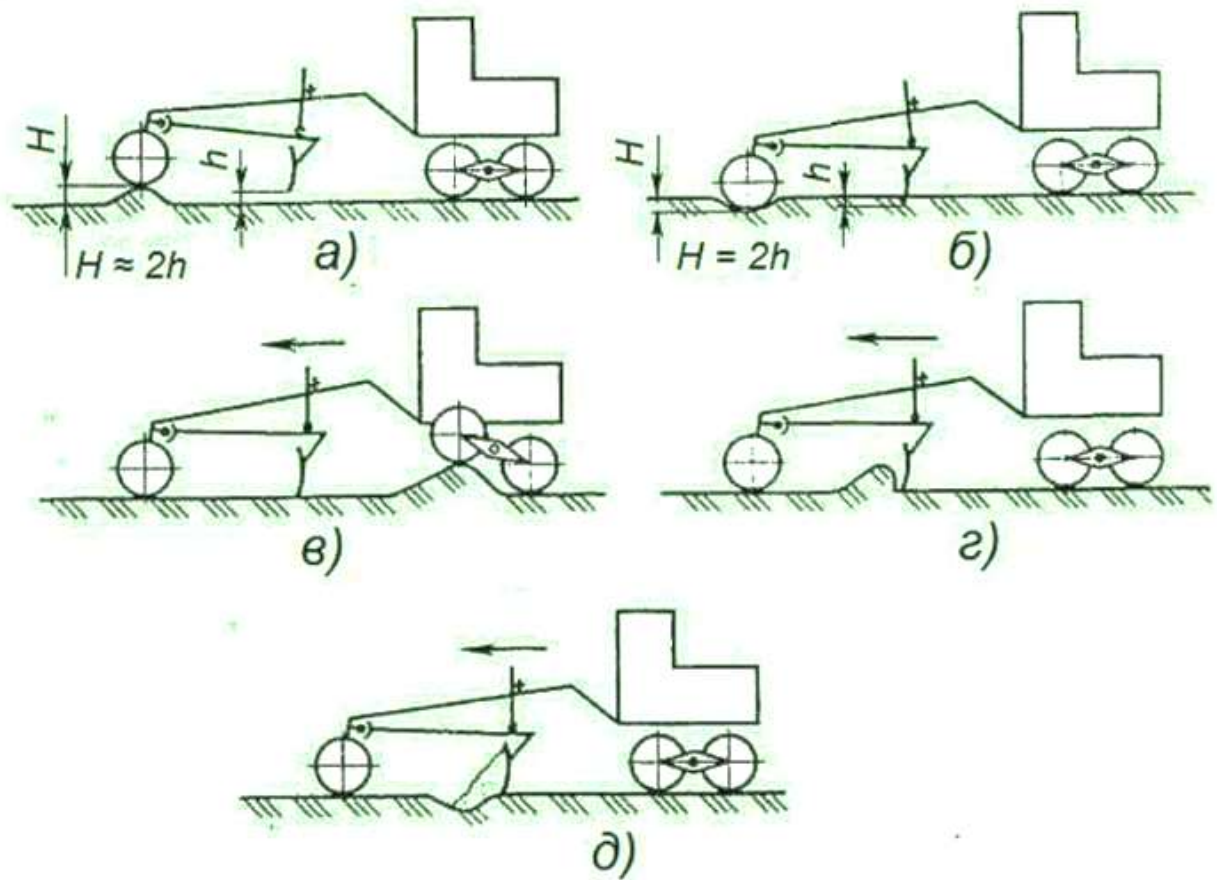


Рисунок 1.9 – Вплив нерівностей опорної поверхні на планувальні властивості автогрейдера

На якість планування значно впливають нерівності опорної поверхні, оскільки переміщення коліс викликає зміну положення рами та робочого органа. Конструктивна схема автогрейдера має зменшувати передачу коротких нерівностей на відвал, що досягається раціональною колісною базою, розміщенням відвалу між осями та використанням балансірної підвіски задніх коліс. Саме цим пояснюється висока ефективність автогрейдера як планувальної машини порівняно з машинами, у яких робочий орган розташований попереду або позаду ходової частини [11, 13, 19].

Кабіна оператора повинна забезпечувати достатню оглядовість, ергономічне розміщення органів керування, захист від шуму та вібрацій, а також безпечні умови праці. Для машин середнього типу важливо зберегти компактні габарити, але не погіршити видимість різальної кромки та бокових зон роботи відвалу. У сучасних автогрейдерів поширюються електронні системи контролю режимів роботи, індикатори положення передач, температури трансмісії та допоміжні системи автоматизованого керування профілем [8, 10, 12].

Додаткове обладнання розширює функціональні можливості автогрейдера. Передній бульдозерний відвал дає змогу виконувати грубе переміщення матеріалу, очищення майданчиків і допоміжні роботи. Кирковик або розпушувач застосовують для руйнування ущільнених ґрунтів, старих щебеневих покриттів і мерзлого матеріалу. Снігоочисне обладнання дозволяє використовувати машину в зимовий період для утримання доріг і територій [12, 17, 19].



Рисунок 1.10 – Автогрейдер із переднім бульдозерним відвалом і боковим положенням основного відвалу

З урахуванням аналізу конструкцій для подальшого розрахунку доцільно прийняти автогрейдер середнього типу з колісною ходовою частиною, основною хребтовою рамою, передньою керованою віссю, заднім ведучим балансирним візком, гідравлічним керуванням робочим обладнанням і грейдерним відвалом шириною 2,6 м. Така схема забезпечує достатню

універсальність, технологічну гнучкість і можливість виконання основних дорожньо-планувальних операцій.

Вибір ширини відвалу 2,6 м є доцільним для машини середнього типу, оскільки дає змогу отримати прийнятну продуктивність без надмірного збільшення навантаження на раму, поворотний механізм і гідропривід. У наступному розділі роботи необхідно виконати розрахунок основних параметрів машини: тягового зусилля, опору різанню, геометрії відвалу, сил у робочому обладнанні та параметрів приводу керування.

Отже, аналіз призначення, класифікації та конструктивних схем автогрейдерів показує, що для розроблення машини середнього типу головну увагу необхідно приділити раціональному вибору параметрів робочого обладнання, забезпеченню міцності поворотного вузла, достатньої стійкості під час дії бокових сил та зручності керування. Саме ці питання є основою для подальших інженерних розрахунків автогрейдера з шириною відвалу 2,6 м.

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

У цьому розділі виконано розрахунок основних параметрів автогрейдера середнього типу з шириною відвала 2,6 м. Розрахунок охоплює визначення маси і геометричних розмірів робочого обладнання, тяговий розрахунок, розрахунок об'ємного гідроприводу, вибір основних гідроапаратів та аналіз технологічних схем виконання робіт. Методика розрахунку ґрунтується на положеннях, наведених у літературних джерелах з будівельної, дорожньої та землерийно-транспортної техніки [2], [4], [11], [12], [16], [20].

2.1 Вихідні дані для проектування автогрейдера

Розрахунок виконується для автогрейдера середнього типу, призначеного для профілювання земляного полотна автомобільних доріг, планування поверхонь, розрівнювання дорожньо-будівельних матеріалів, очищення покриття та виконання допоміжних земляних робіт. Базовим робочим органом прийнято грейдерний відвал шириною 2,6 м, що відповідає заданій темі бакалаврської роботи та дозволяє оцінити основні силові, геометричні й гідравлічні параметри машини [2], [11], [12].

Під час проектування приймається, що автогрейдер працює переважно на ґрунтах II категорії в умовах дорожнього будівництва та експлуатаційного утримання доріг. Розрахунок спрямований на перевірку відповідності тягових можливостей машини опорам, які виникають під час різання, переміщення і розрівнювання ґрунту, а також на вибір параметрів гідроприводу робочого обладнання [3], [4], [13].

2.2 Визначення основних параметрів автогрейдера

Основні параметри автогрейдера мають бути взаємно узгодженими.

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ					Лім.	Лист	Листів	
Розроб.	Шинкаренко									Н		21	
Перев.	Васильєв									Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»			
Керівник													
Н. контр.	Васильєв												
Затв.	Орисенко												

Збільшення маси підвищує тягово-зчіпні властивості, але водночас збільшує навантаження на ходову частину, витрати палива і вартість машини. Зменшення маси покращує маневреність, проте може призвести до недостатнього тягового зусилля при різанні ґрунту. Тому розрахунок виконується з урахуванням реальних умов роботи та заданої ширини відвала.

2.2.1 Маса автогрейдера і розміри відвала

До основних параметрів автогрейдера належать експлуатаційна маса, розподіл ваги за мостами, колісна база, колія передніх і задніх коліс, дорожній просвіт, тип колісної формули, ширина, висота та радіус кривизни відвала, кути його встановлення, величина бічного винесення та можливість заглиблення робочого органа.

Саме ці параметри визначають тягово-зчіпні властивості машини, її стійкість, маневреність і якість планування поверхні [11], [13], [16]. На рисунку 2.1 подано схему сил, що діють на автогрейдер під час виконання робочого процесу.

Оптимальну силу тяжіння автогрейдера визначаємо за заданою площею поперечного перерізу кювету та питомим опором ґрунту різанню. При цьому враховується кількість проходів машини, нерівномірність зрізання стружки під час послідовних проходів, колісна формула та коефіцієнт зчеплення рушіїв із ґрунтом. Такий підхід дає змогу на початковому етапі узгодити масу машини з умовами роботи та запобігти недостатній реалізації тягового зусилля [4], [11].

$$G = \frac{mSk}{\psi \varphi \tilde{n}}, \quad (2.1)$$

де m – коефіцієнт, що враховує нерівномірність перетинів стружки при послідовних проходах; $m = 1,35$;

S – площа перетину трикутного кювету, m^2 ; $S = 0,81$;

k – питомий опір ґрунту різанню, kPa ; $k = 130$;

ψ – коефіцієнт, що враховує колісну формулу автогрейдера; для формули 1х2х3 приймаємо $= 0,75$;

φ_{cy} – коефіцієнт зчеплення коліс із ґрунтом при буксуванні; $\varphi_{cy} = 0,45$;

n – кількість проходів при проєктуванні земляного полотна в нульових відмітках; для ґрунтів II категорії $n = 4$.

$$G = \frac{1,35 \cdot 0,81 \cdot 130}{0,75 \cdot 0,45 \cdot 4} = 105,3. \quad (2.2)$$

Сила тяжіння автогрейдера, що припадає на задній міст, кН:

$$G_2 = (0,7 \dots 0,75) G = 0,7 \cdot 105,3 = 73,7, \quad (2.3)$$

де G – вага автогрейдера, кН; $G = 105,3$.

Сила тяжіння автогрейдера, що припадає на передній міст, кН:

$$G_1 = G - G_2 = 105,3 - 73,7 = 31,6. \quad (2.4)$$

Зчіпна вага автогрейдера, кН, тобто частина ваги машини, що припадає на ведучі колеса:

$$G_{cy} = \psi_1 G = 0,75 \cdot 105,3 = 79, \quad (2.5)$$

де φ_1 – коефіцієнт, який визначається колісною схемою автогрейдера; для схеми 1х2х3 приймаємо $= 0,75$.

Необхідна потужність двигуна в робочому режимі, кВт:

$$N_{p.p} = (N_{пол} + N_{дв} + N_{букс}) / k_1 \eta = (52,7 + 10,5 + 10,5) / 1 \cdot 0,76 = 97, \quad (2.6)$$

де $N_{пол}$ – корисна потужність, кВт:

$$N_{i \hat{r} \ddot{e}} = \frac{GV_{\phi} \psi \varphi_{c\ddot{o}}}{3,6} = \frac{105,3 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 0,6}{3,6} = 52,7, \quad (2.7)$$

де V_{ϕ} – фактична швидкість переміщення машини, км/год; $V_{\phi} = 4$.

$N_{дв}$ – потужність, що витрачається на подолання опору коченню, кВт:

$$N_{дв} = \frac{GV_{\phi} f}{3,6} = \frac{105,3 \cdot 4 \cdot 0,09}{3,6} = 10,5. \quad (2.8)$$

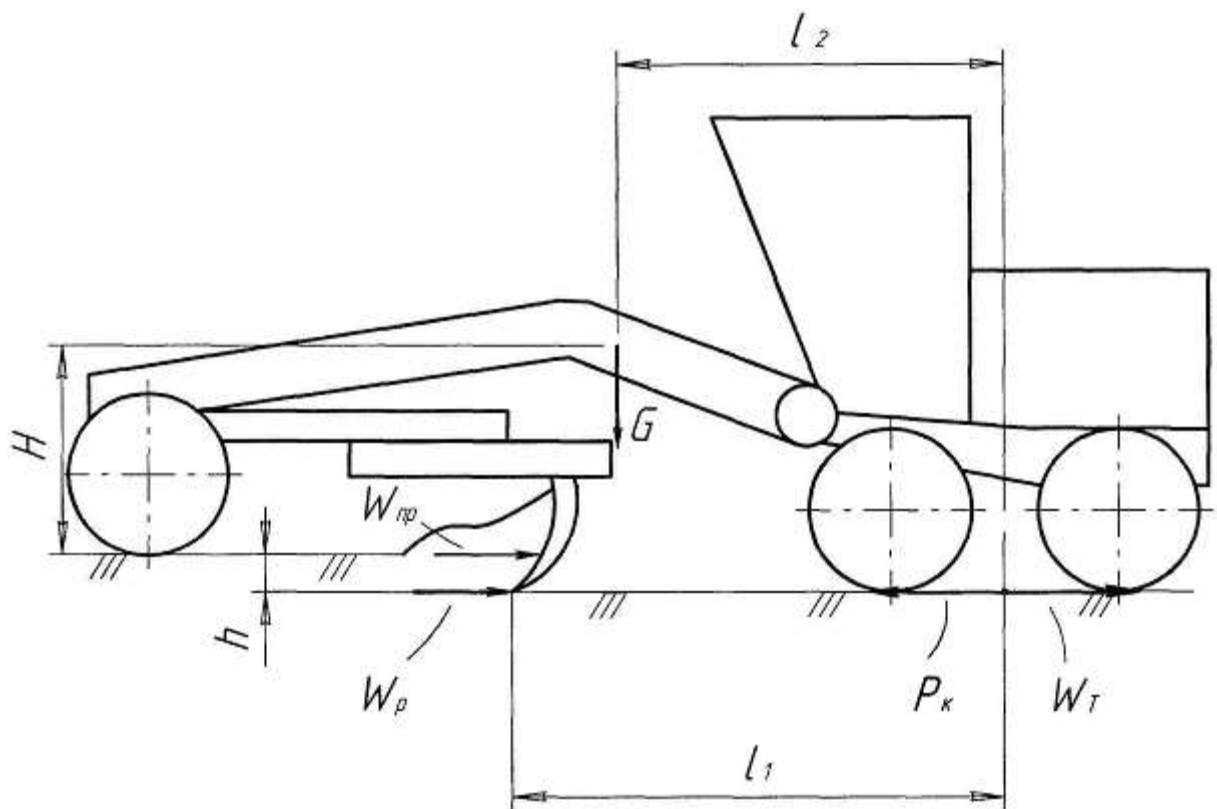


Рисунок 2.1 – Схема зусиль, що діють на автогрейдер

$N_{\text{букс}}$ – потужність, що витрачається на пробуксування коліс, кВт:

$$N_{\text{букс}} = (\varphi_{\text{сц}} + f) \frac{\delta_1}{1 - \delta_1} \frac{GV_{\phi} \psi}{3,6} =$$

$$= (0,45 + 0,09) \frac{0,18}{1 - 0,18} \frac{105,3 \cdot 4 \cdot 0,76}{3,6} = 10,5 \quad (2.9)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення потужності двигуна в умовах несталоного навантаження; $k_1 = 1$;

$\eta = 0,76$ – ККД трансмісії для гідромеханічної трансмісії.

Потужність двигуна для транспортного режиму, кВт:

$$N_{\text{дв}} = \frac{GV_{\text{max}} f}{3,6 \eta} = \frac{105,3 \cdot 40 \cdot 0,04}{3,6 \cdot 0,76} = 61,6 \quad (2.10)$$

де $f = 0,04$ – коефіцієнт опору коченню;

V_{max} – максимальна швидкість руху автогрейдера, км/год.

Із двох отриманих значень потужності для подальшого проєктування приймається більше значення. Такий вибір забезпечує запас потужності як для робочого ходу з навантаженням відвала, так і для транспортного пересування машини без перевантаження двигуна і трансмісії [2], [10], [12].

Для автогрейдера середнього типу важливо, щоб встановлена потужність двигуна забезпечувала не тільки робочий процес різання і переміщення ґрунту, а й роботу допоміжних систем, гідроприводу, рульового керування та пересування машини у транспортному режимі. Тому отримане значення потужності слід розглядати як мінімально необхідне для заданих умов роботи.

Довжина відвала, м:

$$L_{омв} = (0,7...0,76) \cdot \sqrt{m_a} + 1,2 = 0,76 \cdot \sqrt{10,7} + 1,2 = 3,7 \quad (2.11)$$

де m_a – маса автогрейдера, т;

$$m_a = G/g = 105,3/9,81 = 10,7. \quad (2.12)$$

Висота відвала, м:

$$H_{омв} = 0,2L_{омв} - 0,12 = 0,2 \cdot 3,7 - 0,12 = 0,62. \quad (2.13)$$

Радіус кривизни відвала, м:

$$R = H_{омв} / (\cos \psi + \cos \alpha) = 0,62 / (\cos 65^\circ + \cos 50^\circ) = 0,58. \quad (2.14)$$

У поперечному перерізі профіль відвала, як правило, виконується за дугою кола. Така форма забезпечує піднімання, повертання та перекочування зрізаної стружки ґрунту по поверхні відвала. Унаслідок цього ґрунт не лише зрізається ножом, а й переміщується вздовж робочої поверхні, формуючи перед відвалом призму волочіння. Раціональна кривизна відвала зменшує опір переміщенню ґрунту і сприяє рівномірному розподілу навантаження на раму та механізми керування відвалом [11], [13].

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

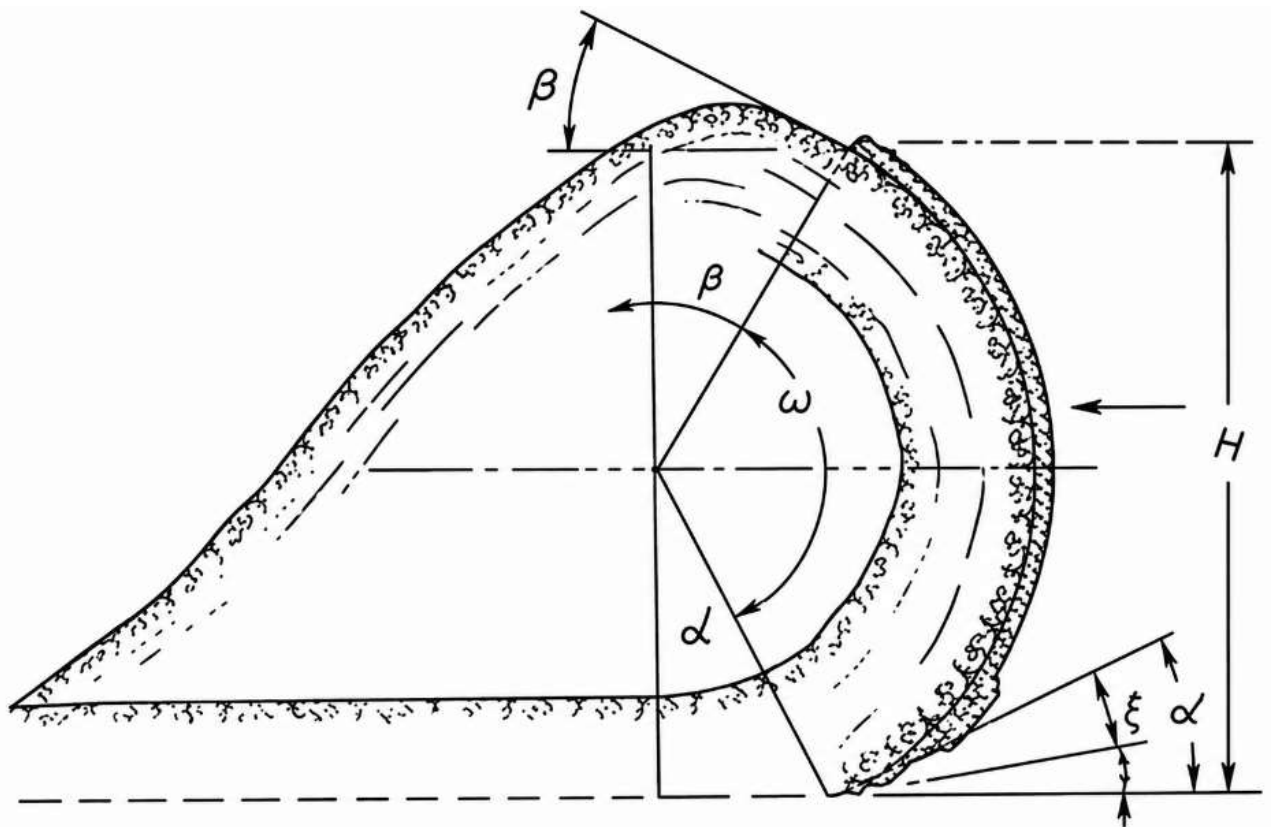


Рисунок 2.2 – Поперечний профіль відвала

Щоб запобігти пересипанню ґрунту через верхню крайку відвала, кут перекидання приймають близьким до 70° . При встановленні робочих кутів необхідно забезпечити поєднання достатнього різального ефекту ножа і плавного переміщення ґрунту по криволінійній поверхні відвала.

База автогрейдера вибирається з умови забезпечення розвороту відвала та необхідної стійкості машини під час планування і профілювання дорожнього полотна (рис. 2.3).

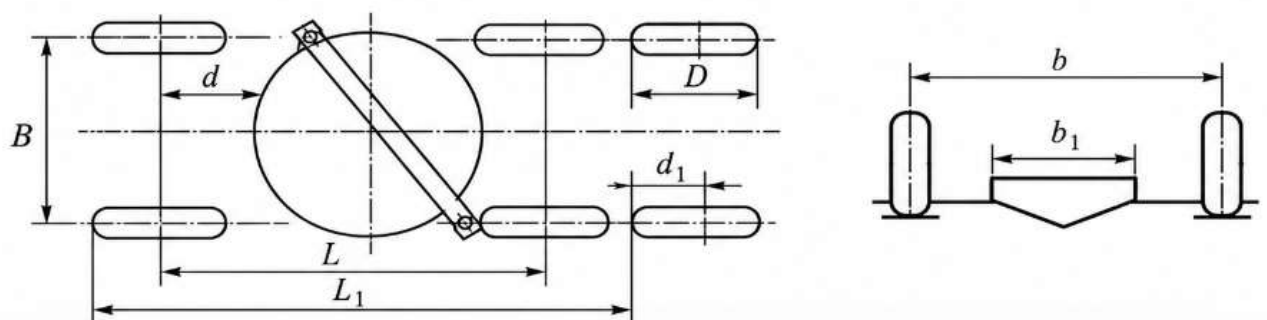


Рисунок 2.3 – Ходовий пристрій автогрейдера

Розміри b і L відв, а також пов'язаний з ними радіус повороту R автогрейдера вибирають так, щоб машина мала достатню маневреність і водночас зберігала стійкість у робочому режимі. Надмірне зменшення бази погіршує поздовжню стійкість, а її збільшення ускладнює роботу на обмежених ділянках. Стійкість руху при вирізуванні стружки з максимальною шириною захоплення забезпечується тоді, коли колеса автогрейдера рухаються по краях забою, не потрапляючи в зону активного руйнування ґрунту [4], [16].

Прийнята ширина відвала 2,6 м є визначальною для вибору габаритів робочого обладнання. Вона впливає на ширину захоплення, продуктивність за один прохід, величину бокового переміщення ґрунту та навантаження на поворотний круг і тягову раму. Для машин середнього типу така ширина забезпечує достатню універсальність при роботі на дорогах місцевого значення, будівельних майданчиках і в комунальному господарстві.

2.2.3 Тяговий розрахунок автогрейдера

Тяговий розрахунок автогрейдера виконують для визначення зусилля, необхідного для подолання сумарного опору робочому руху. Розрахунок охоплює різання ґрунту з максимальною та мінімальною глибиною, переміщення призми волочіння, подолання опору коченню і вплив поздовжнього ухилу шляху. За результатами розрахунку перевіряється, чи може машина реалізувати необхідне тягове зусилля без надмірного буксування коліс [4], [11], [13].

$$T_n \leq T_{зч}. \quad (2.15)$$

$\phi_{зч}$ Сила тяги за зчепленням визначається за зчіпною вагою автогрейдера і коефіцієнтом зчеплення коліс із ґрунтом. Для колісних машин із ведучими колесами коефіцієнт зчеплення залежить від типу ґрунту, стану поверхні, вологості та навантаження на ведучі осі.

$T_n T_{зч}$ Якщо умова тягового балансу не виконується, у розрахунках необхідно обмежувати номінальне тягове зусилля значенням сили тяги за зчепленням. Це дає змогу уникнути завищення розрахункової продуктивності та правильно оцінити фактичні можливості автогрейдера.

Тяговий розрахунок дозволяє визначити допустиму глибину різання в заданих ґрунтових умовах, оцінити можливість транспортування ґрунту з підрізанням стружки мінімальної товщини, а також встановити граничний підйом, який машина може подолати з максимальною призмою волочіння.

$\sum W$ Загальний опір переміщенню автогрейдера в процесі копання ґрунту складається з опору руху машини з урахуванням нахилу шляху W_1 , опору ґрунту різанню W_2 , опору переміщення призми волочіння W_3 та опору переміщення ґрунту по поверхні відвала W_4 :

$$\sum W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = G_a (f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n) + B(\phi_k kh + S \eta_\varsigma) \cdot \sin \gamma + g \delta_p V (tg \rho \sin \gamma + tg \delta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \gamma + tg \delta tg \rho \cos \gamma), \quad (2.16)$$

де f – коефіцієнт опору руху; для ґрунтів I-III категорій для колісного рушія він приймається орієнтовно 0,06...0,08;

α_n – кут поздовжнього нахилу шляху;

ϕ_k – коефіцієнт, що враховує вплив кута різання на питомий опір копанню ґрунту; для кута 35° приймається 0,75...0,78, для 40° - 0,85, для 45° - 1,0, для 50° - 1,35, для 55° - 1,65, для 60° - 1,85, для 65° - 2,20 [4];

k – питомий опір різанню ґрунту незношеним ножом, МПа; при куті різання 45° для ґрунтів II категорії приймається 0,11...0,13 МПа;

h – глибина різання, м;

S – ширина площадки зношення ножа, м, що визначається горизонтальним перерізом через ріжучу крайку ножа;

η_3 – коефіцієнт опору, який залежить від затуплення ножа, МПа [2], [4];

γ_p – щільність розпушеного ґрунту, кг/м³, що визначається як відношення щільності ґрунту в природному стані до коефіцієнта розпушування;

V – об'єм призми ґрунту перед відвалом, м³;

δ, ρ – кути внутрішнього тертя ґрунту, значення яких наведено в таблиці 2.1;

γ – кут захвату відвала;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Об'єм призми волочіння ґрунту розраховується за формулою:

$$V = \frac{B \cdot H^2}{2 \operatorname{tg} \rho} k_{\phi}, \quad (2.17)$$

$$k_{\phi} k_{\phi} = 1 - \frac{H}{B \cdot \operatorname{tg} \rho} \text{ де } - \text{ коефіцієнт форми призми.}$$

$\alpha_n = 0; \alpha_n = 15^\circ; \alpha_n = -15^\circ$ Обчислення за формулою (2.16) виконують для кількох розрахункових положень: на початковому етапі заповнення відвала, коли призма ґрунту ще відсутня ($V = 0$), та на кінцевому етапі, коли відвал заповнений і $V = V_{\max}$. Окремо враховують роботу гострим і зношеним ножом, оскільки стан ріжучої крайки суттєво впливає на опір різанню та енергоємність процесу [10], [11].

Перше розрахункове положення дає можливість визначити максимальну глибину різання гострим та затупленим ножами.

$$h_{\max} = \frac{T - G_{\bar{o}} (f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n)}{\phi_k \cdot k \cdot B \cdot \sin \gamma}; \quad (2.18)$$

$$h_{\max} = \frac{T - G_{\bar{o}} (f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n) - B \cdot S \cdot \eta_3 \sin \alpha}{\phi_k \cdot k \cdot B \cdot \sin \gamma}. \quad (2.19)$$

Таблиця 2.1 - Фізико-механічні властивості ґрунтів

Характеристики ґрунтів	Пісок	Супісок	Суглинок	Глина	Розрахунковий ґрунт
Зчеплення, МПа	---	0...0,02	0,05...0,55	0,05...0,10	0,05
Кут внутрішнього тертя	30-35	25-30	37-40	35-45	40
Кут зовнішнього тертя ґрунту по сталі	20-27	18-25	27-37	30-37	35
Щільність ґрунту в природному стані, кг/м	1600-2000	1500-1700	1400-2000	1700-2000	1800
Коефіцієнт розпушування	1,1	1,18	1,2	1,2	1,3
Коефіцієнт бокового тиску	0,4	0,45...0,55	0,5...0,7	0,7...0,75	0,6
Імовірність розробки ґрунту даного виду бульдозером	0,12	0,24	0,44	0,15	---

У другому розрахунковому положенні визначається мінімальна глибина різання гострим і зношеним ножами:

$$h_{\min} = \frac{T - G(f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n) - g \gamma_p V \operatorname{tg} \delta \left[(\cos^2 \alpha + \operatorname{tg} \rho / \operatorname{tg} \delta) \sin \gamma + \operatorname{tg} \rho \cos \gamma \right]}{\phi_k k B \sin \gamma}, \quad (2.20)$$

$$h_{\min} = \frac{T - G(f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n) - g \gamma_p V \operatorname{tg} \delta \left[\left(\cos^2 \alpha + \frac{\operatorname{tg} \rho}{\operatorname{tg} \delta} \right) \sin \gamma + \operatorname{tg} \rho \cos \gamma \right] - \underline{BS \eta_3 \sin \gamma}}{\phi_k k B \sin \gamma}, \quad (2.21)$$

Мінімальні значення глибини різання, розраховані за залежностями (2.20) та (2.21), повинні бути не меншими за значення h_p , які визначаються з умови компенсації втрат ґрунту з призми в бокові валики під час переміщення ґрунту:

$$h_n = \Delta V / BL, \quad (2.22)$$

Δ де – дослідний коефіцієнт втрат ґрунту; приймається $= 0,005L$;

L – довжина транспортування ґрунту.

$$\begin{aligned} \sum W = & B \left\{ h \left(0,5C + \gamma V_i^2 \frac{\sin \alpha \sin \psi}{\sin(\alpha + \psi)} \right) \left[1 + \frac{\operatorname{ctg} \psi}{\operatorname{tg}(\rho + \varphi)} \right] + 0,5H^2 \gamma_p \cdot \right. \\ & \cdot \left[1 + \left(\frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \rho} + 1 \right) \cos^2 \alpha (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{ctg}(\rho + \varphi)) \right] + \\ & \left. + C_g S^2 \frac{\sin^2 \alpha_3 \sin(\alpha_3 + \psi)}{2 \cos^2(\alpha_3 + \delta)} \right\} \times \\ & \times [\operatorname{ctg}(\rho + \psi) + \operatorname{ctg}(\alpha + \delta)]^{-1} + G_a (f \cos \alpha_n \pm \sin \alpha_n), \end{aligned} \quad (2.23)$$

де C – зчеплення ґрунту;

χ – кут зсуву елемента ґрунту, що відокремлюється від масиву ;

V_m – швидкість руху автогрейдера;

γ, γ_p – щільність ґрунту в природному заляганні та розпушеного;

C_g – коефіцієнт деформації ґрунту;

S – ширина площадки затуплення;

α_3 – кут нахилу площадки затуплення до горизонталі.

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha + \delta + \rho}{2} \quad \text{Кут зсуву визначається залежністю, наведеною у}$$

вихідній методиці розрахунку; інші допоміжні величини визначаються за довідковими залежностями [4], [8].

2.3 Розрахунок об'ємного гідроприводу

Об'ємний гідропривід автогрейдера забезпечує керування положенням відвала, його підйманням, опусканням, поворотом, нахилом і винесенням. Порівняно з механічними приводами гідросистема забезпечує плавність регулювання, можливість дистанційного керування з кабіни машиніста, швидке переналагодження робочого органа та підвищення точності планування [20].

2.3.1 Визначення потужності гідроприводу і насоса

Корисну потужність гідродвигуна зворотно-поступальної дії, тобто гідроциліндра, $N_{гдв}$, кВт, визначають за формулою:

$$N_{гдв} = F \cdot V, \quad (2.24)$$

де F – зусилля на штоку, кН;

V – швидкість руху штока, м/с.

$$N_{гдв} = 100 \cdot 0,3 = 30. \quad (2.25)$$

Корисну потужність насоса $N_{нп}$, кВт, визначають за формулою:

$$N_{нп} = k_{зу} \cdot k_{зс} \cdot N_{гдв}, \quad (2.26)$$

де $k_{зу}$ – коефіцієнт запасу за зусиллям, що враховує гідравлічні втрати тиску в місцевих опорах і по довжині гідроліній, а також втрати потужності на подолання інерційних сил і сил механічного тертя в рухомих опорах;

$k_{зс}$ – коефіцієнт запасу за швидкістю, що враховує витoki робочої рідини та зменшення подачі насоса зі зростанням тиску в гідросистемі.

$$N_{нп} = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 30 = 36,3 \quad (2.27)$$

2.3.2 Вибір насоса

Насос є основним джерелом енергії гідроприводу. Його параметри повинні забезпечувати необхідну подачу робочої рідини та тиск у системі при одночасному збереженні допустимих швидкостей руху штоків гідроциліндрів. При виборі насоса враховують запас за продуктивністю, ККД, частоту обертання вала, умови монтажу і сумісність з іншими елементами гідросистеми.

Подачу насоса Q_n , дм³/с, визначають за формулою:

$$Q_n = N_{нп} / p_{ном} \quad (2.28)$$

де $p_{ном}$ – номінальний тиск, МПа.

$$Q_n = 36,3 / 6,3 = 5,76 \quad (2.29)$$

Робочий об'єм насоса q_n , $\text{дм}^3/\text{об}$, визначають за формулою:

$$q_n = N_{\text{нп}} / (p_{\text{ном}} \cdot n_n) \quad (2.30)$$

де n_n – частота обертання вала насоса, с^{-1} ($n_n = 1500 \text{ об/хв} = 25 \text{ с}^{-1}$).

$$q_n = 36,3 / (6,3 \cdot 25) = 0,23 \quad (2.31)$$

За відповідними значеннями номінального тиску і робочого об'єму приймаємо насос НШ-250-3.

За технічною характеристикою вибраного насоса, наведеною в таблиці 2.2, уточнюємо дійсну подачу насоса $Q_{\text{нд}}$, $\text{дм}^3/\text{с}$, за формулою:

$$Q_{\text{нд}} = q_{\text{нд}} \cdot n_{\text{нд}} \cdot \eta_{\text{ро}} \quad (2.32)$$

де $q_{\text{нд}}$ – дійсний робочий об'єм насоса, $\text{дм}^3/\text{об}$;

$n_{\text{нд}}$ – дійсна частота обертання насоса, с^{-1} ;

– об'ємний ККД насоса.

$$Q_{\text{нд}} = 0,23 \cdot 25 \cdot 0,94 = 5,88 \quad (2.33)$$

2.3.3 Визначення внутрішнього діаметру гідроліній, швидкостей руху рідини

Швидкості руху робочої рідини приймаємо з урахуванням призначення гідроліній. У всмоктувальній лінії швидкість повинна бути найменшою, щоб зменшити втрати тиску і запобігти кавітації насоса. У напірній лінії допускається більша швидкість, оскільки потік перебуває під робочим тиском, а в зливній лінії швидкість обмежується умовами зменшення втрат і нагрівання рідини [20].

Для всмоктуючої гідролінії приймемо $V_{\text{вс}} = 1,2 \text{ м/с}$.

Для зливної гідролінії приймемо $V_{\text{сл}} = 2 \text{ м/с}$.

Для напірної гідролінії приймемо $V_{\text{нап}} = 6,2 \text{ м/с}$.

Розрахункове значення діаметру гідролінії d_p , м, визначається по формулі:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{нд}}}{\pi \cdot V_{\text{ж}}}} \quad (2.34)$$

Для всмоктувальної гідролінії:

$$d_{p.\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 5,88}{3,14 \cdot 1,2}} = 0,079. \quad (2.35)$$

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика вибраного насоса

Параметри	Значення
Робочий об'єм, см ³ /об	250
Тиск на виході, Мпа:	
– номінальне	16
– максимальне	20
Тиск на вході в насос, Мпа:	
– мінімальне	0,08
– максимальне	0,15
Частота обертання валу, об/мин:	
– мінімальна	960
– номінальна	1500
– максимальна	1920
Номінальна споживана потужність, кВт	106,2
ККД насоса	0,85
Об'ємний ККД	0,94
Маса, кг	45,6

За розрахунковим значенням внутрішнього діаметра всмоктувальної гідролінії $d_{p.\text{вс}} = 79$ мм приймаємо трубопровід із дійсним внутрішнім діаметром $d_{\text{вс}} = 80$ мм.

Значення товщини стінки трубопроводу прийємо 4 мм.

Для зливної гідролінії:

$$d_{p.сл} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 5,88}{3,14 \cdot 2}} = 0,061 \quad (2.36)$$

За розрахунковим значенням внутрішнього діаметра зливної гідролінії $d_{p.сл} = 61$ мм приймаємо трубопровід із дійсним внутрішнім діаметром $d_{сл} = 64$ мм.

Значення товщини стінки трубопроводу прийємо 4 мм.

Для напірної гідролінії:

$$d_{p.нап} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 5,88}{3,14 \cdot 6,2}} = 0,035 \quad (2.37)$$

За розрахунковим значенням внутрішнього діаметра напірної гідролінії $d_{p.нап} = 35$ мм приймаємо трубопровід із дійсним внутрішнім діаметром $d_{нап} = 40$ мм.

Значення товщини стінки трубопроводу прийємо 4 мм.

Дійсна швидкість руху рідини $V_{жд}$, м/с, визначається за формулою:

$$V_{жд} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{нд}}{\pi \cdot d^2} \quad (2.38)$$

Для всмоктувальної гідролінії:

$$V_{жд_{вс}} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 5,88}{3,14 \cdot 0,080^2} = 1,17 \quad (2.39)$$

Для зливної гідролінії:

$$V_{жд_{сл}} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 5,88}{3,14 \cdot 0,064^2} = 1,83 \quad (2.40)$$

Для напірної гідролінії:

$$V_{жд_{нап}} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 5,88}{3,14 \cdot 0,040^2} = 4,68 \quad (2.41)$$

2.3.4 Вибір гідроапаратури, кондиціонерів робочої рідини

До складу гідроапаратури автогрейдера входять гідророзподільники, зворотні та запобіжні клапани, дроселі, фільтри, трубопроводи і бак. Їх вибір виконується за робочим тиском, витратою рідини, умовним проходом і функціональним призначенням. Надійність гідроприводу значною мірою залежить від правильно підібраної фільтрації та стабільних властивостей робочої рідини.

Технічну характеристику секційного гідророзподільника Р-40.160-20-02-30.1 наведено в таблиці 2.3 [20].

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика секційного гідророзподільника Р-40.160-20-02-30.1

Параметри	Значення
Номінальний тиск, Мпа	16
Витрата робочої рідини, дм ³ /хвил	360
Максимальне зусилля для переміщення золотника з нейтральної позиції в робочі при номінальному тиску і витраті, Н	500
Кількість всіх секцій, що збираються в одному блоці, не більш	6
Тиск в зливній гідролинії, Мпа, не більш	0,8
Втрати тиску при робочій позиції золотника, Мпа, не більш	0,65
Витоки робочої рідини через зворотний клапан напірної секції при номінальному тиску, см ³ /хвил, не більш	10

Основні параметри зворотного клапана типу 61500 наведено в таблиці 2.4 [20].

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика зворотного клапана 61500

Параметри	Значення
Умовний прохід, мм	40
Номінальна витрата, л/хвил	360
Маса, кг	3,47

Основні параметри запобіжного клапана прямої дії типу K31602 наведено в таблиці 2.5 [20].

Таблиця 2.5 – Технічна характеристика запобіжного клапана прямої дії K31602

Параметр	Значення
Умовний прохід, мм	40
Максимальна витрата, дм ³ /мин	420
Діапазон регулювання тиску, Мпа	8-20
Маса, кг	4,2

Основні параметри дроселів із зворотними клапанами типу 63100 наведено в таблиці 2.6 [20].

Таблиця 2.6 – Технічна характеристика дроселів із зворотними клапанами типу 63100

Параметр	Значення
Умовний прохід, мм	40
Номінальна витрата, дм ³ /мин	360
Максимальний тиск, Мпа	35
Маса, кг	4,0

Технічну характеристику фільтра типу 1.1.64-25 наведено в таблиці 2.7 [20].

Таблиця 2.7 – Технічна характеристика фільтра типу 1.1.64-25

Параметр	Значення
Умовний прохід, мм	64
Номінальна витрата через фільтр, дм ³ /мин	360
Номінальна тонкість фільтрації, мкм	25
Номінальний тиск, Мпа	0,63
Номінальний перепад тиску при номінальній витраті, Мпа, не більш	0,11
Перепад тиску на фільтроелементі при відкритті перепускного клапана, Мпа	0,3
Ресурс роботи фільтра, ч	300
Маса сухого фільтра, кг	20

Як робочу рідину приймаємо ВМГЗ, що забезпечує працездатність гідроприводу в широкому діапазоні температур. Основні характеристики робочої рідини наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічна характеристика робочої рідини ВМГЗ

Параметр	Значення
Щільність при 20°C, кг/м ³	855
В'язкість при 50°C, сСт	10
Температура застигання °C	-60
Температура спалаху °C	135

2.3.5 Розрахунок втрат тиску в гідролініях

Втрати тиску в гідролініях впливають на фактичну швидкість гідроциліндрів, корисне зусилля на штоках і тепловий режим роботи гідросистеми. Для їх оцінювання визначають режим руху рідини за числом Рейнольдса, коефіцієнт гідравлічного тертя, втрати по довжині трубопроводів та втрати в місцевих опорах.

Для гідролінії:

Визначаємо число Рейнольдса Re по формулі

$$Re = \frac{V_{жд} \cdot d}{\nu}, \quad (2.42)$$

де $V_{жд}$ – дійсна швидкість руху рідини в гідролінії, м/с;

d – внутрішній діаметр гідролінії, м;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості робочої рідини, м²/с.

$$Re = \frac{1,17 \cdot 0,08}{0,00001} = 9360. \quad (2.43)$$

Оскільки отримане число Рейнольдса $Re = 9360 > 2320$, той рух рідини у всмоктуючій гідролінії турбулентний.

Визначуваний коефіцієнт путніх втрат λ (коефіцієнт Дарсі) для турбулентного режиму по формулі

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, \quad (2.44)$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{9360^{0,25}} = 0,032. \quad (2.45)$$

Втрати тиску по довжині гідролінії $5p_l$, МПа, (путні) визначаються по формулі

$$\Delta p_l = \lambda \cdot \frac{l \cdot V_{жд}^2}{d \cdot 2} \cdot \rho \cdot 10^{-6}, \quad (2.46)$$

де l – довжина гідролінії, м, для всмоктуючої $l=l_{вс}$, для напірної $l=l_{нап}+l_{исп}$, для зливної $l=l_{сл}+l_{исп}$;

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

39

з – щільність робочої рідини, кг/м³.

$$\Delta p_l = 0,032 \cdot \frac{0,1 \cdot 1,17^2}{0,08 \cdot 2} \cdot 855 \cdot 10^{-6} = 0,000023. \quad (2.47)$$

Втрати тиску в місцевому опорі ζ_{pm} , МПа, визначаються по формулі

$$\Delta p_m = \xi \cdot \frac{V_{жд}^2}{2} \cdot \rho \cdot 10^{-6}, \quad (2.48)$$

де ξ_{pm} – коефіцієнт місцевого опору (для роз'ємної муфти $\alpha=1$).

$$\Delta p_m = 2 \cdot 1 \cdot \frac{1,17^2}{2} \cdot 855 \cdot 10^{-6} = 0,0012. \quad (2.49)$$

Втрати тиску в гідролінії ζ_p , МПа, визначаються по формулі

$$\zeta_p = \zeta_{pl} + \zeta_{pm} \quad (2.50)$$

$$\zeta_{pvc} = 0,000023 + 0,0012 = 0,001223$$

Визначаємо число Рейнольдса для напірної гідролінії по формулі 2.43

$$Re = \frac{4,68 \cdot 0,04}{0,00001} = 18720. \quad (2.51)$$

Оскільки отримане число Рейнольдса $Re = 18720 > 2320$, той рух рідини в напірній гідролінії турбулентний.

Визначуваний коефіцієнт втрат для турбулентного режиму по формулі 2.52:

$$\lambda = \frac{0,3164}{18720^{0,25}} = 0,027. \quad (2.52)$$

Визначаємо втрати тиску по довжині гідролінії ζ_{pl} , Мпа, (путні) по формулі 2.53:

$$\Delta p_l = 0,027 \cdot \frac{(3+3) \cdot 4,68^2}{0,04 \cdot 2} \cdot 855 \cdot 10^{-6} = 0,15. \quad (2.53)$$

Визначаємо втрати тиску в місцевому опорі ζ_{pm} , Мпа, по формулі 3.40, для косинця свердленого коефіцієнт місцевого опору $\alpha=2$

$$\Delta p_m = 2 \cdot 2 \cdot \frac{4,68^2}{2} \cdot 855 \cdot 10^{-6} = 0,037. \quad (2.54)$$

Визначаємо втрати тиску в напірній гідролінії Δp_r , МПа, по формулі 2.55

$$\Delta p_{\text{нап}} = 0,15 + 0,037 = 0,187. \quad (2.55)$$

Визначаємо число Рейнольдса в зливній гідролінії

$$Re = \frac{1,83 \cdot 0,064}{0,00001} = 11712. \quad (2.56)$$

Оскільки отримане число Рейнольдса $Re = 11712 > 2320$, той рух рідини в зливній гідролінії турбулентний.

Визначуваний коефіцієнт втрат для турбулентного

$$\lambda = \frac{0,3164}{11712^{0,25}} = 0,03. \quad (2.57)$$

Визначаємо втрати тиску по довжині гідролінії Δp_l , МПа,

$$\Delta p_l = 0,03 \cdot \frac{(3+2) \cdot 1,83^2}{0,064 \cdot 2} \cdot 855 \cdot 10^{-6} = 0,0034. \quad (2.58)$$

Визначаємо втрати тиску в місцевому опорі Δp_m , МПа, по формулі, для штуцера приєднувального коефіцієнт місцевого опору $\alpha = 0,1$

$$\Delta p_m = 4 \cdot 0,1 \cdot \frac{1,83^2}{2} \cdot 855 \cdot 10^{-6} = 0,00057 \quad (2.59)$$

Визначаємо втрати тиску в зливній гідролінії Δp_r , МПа, по формулі

$$\Delta p_{\text{сл}} = 0,0034 + 0,00057 = 0,00397 \quad (2.60)$$

2.3.6 Розрахунок гідроциліндрів

Гідроциліндри механізмів керування відвалом повинні забезпечувати необхідні зусилля при заданій швидкості переміщення штока. Їх розрахунок виконується за умовою забезпечення зусилля, а також за умовою продуктивності гідросистеми. Після визначення розрахункових діаметрів

виконують вибір стандартного гідроциліндра і перевірку фактичних параметрів.

Для розрахунку гідроциліндра використовуємо розрахункову схему силової взаємодії штока з механізмом керування робочим органом.

Прийmemo коефіцієнт $\phi = \frac{d}{D} = 0,5$.

Визначуваний діаметр поршня D_1 , м, з умови забезпечення заданого зусилля F по формулі:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \left((p_{\text{ном}} - \Delta p_{\text{нап}}) - (1 - \phi^2) \cdot \Delta p_{\text{сл}} \right)}}, \quad (2.61)$$

де F – зусилля на штоку, Н.

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 100000}{3,14 \cdot \left((6,3 \cdot 10^6 - 0,187 \cdot 10^6) - (1 - 0,5^2) \cdot 0,00397 \cdot 10^6 \right)}} = 0,144 \quad (2.62)$$

Визначуваний діаметр штока d_1 , м, по формулі:

$$d_1 = D_1 \cdot \phi, \quad (2.63)$$

$$d_1 = 0,144 \cdot 0,5 = 0,072 \quad (2.64)$$

Визначуваний діаметр поршня D_2 , м, з умови забезпечення заданої швидкості руху штока V по формулі:

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{нд}}}{\pi \cdot V}}, \quad (2.65)$$

де V – швидкість руху штока, м/с.

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00588}{3,14 \cdot 0,3}} = 0,158. \quad (2.66)$$

Визначуваний діаметр штока d_2 , м, по формулі:

$$d_2 = D_2 \cdot \phi, \quad (2.67)$$

$$d_2 = 0,158 \cdot 0,5 = 0,079. \quad (2.68)$$

Знаходимо середнє значення діаметру поршня D, м, по формулі:

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2}, \quad (2.69)$$

$$D = \frac{0,144 + 0,158}{2} = 0,151. \quad (2.70)$$

Знаходимо середнє значення діаметру штока d, м, по формулі:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}, \quad (2.71)$$

$$d = \frac{0,072 + 0,079}{2} = 0,0755 \quad (2.72)$$

Приймаємо гідроциліндр 1.10.0.Y1-160x70x400 з характеристиками, наведеними в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічна характеристика гідроциліндра 1.10.0.Y1-160x70x400

Параметр	Значення
Діаметр поршня D, мм	160
Діаметр штока d, мм	70
Хід штока L, мм	400

За вибраними стандартними значеннями діаметрів поршня D і штока d визначаємо дійсне зусилля F_д, Н, що розвивається гідроциліндром, за формулою:

$$F_{\text{д}} = p_1 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} - p_2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2), \quad (2.73)$$

де p₂ – тиск в штоковій порожнині, Па (p₂ = n рсл);

p₁ – тиск в поршневій порожнині, Па, визначається по формулі

$$p_1 = p_{\text{ном}} - H_{\text{рнал}}, \quad (2.74)$$

$$p_1 = 6,3 \cdot 10^6 - 0,187 \cdot 10^6 = 6,113 \cdot 10^6. \quad (2.75)$$

$$F_{\partial} = 6,113 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} - 0,00397 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (0,16^2 - 0,07^2) = 122845 \quad (2.76)$$

За вибраними стандартними значеннями діаметрів поршня D і штока d визначаємо дійсну швидкість V_d , м/с, за формулою:

$$V_{\partial} = \frac{Q_{нд}}{S_{эф}}, \quad (2.77)$$

де $S_{эф}$ – ефективна площа поршня, м², визначається по формулі:

$$S_{эф} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2.78)$$

$$S_{эф} = \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} = 0,02, \quad (2.79)$$

$$V_d = \frac{0,00588}{0,02} = 0,294 \quad (2.80)$$

Порівнюємо дійсні і задані параметри по відносних величинах:

$$\delta_v = \frac{V - V_{\partial}}{V} \cdot 100\%, \quad (2.81)$$

де V – задана швидкість штока, м/с.

$$\delta_v = \frac{0,3 - 0,294}{0,3} \cdot 100\% = 20\% \quad (2.82)$$

Отримане відхилення дійсного значення швидкості від заданого перевищує $\pm 10\%$, тому під час остаточного компонування гідросистеми необхідно передбачити регулювання подачі або уточнення робочого об'єму насоса.

$$\delta_F = \frac{F - F_{\partial}}{F} \cdot 100\%, \quad (2.83)$$

$$\delta_F = \frac{100000 - 122845}{100000} \cdot 100\% = -22,8\% \quad (2.84)$$

Отримане відхилення дійсного значення зусилля від заданого перевищує $\pm 10\%$, що потребує перевірки прийнятого тиску, діаметра поршня або умов роботи механізму підймання відвала.

2.3.7 Тепловий розрахунок гідроприводу

Під час роботи частина енергії гідроприводу перетворюється на тепло внаслідок гідравлічних втрат, механічного тертя, дроселювання та витоків. Тепловий розрахунок необхідний для перевірки, чи може гідробак і поверхня трубопроводів відвести тепло без перегрівання робочої рідини.

Гідравлічний ККД гідроприводу визначаємо за формулою:

$$\eta_z = \frac{p_{\text{ном}} - (\Delta p_{\text{нап}} + \Delta p_{\text{сл}} + \Delta p_{\text{вс}})}{p_{\text{ном}}}, \quad (2.85)$$

$$\eta_z = \frac{6,3 - (0,187 + 0,00397 + 0,001223)}{6,3} = 0,97 \quad (2.86)$$

Гідромеханічний ККД насоса визначаємо за формулою:

$$\eta_{\text{гмн}} = \frac{\eta_n}{\eta_{\text{обн}}}, \quad (2.87)$$

де η_n – повний ККД насоса;

$\eta_{\text{обн}}$ – об'ємний ККД насоса.

$$\eta_{\text{гмн}} = \frac{0,85}{0,94} = 0,9 \quad (2.88)$$

Гідромеханічний ККД приводу визначаємо за формулою:

$$\eta_{\text{гм}} = \eta_{\text{гмн}} \cdot \eta_{\text{гмгц}} \cdot \eta_{\text{г}} \quad (2.89)$$

де $\eta_{\text{гмгц}}$ – гідромеханічний ККД гідроциліндра.

$$\eta_{\text{гм}} = 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,97 = 0,83 \quad (2.90)$$

Кількість тепла $Q_{\text{від}}$, що виділяється під час роботи гідроприводу, Вт, визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{від}} = \frac{p_{\text{ном}} \cdot Q_{\text{нд}}}{\eta_{\text{н}}} \cdot (1 - \eta_{\text{гм}}) \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{д}}, \quad (2.91)$$

$\eta_{\text{де}}$ – гідромеханічний ККД гідроприводу;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт тривалості роботи гідроприводу ($k_{\text{в}} = 0,5$);

$k_{\text{д}}$ – коефіцієнт використання номінального тиску ($k_{\text{д}} = 0,7$).

$$Q_{\text{від}} = \frac{6,3 \cdot 10^6 \cdot 0,00588}{0,85} \cdot (1 - 0,83) \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 2593 \quad (2.92)$$

Кількість тепла $Q_{\text{відв}}$, Вт, що відводиться за одиницю часу від поверхонь металевих трубопроводів і гідробака при сталій температурі рідини, визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{отв}} = k_{\text{тп}} \cdot (t_{\text{ж}} - t_0) \cdot \sum_{i=1}^3 S_{\text{гi}} + k_{\text{тп}} \cdot (t_{\text{ж}} - t_0) \cdot S_{\text{б}}, \quad (2.93)$$

де $k_{\text{тп}}$ – коефіцієнт теплопередачі від робочої рідини в навколишнє повітря, Вт/м²град; $k_{\text{тп}} = 12$;

$t_{\text{ж}}$ – стала температура робочої рідини °С;

t_0 – температура навколишнього повітря °С;

$S_{\text{б}}$ – площа поверхні гідробака, м²;

$\sum_{i=1}^3 S_{\text{гi}}$ – сумарна площа зовнішньої тепловідвідної поверхні трубопроводів, м², яка визначається за формулою:

$$\sum_{i=1}^3 S_{\text{гi}} = S_{\text{вс}} + S_{\text{нап}} + S_{\text{сл}}, \quad (2.94)$$

де $S_{\text{нап}}$, $S_{\text{вс}}$, $S_{\text{сл}}$ – площі зовнішньої поверхні трубопроводів напірної, всмоктувальної та зливної ліній відповідно, м², які визначаються за формулою:

$$S_{\text{гi}} = \pi \cdot (d_i + 2 \cdot \delta_i) \cdot l_i, \quad (2.95)$$

де d_i – внутрішній діаметр i -го трубопроводу, м;

δ_i – товщина стінки i -го трубопроводу, м;

l_i – довжина i -го трубопроводу, м.

$$S_{\text{вс}} = 3,14 \cdot (0,08 + 2 \cdot 0,004) \cdot 0,1 = 0,028, \quad (2.96)$$

$$S_{\text{нап}} = 3,14 \cdot (0,04 + 2 \cdot 0,004) \cdot 6 = 0,905, \quad (2.97)$$

$$S_{\text{сл}} = 3,14 \cdot (0,064 + 2 \cdot 0,004) \cdot 5 = 1,131, \quad (2.98)$$

$$\sum_{i=1}^3 S_{\text{ri}} = 0,028 + 0,905 + 1,131 = 2,064, \quad (2.99)$$

$$Q_{\text{отв}} = 12 \cdot (70 - 30) \cdot 2,064 + 12 \cdot (70 - 30) \cdot S_{\bar{\sigma}} = 990,72 + 480 \cdot S_{\bar{\sigma}} \quad (2.100)$$

Згідно з рівнянням теплового балансу $Q_{\text{вид}} = Q_{\text{відв}}$, тоді:

$$S_{\bar{\sigma}} = \frac{Q_{\text{вид}} - 990,72}{480} = \frac{2593 - 990,72}{480} = 3,34 \quad (2.111)$$

Об'єм гідробака V , дм³, визначається по формулі:

$$V = \sqrt{\left(\frac{S_{\bar{\sigma}}}{0,065}\right)^3}, \quad (2.112)$$

$$V = \sqrt{\left(\frac{3,34}{0,065}\right)^3} = 368 \quad (2.113)$$

Хвилинна подача насоса $Q_{\text{нд}} = 352,8$ дм³/хв.

Оскільки об'єм гідробака $V < 3Q_{\text{нд}}$ ($368 < 1058,4$), установлення додаткового теплообмінника не потрібне. Прийнятий об'єм бака забезпечує достатній запас робочої рідини для охолодження, деаерації та компенсації змін рівня під час роботи гідроциліндрів.

2.4 Проведення робіт автогрейдером

Ефективність автогрейдера визначається не лише його конструктивними параметрами, а й правильною організацією технологічного процесу. Вибір схеми руху, глибини різання, кута встановлення відвала та кількості проходів

безпосередньо впливає на продуктивність, якість профілювання і витрати палива [1], [3], [12].

Перед початком роботи машиніст автогрейдера разом з майстром або виконробом повинен ознайомитися з рельєфом місцевості, категорією та вологістю ґрунтів, обсягами майбутніх робіт і проєктними відмітками. Окремо перевіряється наявність підземних комунікацій, кабелів і трубопроводів, оскільки робота відвалом та киркувальником може становити небезпеку їх пошкодження. Підготовка робочої ділянки дає змогу вибрати раціональну схему проходів, використати природні ухили місцевості та зменшити кількість холостих переміщень [1], [3], [12].

Робочий цикл автогрейдера під час виконання земляних операцій включає зарізання ґрунту, набір ґрунту перед відвалом, його переміщення до місця укладання, розвантаження і розрівнювання, а також холостий хід для повернення у вихідне положення. На початку зарізання відвал заглиблюють на найбільшу допустиму величину, а в міру накопичення призми ґрунту глибину різання поступово зменшують. У цьому випадку формується клиноподібна стружка, що є найбільш продуктивною для більшості дорожньо-будівельних робіт.

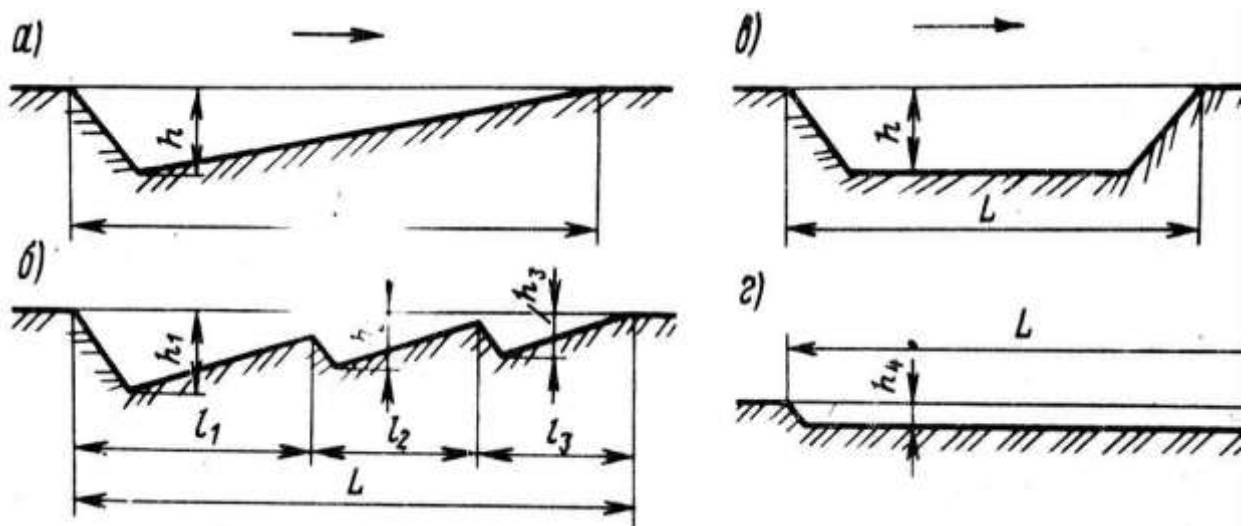


Рисунок 2.4 – Форми стружок ґрунту, що зрізаються автогрейдером, при роботі в різних умовах

Для автогрейдерів іншого тягового класу розміри стружок відповідно коригуються: для легших машин вони зменшуються, а для машин з більшою тяговою силою можуть бути збільшені. При цьому необхідно контролювати буксування коліс і не допускати перевантаження двигуна та трансмісії.

На легких ґрунтах, коли тягові можливості машини використовуються не повністю, ґрунт доцільно розробляти при постійній максимальній глибині стружки. У такому разі утворюється стрічкова стружка, а довжина ділянки зарізання і час набору ґрунту перед відвалом є мінімальними. Такий спосіб також застосовують при знятті рослинного шару товщиною 10-15 см.

Найбільш продуктивним є зарізання з утворенням клиноподібної стружки. Однак у твердих, пересохлих або ущільнених ґрунтах ніж відвала може недостатньо заглиблюватися, тому застосовують гребінчасту схему зарізання з кількома повторними заглибленнями. Це дозволяє поступово руйнувати масив ґрунту і підтримувати роботу двигуна в допустимому режимі.

За можливості ґрунти слід розробляти під ухил, оскільки при цьому збільшується ефективна сила тяги машини, зменшується опір переміщенню ґрунту і зростає об'єм матеріалу, що утримується перед відвалом. Робота на підйом, навпаки, знижує тягові можливості автогрейдера і призводить до зменшення продуктивності.

Під час руху під ухил можна застосовувати потужнішу стрічкову або клиноподібну стружку за дещо меншої швидкості робочого ходу. Це скорочує шлях зарізання і час набору ґрунту. На коротких ділянках автогрейдер може рухатися при зарізанні зверху вниз, а повертатися у вихідне положення заднім ходом без розвороту.

У середньому на операцію зарізання і набору ґрунту витрачається 12-18 с. Для ґрунтів II-III категорій доцільно використовувати ступінчастий спосіб зарізання з утворенням гребінчастої стружки. Для підвищення продуктивності машиніст повинен максимально використовувати довжину ножа відвала, не допускаючи нерівномірного навантаження на одну його частину.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

49

Переміщення ґрунту до місця укладання починають одразу після завершення набору призми перед відвалом. Зазвичай цю операцію виконують на II-III передачах. Під час переміщення частина ґрунту обсипається з країв відвала, тому для зменшення втрат застосовують рух по траншеї в ґрунті або по траншеї, утвореній боковими валиками після попередніх проходів.

Траншейний спосіб полягає у виконанні кількох проходів по одному й тому самому сліду. У результаті утворюється траншея завглибшки 0,30-0,60 м із боковими валиками заввишки 0,20-0,30 м. Переміщення ґрунту по такій траншеї зменшує бокові втрати і дає змогу збільшити об'єм ґрунту, що транспортується за один прохід, у середньому на 20 %.

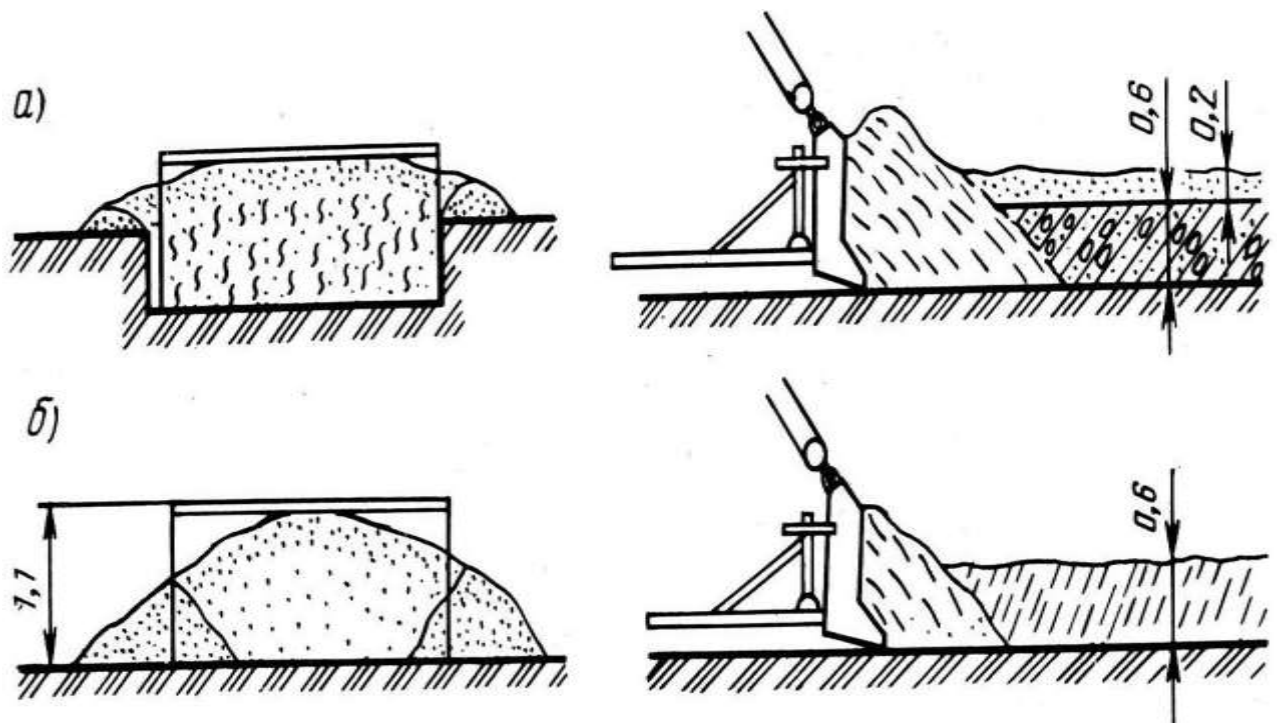


Рисунок 2.5 – Схеми переміщення ґрунту автогрейдером і по траншеях

Для зменшення втрат ґрунту відвал може обладнуватися боковими крильцями або козирками. Такі елементи збільшують об'єм призми волочіння та можуть підвищити продуктивність приблизно в 1,25-1,5 рази. Недоліком є

зниження маневреності, тому подібні пристрої доцільні переважно на відкритих майданчиках і при планувальних роботах.

Для підвищення продуктивності на значних обсягах робіт може застосовуватися спарена робота двох автогрейдерів. Такий спосіб потребує високої узгодженості дій машиністів, однакової швидкості руху та стабільного інтервалу між відвалами.

Під час спареної роботи автогрейдери встановлюють поруч з інтервалом між внутрішніми краями відвалів 0,25-0,5 м залежно від виду ґрунту. Для ґрунтів I-II категорії інтервал приймають ближчим до 0,25 м, а для зв'язних і грудкуватих ґрунтів III-IV категорії він може бути збільшений до 0,5 м. Втрати ґрунту при цьому зменшуються майже вдвічі.

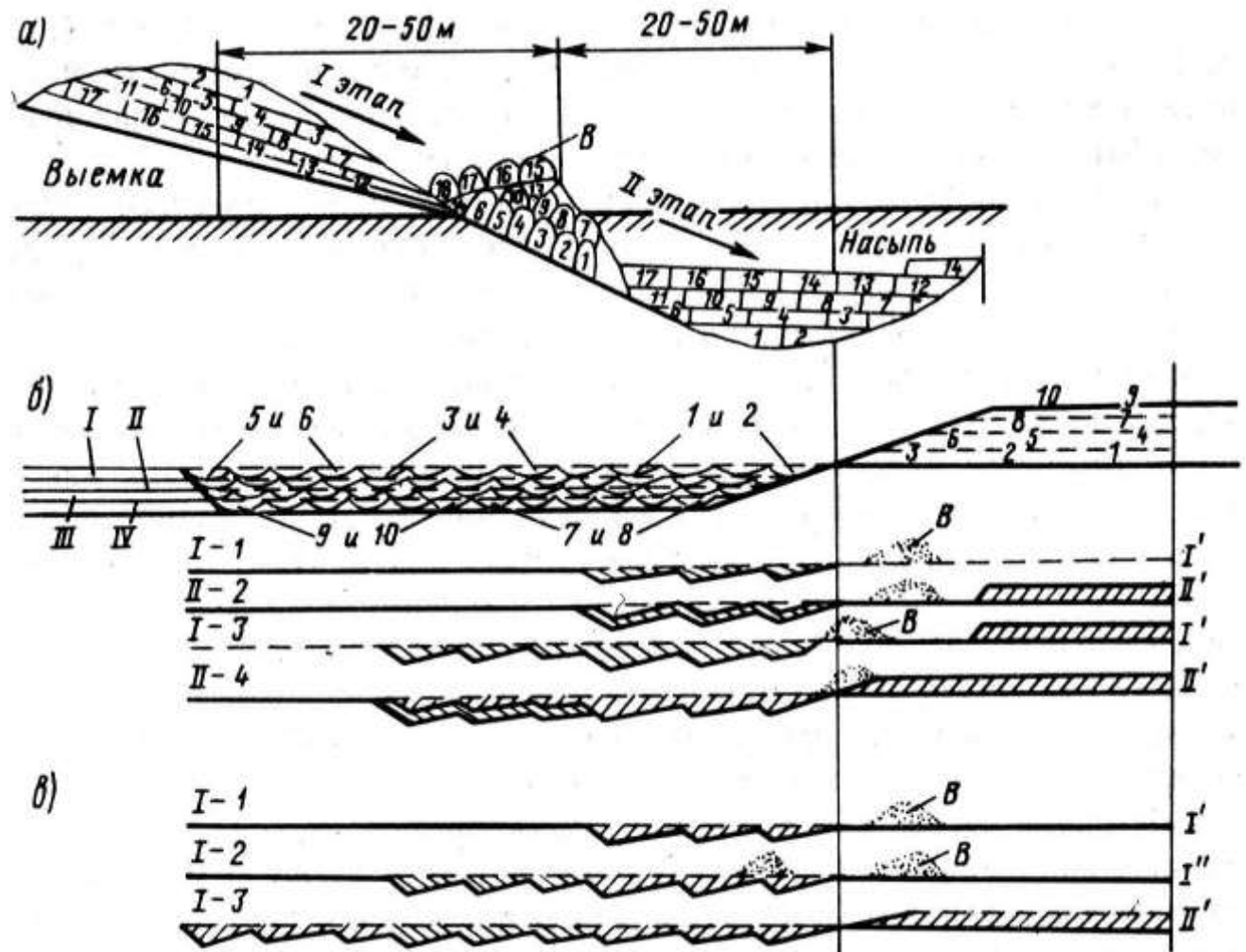
Також застосовують переміщення ґрунту у два етапи. Спочатку ґрунт переміщують приблизно до половини шляху і залишають у проміжному валі, а після накопичення достатнього об'єму автогрейдер переміщує його до місця остаточного укладання. Така схема зменшує втрати матеріалу на довгих ділянках і може підвищити продуктивність до 10 %.

Подібний ефект забезпечує переміщення ґрунту з одним або двома проміжними валами. При першому проході ґрунт переміщують на частину загальної довжини транспортування, а під час наступних проходів відвал захоплює раніше залишений вал і переміщує його далі до місця укладання.

При другому та наступних зарізах ґрунт, набраний перед відвалом, переміщується до місця укладання разом із матеріалом, залишеним після попередніх проходів. Така організація робіт зменшує втрати і забезпечує більш рівномірне формування насипу або планувального шару.

Під час укладання ґрунту відвал піднімають на 15-20 см, і ґрунт відсипається рівним шаром. Такий спосіб називають укладанням шаром «від себе». Після відсипання шар попередньо ущільнюється проходами машини, а остаточне ущільнення виконують котками або трамбувальними засобами.

Інший спосіб - укладання шаром «на себе». У цьому випадку після доставки ґрунту машиніст піднімає відвал, просувається вперед на 1,0-1,5 м, зупиняє машину, опускає відвал і рухом заднім ходом розрівнює ґрунт тильною стороною відвала.



а – переміщення в два етапи; б – переміщення з одним проміжним валом;
в – переміщення з двома проміжними валами;

Рисунок 2.6 – Схеми переміщення ґрунту автогрейдером у декілька етапів

Можливе також укладання ґрунту окремими купами, у напівпритиск або впритиск. При укладанні окремими купами їх розміщують так, щоб підосви укосів стикалися між собою. При укладанні у напівпритиск наступні купи

частково насувають на попередні, а при укладанні впритиск відстань між вершинами куп зменшують до 0,5-0,75 їх висоти.

Після розрівнювання куп отримують шари різної товщини: при окремому укладанні - близько 0,25-0,30 м, при укладанні у напівпритиск - 0,40-0,60 м, при укладанні впритиск - до 0,60-0,80 м. Вибір способу залежить від необхідної товщини шару та умов подальшого ущільнення.

Після звільнення відвала від ґрунту машиніст виконує холостий хід і повертає автогрейдер у вихідне положення. Якщо дальність переміщення ґрунту перевищує 50 м і є достатній фронт робіт, повернення доцільно виконувати переднім ходом з розворотом. При менших відстанях ефективним є повернення заднім ходом без розвороту.

До основних схем виконання робіт автогрейдером належать пряма і бічна розробка ґрунту, розробка ступенями, зрізання горбів і нерівностей, засипання ярів, траншей і пазух, планування майданчиків, оброблення укосів, зведення насипів та влаштування каналів при поперечному переміщенні ґрунту [1], [3], [12].

При прямій розробці автогрейдер рухається по прямій, зрізає ґрунт і переміщує його до місця відсипання, після чого з піднятим відвалом повертається у вихідне положення. Найбільш ефективною така схема є при переміщенні ґрунту на відстань 15-25 м.

При бічній розробці автогрейдер спочатку зрізає ґрунт і накопичує його перед відвалом, а потім зміщує матеріал праворуч або ліворуч до місця відсипання. Ця схема застосовується при зрізанні підвищень, засипанні западин, плануванні майданчиків і траншей.

При розробці ґрунту ступенями автогрейдер послідовно працює з кількох позицій, зрізаючи ґрунт і переміщуючи його в насип. Повернення у вихідне положення виконується заднім ходом, що зменшує втрати часу на розвороти.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

53

Така схема найбільш поширена при зведенні невисоких насипів, коли необхідно поступово нарощувати профіль земляного полотна і забезпечувати рівномірний розподіл ґрунту по ширині.

При зрізанні горбів, окремих підвищень і нерівностей доцільно використовувати рух під ухил. Загальна висота зрізання може досягати 3 м і більше, а ухил, по якому рухається машина під час зарізання, може становити до 30° за умови забезпечення стійкості.

Засипання ярів, ям і траншей часто поєднують зі зрізанням прилеглих підвищень. Така організація робіт дозволяє скоротити дальність переміщення ґрунту і раціонально використати місцевий матеріал.

При планувальних роботах проходи автогрейдера повинні перекривати один одного в середньому на 0,5 м. Машиніст має постійно регулювати положення відвала, зрізаючи підвищення та заповнюючи пониження зрізаним ґрунтом.

Планована поверхня може бути горизонтальною або мати заданий поздовжній чи поперечний ухил. Для отримання рівної поверхні необхідно уникати різких змін заглиблення відвала, оскільки це призводить до хвилястості покриття.

Чистове планування виконують при малому заглибленні ножа або у «плаваючому» положенні гідросистеми. Для планування укосів автогрейдер може обладнуватися укісником; поперечні проходи під ухил застосовують для укосів крутизною до 35°.

Зрізання укосів у глибоких виїмках виконують у два прийоми: спочатку зрізають ґрунт при русі під ухил, переміщуючи його у виїмку, а потім переміщують зрізаний ґрунт у насип або під укіс насипу. Для запобігання сповзанню машини ухил руху не повинен перевищувати 25°.

При влаштуванні каналів із поперечним переміщенням ґрунту ніж відвала зрізає ґрунт по всій ширині каналу і переміщує його на протилежну брівку. Повернення у вихідне положення зазвичай виконується заднім ходом.

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		54

Такий спосіб застосовують для каналів невеликої ширини завглибшки до 2,0 м і з крутизною укосів не більше 20°. Остаточне доведення профілю виконують укісниками або повторними планувальними проходами.

Положення робочих органів автогрейдера істотно впливає на зусилля різання, швидкість робочого ходу, якість планування і навантаження на гідропривід. Основними регульованими параметрами є кут різання, кут положення відвала в плані та кут нахилу відвала.

Кут різання ґрунту - це кут між передньою гранню відвала і площиною різання, що збігається з траєкторією руху ріжучої крайки ножа. Для легких ґрунтів відвал доцільно встановлювати з кутом різання 60-65°, а для важких - 52-57°. Зміна кута різання здійснюється механічними або гідравлічними пристроями.

Кут положення відвала в плані - це кут між віссю руху автогрейдера і площиною відвала. Його зміна забезпечує можливість поперечного переміщення ґрунту, формування валиків і профілювання дорожнього полотна. У машинах з гідравлічним приводом регулювання виконується з кабіни машиніста.

Кут положення відвала в плані вибирають відповідно до характеру робіт: при переміщенні ґрунту приймають близько 90°, при розрівнюванні - 120°, при засипанні траншей, канав та інших заглиблень - 135°.

Кут нахилу відвала - це кут між площиною руху ріжучої крайки ножів і площиною руху автогрейдера. Надмірний нахил небажаний, оскільки спричиняє нерівномірний розподіл зусиль різання і може відводити машину вбік. На важких та зв'язних ґрунтах приймають нахил 4-8°, а при роботі на узгір'ях і нерівностях - близько 4°.

Необхідно систематично контролювати стан ножів відвала. Робота затупленими ножами збільшує питомий опір різанню, підвищує витрати палива, прискорює зношування елементів робочого обладнання та знижує якість планування поверхні.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

55

За результатами виконаного розділу визначено основні параметри автогрейдера середнього типу з шириною відвала 2,6 м, розглянуто тягові умови його роботи, підібрано елементи гідроприводу та проаналізовано технологічні прийоми виконання земляних і планувальних операцій. Прийняті розрахункові параметри забезпечують можливість подальшого конструкторського опрацювання робочого обладнання, рами, механізмів керування та елементів гідросистеми.

					<i>ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		56

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС БУЛЬДОЗЕРНОГО ВІДВАЛУ АВТОГРЕЙДЕРА

3.1 Призначення та аналіз конструкції бульдозерного відвалу автогрейдера

Бульдозерний відвал автогрейдера є навісним робочим органом, призначеним для переміщення ґрунту, щебеню, снігу та інших сипких матеріалів у поздовжньому напрямку руху машини. На відміну від основного грейдерного відвалу, який переважно виконує планування, профілювання і поперечне переміщення матеріалу, бульдозерний відвал працює як силовий штовхальний орган і сприймає значні ударні та згинальні навантаження.

Конструктивно відвал складається з листової робочої поверхні, кронштейнів кріплення, провущин, підсилювальних планок та верхнього кутника. Зварна конструкція повинна забезпечувати достатню жорсткість, збереження геометричної форми після зварювання, надійність кріплення до тягової рами автогрейдера та стійкість до абразивного зношування під час контакту з дорожнім матеріалом.

Відповідно до наданого складального креслення габаритна довжина листової частини відвалу становить 2470 мм, висота по правому краю – 930 мм. У перерізі А-А робоча поверхня має криволінійний профіль, що полегшує підрізання та переміщення матеріалу перед відвалом. Основні зварні з'єднання виконуються кутовими швами, а розміри для довідок приймаються за кресленням виробу.

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС БУЛЬДОЗЕРНОГО ВІДВАЛУ АВТОГРЕЙДЕРА		
Розроб.	Шинкаренко						
Перев.	Рогозін						
Керівник	Васильєв						
Н. контр.	Васильєв						
Затв.	Орисенко						
					Літ.	Лист	Листів
					Н	57	
					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

Основною деталлю відвалу є лист, який формує робочу поверхню. Він працює в умовах контакту з ґрунтом та дорожнім матеріалом, тому до нього висуваються вимоги щодо міцності, достатньої пластичності для гнуття або вальцювання, а також зносостійкості. Кронштейни, провусини і підсилювальні елементи передають навантаження від відвалу до рами, тому якість їхнього виготовлення та зварювання безпосередньо впливає на працездатність вузла.

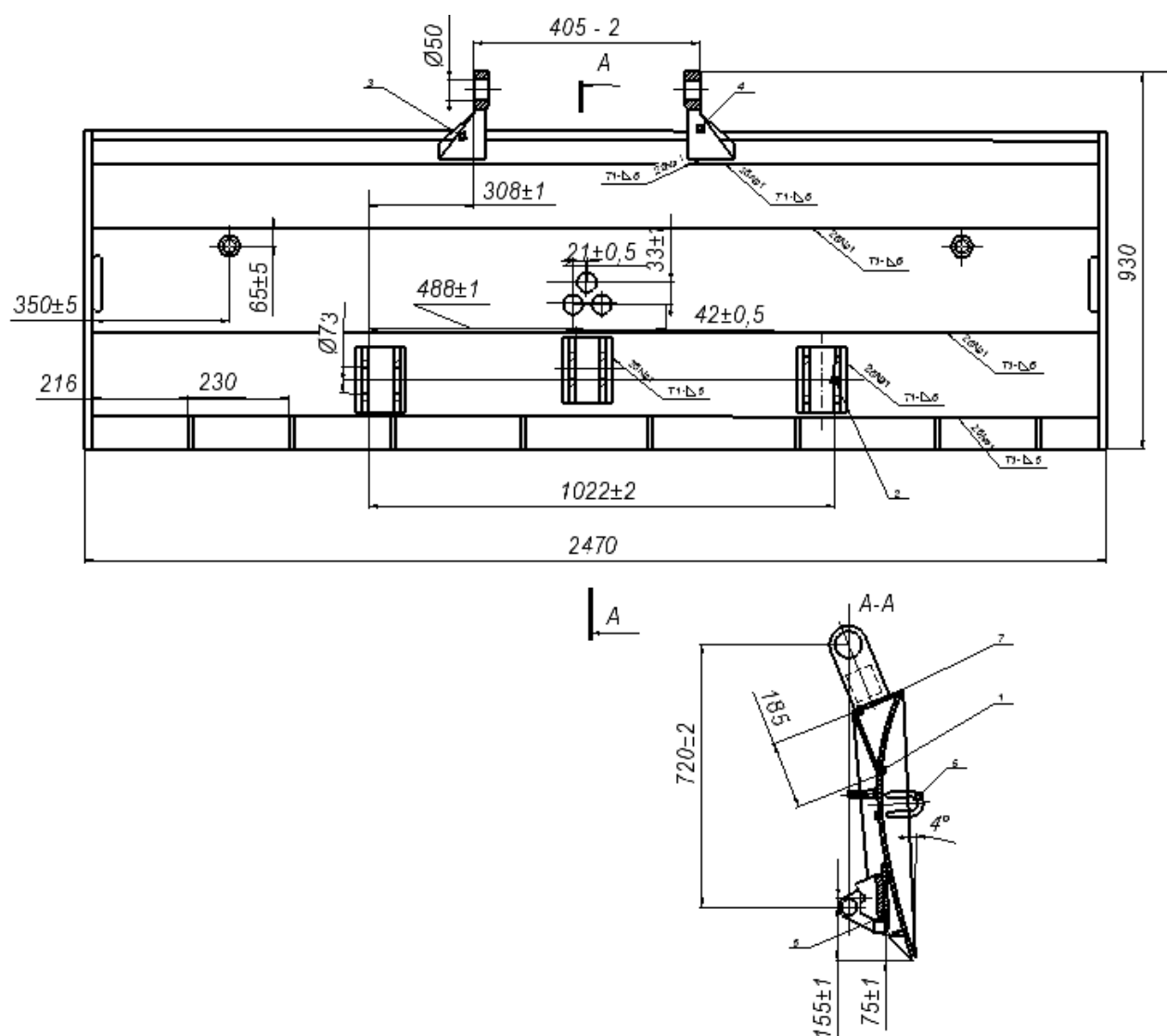


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд бульдозерного відвалу автогрейдера

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

58

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
1		Лист	1	
2		Кронштейн	3	
3		Кронштейн лівий	1	
4		Кронштейн правий	1	
5		Провушина	2	
6		Планка	1	
7		Куттик верхній	1	

Рисунок 3.2 – Специфікація складових частин бульдозерного відвалу

3.2 Вибір матеріалу та заготовок

Для виготовлення бульдозерного відвалу доцільно застосовувати листову конструкційну сталь підвищеної міцності, придатну до зварювання. Для листа і підсилювальних елементів приймаємо сталь С245 або 09Г2С залежно від наявності на виробництві. Для елементів кріплення, що сприймають локальні навантаження, приймаємо сталь 09Г2С або сталь 45 з подальшою механічною обробкою отворів. Вибір сталі 09Г2С є доцільним для дорожніх машин, оскільки вона має достатню ударну в'язкість і добре працює за змінних температур.

Заготовками для виготовлення виробу є листовий прокат, смугова сталь, кутник і круглий прокат або товстолистова сталь для провущин. Розкрій заготовок виконується з урахуванням припусків на різання, механічну обробку кромки, зачистку після зварювання та можливі деформації при формуванні криволінійного профілю.

Орієнтовний склад заготовок для виготовлення відвалу наведено в таблиці 3.1.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

59

Таблиця 3.1 – Орієнтовний склад заготовок для виготовлення відвалу

Поз.	Найменування	Кількість	Матеріал	Заготовка	Основне призначення
1	Лист робочої поверхні	1	09Г2С або С245	Лист 8–10 мм, розкрій 2470×930 мм	Формування робочої поверхні відвалу
2	Кронштейн	3	09Г2С	Листовий прокат 10–12 мм	Кріплення та підсилення конструкції
3	Кронштейн лівий	1	09Г2С	Листовий прокат 10–12 мм	З'єднання з рамою
4	Кронштейн правий	1	09Г2С	Листовий прокат 10–12 мм	З'єднання з рамою
5	Провушина	2	Сталь 45 або 09Г2С	Пластина/лист 16–20 мм	Шарнірне кріплення відвалу
6	Планка	1	С245 або 09Г2С	Смуга сталева	Підсилення листа
7	Кутник верхній	1	С245	Кутник сталевий	Підсилення верхньої кромки

3.3 Розроблення технологічного процесу виготовлення відвалу

В основу технологічного процесу покладено послідовність операцій, яка забезпечує виготовлення зварної конструкції з мінімальними деформаціями та необхідною точністю розташування кронштейнів і провущин. Для цього процес поділяється на заготовчий, формоутворювальний, механоскладальний, зварювальний, контрольний та фарбувальний етапи.

На заготовчому етапі виконують розмічання і розкрій листового металу. Основний лист відвалу вирізається відповідно до габаритів креслення з припуском на обробку кромки. Кронштейни, планки, провущини та косинки вирізаються за шаблонами або за програмою ЧПК. Для забезпечення

повторюваності розмірів доцільно застосовувати плазмове або газокисневе різання з подальшим зачищенням кромок.

Формоутворення листа виконується вальцюванням або гнуттям на листозгинальному пресі за заданим радіусом кривизни. Після формування перевіряють відповідність профілю шаблону, відсутність тріщин, місцевих перегинів і хвилястості. Підготовлені кронштейни та провусини після розкрою піддають свердлінню або розточуванню отворів, оскільки ці поверхні визначають точність монтажу відвалу на рамі автогрейдера.

Складання відвалу перед зварюванням виконується на складальному стенді або кондукторі. Лист встановлюють у пристосування, після чого за розміткою виставляють кронштейни, провусини, планку та верхній кутник. Деталі прихоплюють короткими швами з обох боків, перевіряють діагоналі, відстані між отворами та положення кронштейнів відносно осі відвалу. Тільки після контрольного вимірювання виконують остаточне зварювання.

Зварювання здійснюється ручним дуговим або напівавтоматичним способом у середовищі захисного газу. Для зменшення зварювальних деформацій шви накладають симетрично, ділянками, із чергуванням сторін. Після зварювання виконують зачистку швів, видалення бризок металу, візуальний контроль, а за потреби – контроль капілярним або магнітопорошковим методом. Завершальними операціями є знежирення, ґрунтування та фарбування виробу.

3.4 Маршрутно-операційна карта виготовлення бульдозерного відвалу

Маршрутно-операційна карта описує технологічну послідовність виготовлення відвалу від отримання металопрокату до приймального контролю готового виробу. Орієнтовна карта наведена в таблиці 3.2.

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ	Лист
						61
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.2 – Маршрутно-операційна карта

№ операції	Назва операції	Зміст переходів	Обладнання та оснащення	Контроль	Час, год
005	Заготівельна	Отримати листовий прокат, кутник, смугу та матеріал для провушин. Перевірити марку сталі, товщину, стан поверхні та наявність сертифіката.	Склад металу, штангенциркуль, рулетка	Вхідний контроль матеріалу	0,6
010	Розмічальна	Розмітити контур листа 2470×930 мм, місця встановлення кронштейнів, провушин, планки та кутника. Нанести технологічні бази.	Розмічальна плита, рулетка, кутник, кернер, шаблони	Контроль розмірів за кресленням	1,2
015	Різальна	Відрізати основний лист, заготовки кронштейнів, провушин, планок і кутника. Забезпечити припуск 2–3 мм на зачищення кромки.	Плазморіз ЧПК або газорізальна машина	Контроль габаритів після різання	2,5

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

62

Продовження таблиці 3.2 – Маршрутно-операційна карта

020	Зачисна	Зачистити кромки після термічного різання, видалити окалину, шлак, гострі задирки та місця під зварювання.	Кутова шліфувальна машина, зачисні круги	Візуальний контроль чистоти кромок	1,4
025	Гнуття / вальцювання	Надати листу криволінійний профіль згідно з перерізом А-А. Виконати формування без надривів і місцевих перегинів.	Листозгинальний прес або тривалкова листозгинальна машина	Контроль профілю шаблоном	1,8
030	Свердлильна	Просвердлити або розточити отвори у провусинах і кронштейнах. За необхідності виконати зенкування фасок.	Радіально-свердлильний верстат, свердла, розвертки	Контроль діаметрів і співвісності отворів	1,6
035	Підготовка кромок	Підготувати фаски на товстолистових деталях під зварювання, перевірити зазори в місцях стикування.	Фаскознімач, шліфувальна машина	Контроль кута фаски та зазору	0,9

Продовження таблиці 3.2 – Маршрутно-операційна карта

040	Складальна	Установити лист у кондуктор. Виставити кронштейни, провусини, планку та верхній кутник. Виконати прихватки довжиною 20–30 мм.	Складальний стенд, трубки, магнітні кутники, зварювальний апарат	Контроль положення деталей і діагоналей	2,2
045	Зварювальна	Виконати остаточне зварювання кутових і стикових швів. Шви накладати симетрично з чергуванням ділянок для зменшення деформацій.	Напівавтомат MIG/MAG або РДЗ, електроди/дріт, захисний газ	Візуальний контроль швів у процесі зварювання	3,6
050	Правильна	Після охолодження перевірити геометрію відвалу. За наявності короблення виконати правку місцевим підігрівом або механічним способом.	Прес, домкрати, газовий пальник, шаблони	Контроль прямолінійності й профілю	1,4

Продовження таблиці 3.2 – Маршрутно-операційна карта

055	Зачисна після зварювання	Зачистити зварні шви від бризок, напливів і шлаку. Заокруглити гострі кромки, підготувати поверхню до фарбування.	Шліфувальна машина, металеві щітки	Візуальний контроль поверхні	1,3
060	Контрольна	Перевірити основні розміри 2470 мм, 930 мм, положення кронштейнів, розміри отворів, якість швів. Оформити результати контролю.	Рулетка, штангенциркуль, шаблон, кутник, дефектоскоп за потреби	ВТК, контроль відповідності кресленню	1,0
065	Підготовка під фарбування	Знежирити поверхню, очистити від пилу, окалини та іржі. За потреби виконати дробоструминне або механічне очищення.	Знежирювач, щітки, дробоструминна камера	Контроль чистоти поверхні	1,0
070	Ґрунтувальна	Нанести антикорозійний ґрунт рівномірним шаром, витримати час сушіння відповідно до технічних умов лакофарбового матеріалу.	Фарбувальна камера, пістолет-розпилювач	Контроль суцільності шару	0,8

Продовження таблиці 3.2 – Маршрутно-операційна карта

075	Фарбувальна	Нанести фінішне лакофарбове покриття у 1–2 шари. Після висихання перевірити зовнішній вигляд і відсутність підтікань.	Фарбувальна камера, компресор, розпилювач	Контроль зовнішнього вигляду покриття	1,0
080	Приймальна	Виконати остаточне приймання готового відвалу, маркування та передавання на склад готової продукції.	ВТК, маркувальний інструмент	Приймальний контроль	0,5

3.5 Технологічні вимоги до складання та зварювання

Перед зварюванням поверхні в зоні шва необхідно очистити на ширину не менше 20 мм з обох боків від вологи, мастила, фарби, іржі та окалини. Прихватки повинні мати достатню міцність і не створювати перешкод для накладання основного шва. Якщо прихватка має тріщини, пори або непровар, її необхідно видалити і виконати повторно.

Під час складання особливу увагу приділяють взаємному розташуванню проушин і кронштейнів, оскільки саме ці елементи забезпечують приєднання відвалу до навісної системи автогрейдера. Неспіввісність отворів може ускладнити монтаж і спричинити додаткові напруження в шарнірних з'єднаннях. Тому після прихоплення обов'язково перевіряють відстані між проушинами, паралельність площин і положення отворів.

Остаточне зварювання слід виконувати у такій послідовності: спочатку приварюють центральні кронштейни, потім бокові кронштейни, після цього провушини, планку та верхній кутник. Довгі шви виконують зворотно-ступінчастим способом. Така схема зменшує нерівномірне нагрівання листа і знижує ризик короблення робочої поверхні.

Після завершення зварювання виріб повинен охолонути природним шляхом. Різде охолодження водою не допускається, оскільки воно може спричинити появу залишкових напружень і тріщин у зварних з'єднаннях. Після охолодження проводиться зачистка швів і контроль геометрії виробу.

3.6 Контроль якості виготовлення

Контроль якості виконується на всіх стадіях технологічного процесу. Під час вхідного контролю перевіряють марку сталі, товщину листа, наявність корозії, розшарувань і механічних пошкоджень. Після різання контролюють габаритні розміри, прямолінійність кромek та якість поверхні різку. Після гнуття перевіряють відповідність профілю шаблону.

Після зварювання контролюють зовнішній вигляд швів, розміри катетів, відсутність тріщин, подрізів, пор, непроварів і шлакових включень. Відхилення від геометричної форми не повинні перешкоджати встановленню відвалу на автогрейдер та його нормальній роботі. Найбільш відповідальні зварні з'єднання кронштейнів і провушин доцільно перевіряти неруйнівними методами контролю.

Основні види контролю наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні види контролю

Етап контролю	Що перевіряється	Засоби контролю	Вимоги
Вхідний контроль	Матеріал, товщина, стан поверхні	Сертифікат, штангенциркуль, рулетка	Відповідність матеріалу та відсутність дефектів

Після розкрою	Габарити заготовок, якість кромок	Рулетка, шаблони, кутник	Відхилення не повинні перевищувати припусків на обробку
Після формування	Радіус і профіль листа	Шаблон, лінійка	Відповідність профілю кресленню
Після складання	Положення кронштейнів, провущин, діагоналі	Рулетка, штангенциркуль, кондуктор	Симетричність і співвісність отворів
Після зварювання	Якість швів, відсутність дефектів	Візуальний контроль, лупа, дефектоскоп	Шви без тріщин, підрізів і непроварів
Після фарбування	Суцільність і зовнішній вигляд покриття	Візуальний контроль	Без пропусків, патьоків і відшарувань

3.7 Підготовка поверхні та фарбування

Перед фарбуванням відвал очищають від пилу, мастила, бризок металу, окалини та слідів корозії. Якість підготовки поверхні має важливе значення, оскільки від неї залежить довговічність лакофарбового покриття в умовах роботи дорожньої машини. Для виробів, що працюють на відкритому повітрі, рекомендується наносити антикорозійний ґрунт і фінішну емаль, стійку до атмосферних впливів.

Ґрунтування виконують рівномірним шаром по всій поверхні виробу, особливо ретельно обробляючи зони зварних швів, кромки та внутрішні кути. Після висихання ґрунту наносять фінішне покриття. Колір покриття приймається відповідно до вимог підприємства або загального кольору автогрейдера. Після фарбування виріб витримують до повного висихання та передають на приймальний контроль.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

68

3.8 Розрахунок технологічних операцій виготовлення бульдозерного відвалу

Для обґрунтування прийнятого технологічного процесу виконано орієнтовний розрахунок основних операцій виготовлення бульдозерного відвалу автогрейдера. Розрахунки дають змогу визначити тривалість заготовчих, механічних, складально-зварювальних і фарбувальних робіт, а також перевірити відповідність вибраного обладнання габаритам та матеріалу виробу.

Вихідними даними для розрахунку приймаємо: габаритна довжина відвалу $L = 2470$ мм; висота відвалу $H = 930$ мм; товщина основного листа $\delta = 8$ мм; матеріал основного листа – сталь конструкційна низьковуглецева; довжина основних зварних швів приймається за сумою швів кріплення кронштейнів, провущин, планок та верхнього кутника. Розрахунки мають укрупнений характер і можуть уточнюватися після остаточного вибору обладнання та режимів обробки.

3.8.1 Розрахунок часу на розкрій листових заготовок

Основний лист відвалу вирізається з листового прокату за габаритними розмірами з урахуванням припусків на зачищення кромки. Довжина контуру різання залежить від форми заготовки. Для прямокутної заготовки з невеликим припуском довжину контуру можна визначити за залежністю

$$L_p = 2 \cdot (L + H) \quad (3.1)$$

де L_p – довжина лінії різання, мм; L – довжина заготовки, мм; H – висота заготовки, мм.

$$L_p = 2 \cdot (2470 + 930) = 6800 \text{ мм} = 6,8 \text{ м} \quad (3.2)$$

Основний час різання визначаємо за формулою

$$t_0 = \frac{L_p}{V_p} \quad (3.3)$$

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ	Лист
						69
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

де V_p – швидкість різання, м/хв. Для механізованого плазмового або газокисневого різання листа товщиною 8 мм приймаємо $V_p = 0,8$ м/хв.

$$t_0 = \frac{6,8}{0,8} = 8,5 \text{ хв} \quad (3.4)$$

Допоміжний час на установлення листа, розмічання, підведення різача та зняття заготовки приймаємо $t_d = 12$ хв. Тоді штучний час операції розкрою становить

$$t_{um} = t_0 + t_d \quad (3.5)$$

$$t_{um} = 8,5 + 12 = 20,5 \text{ хв} \quad (3.6)$$

3.8.2 Розрахунок часу на відрізання смугових та профільних заготовок

Кронштейни, планки, провусини та верхній кутник виготовляються з листового, смугового або профільного прокату. Час відрізання однієї заготовки на стрічкопилковому або відрізному верстаті визначаємо за залежністю

$$t_0 = \frac{B}{S_{xв}} \quad (3.7)$$

де B – ширина або розрахунковий розмір перерізу, що прорізається, мм;
 $S_{xв}$ – хвилинна подача інструмента, мм/хв.

Для заготовок кронштейнів і планок приймаємо середній розмір різання $B = 120$ мм, хвилинну подачу $S_{xв} = 60$ мм/хв.

$$t_0 = \frac{120}{60} = 2,0 \text{ хв} \quad (3.8)$$

З урахуванням допоміжного часу $t_d = 1,5$ хв час на одну заготовку дорівнює

$$t_{um1} = 2,0 + 1,5 = 3,5 \text{ хв} \quad (3.9)$$

Орієнтовно для виготовлення відвалу потрібно відрізати 12 заготовок: 3 кронштейни, 2 провусини, 1 планку, 1 верхній кутник та додаткові підсилювальні елементи. Сумарний час відрізання становить

$$T_{відр} = t_{ум1} \cdot n \quad (3.10)$$

$$T_{відр} = 3,5 \cdot 12 = 42 \text{ хв} \quad (3.11)$$

3.8.3 Розрахунок зусилля гнуття листа відвалу

Робоча поверхня відвалу має криволінійний профіль, тому після розкрою лист підлягає гнуттю або вальцюванню. Орієнтовне зусилля гнуття листової заготовки на листозгинальному пресі можна визначити за формулою

$$P_z = \frac{k \cdot \sigma_s \cdot b \cdot \delta^2}{l} \quad (3.12)$$

де P_z – зусилля гнуття, Н; k – коефіцієнт, що враховує схему гнуття, приймаємо $k = 1,3$; σ_s – тимчасовий опір сталі, МПа; b – довжина лінії гнуття, мм; δ – товщина листа, мм; l – відстань між опорами або робоча ширина матриці, мм.

Приймаємо $\sigma_s = 390$ МПа, $b = 2470$ мм, $\delta = 8$ мм, $l = 120$ мм.

$$P_z = \frac{1,3 \cdot 390 \cdot 2470 \cdot 8^2}{120} = 667190 \text{ Н} \quad (3.13)$$

$$P_z \approx 667 \text{ кН} \quad (3.14)$$

Отже, для формування кривизни основного листа доцільно застосовувати листозгинальний прес або вальці із зусиллям не менше 700 кН з урахуванням технологічного запасу.

3.8.4 Розрахунок часу на свердління отворів

Отвори у кронштейнах, провусинах і підсилювальних елементах виконуються на свердлильному верстаті або за допомогою переносного

свердлильного обладнання. Основний час свердління одного отвору визначаємо за формулою

$$t_0 = \frac{L}{S \cdot n} \quad (3.15)$$

де L – розрахункова довжина проходу свердла, мм; S – подача на один оберт, мм/об; n – частота обертання свердла, об/хв.

Розрахункова довжина проходу свердла визначається з урахуванням товщини деталі та перебігу інструмента:

$$L = \delta_d + l_{вр} + l_{пер} \quad (3.16)$$

де δ_d – товщина деталі, мм; $l_{вр}$ – довжина врізання, мм; $l_{пер}$ – величина перебігу свердла, мм.

Для отворів діаметром 21 мм у кронштейнах приймаємо $\delta_d = 12$ мм, $l_{вр} = 5$ мм, $l_{пер} = 3$ мм, тому $L = 20$ мм. Приймаємо $S = 0,25$ мм/об, $n = 315$ об/хв.

$$t_0 = \frac{20}{0,25 \cdot 315} = 0,25 \text{ хв} \quad (3.17)$$

З урахуванням допоміжного часу на установлення, закріплення та зняття деталі $t_d = 1,0$ хв час на один отвір становить

$$t_{ум1} = 0,25 + 1,0 = 1,25 \text{ хв} \quad (3.18)$$

Якщо кількість отворів $n_o = 10$, сумарний час свердління становить

$$T_{св} = t_{ум1} \cdot n_o \quad (3.19)$$

$$T_{св} = 1,25 \cdot 10 = 12,5 \text{ хв} \quad (3.20)$$

3.8.5 Розрахунок часу на складання відвалу під зварювання

Складання відвалу виконується на складальному стенді з використанням упорів, струбцин, прихваток і шаблонів. Час складання залежить від кількості елементів, складності їх базування та кількості прихваток. Орієнтовно час складання визначаємо за залежністю

$$T_{скл} = t_{уст} + t_{б} \cdot n_{б} + t_{пр} \cdot n_{пр} \quad (3.21)$$

де $t_{уст}$ – час установлення основного листа на стенд, хв; $t_{б}$ – час базування однієї деталі, хв; $n_{д}$ – кількість деталей, що встановлюються на лист; $t_{пр}$ – час виконання однієї прихватки, хв; $n_{пр}$ – кількість прихваток.

Приймаємо $t_{уст} = 8$ хв; $t_{б} = 3$ хв; $n_{д} = 10$; $t_{пр} = 0,5$ хв; $n_{пр} = 24$.

$$T_{скл} = 8 + 3 \cdot 10 + 0,5 \cdot 24 = 50 \text{ хв} \quad (3.22)$$

3.8.6 Розрахунок часу на зварювання

Для зварювання відвалу доцільно застосовувати напівавтоматичне зварювання у середовищі захисного газу, що забезпечує достатню продуктивність і якість швів. Основний час зварювання визначаємо за довжиною швів і швидкістю зварювання:

$$t_0 = \frac{L_{ш}}{V_{зв}} \quad (3.23)$$

де $L_{ш}$ – сумарна довжина зварних швів, м; $V_{зв}$ – швидкість зварювання, м/хв.

Орієнтовну довжину зварних швів приймаємо $L_{ш} = 8,5$ м. Для напівавтоматичного зварювання приймаємо $V_{зв} = 0,25$ м/хв.

$$t_0 = \frac{8,5}{0,25} = 34 \text{ хв} \quad (3.24)$$

З урахуванням допоміжного часу на очищення кромки, зміну положення виробу, видалення бризок і контроль міжпрохідного стану приймаємо коефіцієнт допоміжного часу $k_{д} = 1,35$. Тоді штучний час зварювання

$$T_{зв} = t_0 \cdot k_{д} \quad (3.25)$$

$$T_{зв} = 34 \cdot 1,35 = 45,9 \text{ хв} \quad (3.26)$$

Масу наплавленого металу можна орієнтовно визначити через площу поперечного перерізу шва:

$$G_n = F_{ш} \cdot L_{ш} \cdot \rho \cdot 10^{-6} \quad (3.27)$$

де $G_{\text{н}}$ – маса наплавленого металу, кг; $F_{\text{ш}}$ – площа перерізу шва, мм²; $L_{\text{ш}}$ – довжина шва, м; ρ – густина сталі, кг/м³. Для кутового шва з катетом $k = 6$ мм площа перерізу приблизно дорівнює

$$F_{\text{ш}} = 0,5 \cdot k^2 \quad (3.28)$$

$$F_{\text{ш}} = 0,5 \cdot 6^2 = 18 \text{ мм}^2 \quad (3.29)$$

$$G_{\text{н}} = 18 \cdot 8,5 \cdot 7850 \cdot 10^{-6} = 1,20 \text{ кг} \quad (3.30)$$

3.8.7 Розрахунок часу на зачищення зварних швів

Після зварювання виконують зачищення бризок металу, гострих кромek і нерівностей швів. Час зачищення приймаємо пропорційно довжині зварних швів:

$$T_{\text{зач}} = \frac{L_{\text{ш}}}{V_{\text{зач}}} \quad (3.31)$$

де $V_{\text{зач}}$ – продуктивність зачищення, м/хв. Для ручного зачищення кутовою шліфувальною машиною приймаємо $V_{\text{зач}} = 0,45$ м/хв.

$$T_{\text{зач}} = \frac{8,5}{0,45} = 18,9 \text{ хв} \quad (3.32)$$

3.8.8 Розрахунок площі фарбування та витрати лакофарбових матеріалів

Перед фарбуванням визначаємо орієнтовну площу поверхні відвалу. Для основного листа площу двостороннього фарбування можна прийняти за формулою

$$S_{\text{л}} = 2 \cdot L \cdot H \quad (3.33)$$

де $S_{\text{л}}$ – площа двох сторін листа, м²; L – довжина відвалу, м; H – висота відвалу, м.

$$S_{\text{л}} = 2 \cdot 2,47 \cdot 0,93 = 4,59 \text{ м}^2 \quad (3.34)$$

З урахуванням кронштейнів, провущин, планок і кутника приймаємо коефіцієнт збільшення площі $k_{\text{п}} = 1,25$.

$$S_{\phi} = S_{\text{л}} \cdot k_{\text{п}} \quad (3.35)$$

$$S_{\phi} = 4,59 \cdot 1,25 = 5,74 \text{ м}^2 \quad (3.36)$$

Витрата ґрунтовки або емалі визначається за формулою

$$G_{\phi} = \frac{S_{\phi} \cdot q \cdot n_{\text{ш}}}{\eta} \quad (3.37)$$

де G_{ϕ} – витрата матеріалу, кг; q – питома витрата матеріалу на 1 м^2 , $\text{кг}/\text{м}^2$; $n_{\text{ш}}$ – кількість шарів; η – коефіцієнт використання матеріалу. Приймаємо $q = 0,16 \text{ кг}/\text{м}^2$, $n_{\text{ш}} = 2$, $\eta = 0,85$.

$$G_{\phi} = \frac{5,74 \cdot 0,16 \cdot 2}{0,85} = 2,16 \text{ кг} \quad (3.38)$$

Час фарбування визначаємо за продуктивністю нанесення покриття:

$$T_{\text{фарб}} = \frac{S_{\phi}}{Q_{\text{фарб}}} + t_{\text{д}} \quad (3.39)$$

де $Q_{\text{фарб}}$ – продуктивність фарбування, $\text{м}^2/\text{хв}$; $t_{\text{д}}$ – допоміжний час на підготовку фарби та очищення інструменту. Приймаємо $Q_{\text{фарб}} = 0,8 \text{ м}^2/\text{хв}$, $t_{\text{д}} = 10 \text{ хв}$.

$$T_{\text{фарб}} = \frac{5,74}{0,8} + 10 = 17,2 \text{ хв} \quad (3.40)$$

3.8.9 Визначення сумарного часу виготовлення

Сумарний час виготовлення бульдозерного відвалу визначаємо як суму часу виконання основних операцій технологічного процесу:

$$T_{\Sigma} = T_{\text{р}} + T_{\text{відр}} + T_{\text{г}} + T_{\text{св}} + T_{\text{скл}} + T_{\text{зв}} + T_{\text{зач}} + T_{\text{фарб}} \quad (3.41)$$

де $T_{\text{р}}$ – час розкрою основного листа; $T_{\text{відр}}$ – час відрізання дрібних заготовок; $T_{\text{г}}$ – час гнуття або вальцювання листа; $T_{\text{св}}$ – час свердління; $T_{\text{скл}}$ –

час складання; $T_{зв}$ – час зварювання; $T_{зач}$ – час зачищення; $T_{фарб}$ – час фарбування.

Час гнуття або вальцювання з урахуванням установлення заготовки та контролю форми приймаємо $T_{\Gamma} = 25$ хв.

$$T_{\Sigma} = 20,5 + 42 + 25 + 12,5 + 50 + 45,9 + 18,9 + 17,2 = 232 \text{ хв} \quad (3.42)$$

$$T_{\Sigma} = 232 \text{ хв} \approx 3,9 \text{ год} \quad (3.43)$$

Отримане значення є орієнтовним штучним часом виготовлення одного бульдозерного відвалу без урахування часу сушіння лакофарбового покриття. За умови серійного виготовлення час може бути зменшений за рахунок використання шаблонів, кондукторів, механізованого розкрою та паралельного виконання окремих операцій.

У технологічній частині розроблено послідовність виготовлення бульдозерного відвалу автогрейдера, яка охоплює всі основні етапи: вибір матеріалу, розкрій металу, підготовку кромek, формування листової робочої поверхні, свердління отворів, складання у кондукторі, зварювання, контроль, зачистку, ґрунтування та фарбування.

Таблиця 3.4 – Орієнтовний час виконання основних операцій виготовлення відвалу

№	Операція	Позначення часу	Час, хв
1	Розкрій основного листа	T_p	20,5
2	Відрізання смугових і профільних заготовок	$T_{\text{відр}}$	42,0
3	Гнуття або вальцювання листа	T_{Γ}	25,0
4	Свердління	$T_{\text{св}}$	12,5

	отворів		
5	Складання під зварювання	T_скл	50,0
6	Зварювання	T_зв	45,9
7	Зачищення швів	T_зач	18,9
8	Фарбування	T_фарб	17,2
	Разом	T_Σ	232,0

Запропонований технологічний процес забезпечує виготовлення зварної конструкції з необхідною геометричною точністю та міцністю. Особливу увагу приділено контролю положення кронштейнів і провудин, якості зварних швів та зменшенню зварювальних деформацій. Використання складального стенда, шаблонів і поетапного контролю дозволяє підвищити якість виготовлення відвалу та забезпечити його надійну роботу у складі автогрейдера.

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Загальні положення

Безпека життєдіяльності є важливою складовою під час проектування, виготовлення, експлуатації та технічного обслуговування дорожньо-будівельних машин. Автогрейдер середнього типу належить до складних самохідних машин, робота яких пов'язана з дією механічних, гідравлічних, шумових, вібраційних, пилових та інших виробничих факторів. Тому під час розроблення конструкції автогрейдера з шириною відвалу 2,6 м необхідно враховувати вимоги безпеки як для машиніста, так і для працівників, які перебувають у зоні виконання дорожніх робіт.

Основними завданнями безпеки життєдіяльності під час експлуатації автогрейдера є запобігання травмуванню персоналу, забезпечення стійкості машини під час роботи, зниження рівня шуму і вібрації, безпечне керування робочим обладнанням, запобігання аварійним ситуаціям, пожежам, витокам робочих рідин, а також забезпечення належних умов праці машиніста.

До керування автогрейдером допускаються особи, які пройшли відповідне навчання, мають посвідчення машиніста, пройшли інструктаж з охорони праці, медичний огляд та ознайомлені з правилами експлуатації конкретної машини. Машиніст повинен знати будову автогрейдера, призначення його органів керування, правила виконання робіт на дорогах, порядок дій у разі виникнення несправностей або аварійної ситуації.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час роботи автогрейдера на машиніста та обслуговуючий персонал можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі частини машини, зокрема колеса, відвал, тягові рами, гідроциліндри, шарнірні з'єднання;

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ				Лім.	Лист	Листів		
Розроб.	Шинкаренко								Н		78		
Перев.	Васильєв								Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»				
Керівник													
Н. контр.	Васильєв												
Затв.	Орисенко												

- можливість наїзду на працівників або сторонні предмети під час руху автогрейдера;
- перекидання машини під час роботи на ухилах, насипах, біля кюветів або на слабких ґрунтах;
- підвищений рівень шуму від двигуна, трансмісії та робочого обладнання;
- вібрація, що передається на робоче місце машиніста;
- запиленість повітря під час профілювання ґрунтових, щебеневих або гравійних доріг;
- небезпека розриву гідравлічних рукавів високого тиску;
- підвищена температура окремих частин двигуна, випускної системи та робочої рідини;
- недостатня видимість у темний час доби, під час опадів, туману або запиленості;
- можливість ураження електричним струмом під час ремонту електрообладнання;
- пожежна небезпека, пов'язана з використанням дизельного палива, мастил і гідравлічних рідин.

Особливу небезпеку становить робота автогрейдера у зоні дорожнього руху, оскільки машина може працювати поруч із транспортними засобами, пішоходами та іншою технікою. У таких умовах необхідно застосовувати дорожні знаки, сигнальні конуси, пробліскові маячки, світлову сигналізацію та за необхідності організовувати регулювання руху.

4.3 Вимоги безпеки під час експлуатації автогрейдера

Перед початком роботи машиніст зобов'язаний виконати зовнішній огляд автогрейдера, перевірити справність гальмівної системи, рульового керування, сигналізації, освітлення, гідравлічної системи, кріплення відвалу, стан шин, рівень палива, мастила та робочої рідини. Особливу увагу необхідно приділяти

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ	Лист
						79
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

стану гідравлічних рукавів, з'єднань, шарнірів та кріпильних елементів робочого обладнання.

Перед запуском двигуна потрібно переконатися, що важелі керування перебувають у нейтральному положенні, поблизу машини немає людей, а відвал опущений або зафіксований у безпечному положенні. Запуск двигуна дозволяється виконувати лише з місця машиніста. Забороняється запускати двигун шляхом замикання контактів стартера або перебуваючи поза кабіною.

Під час руху автогрейдера машиніст повинен постійно контролювати дорожню обстановку, не перевищувати допустиму швидкість, враховувати стан ґрунту, ширину робочої зони, наявність перешкод, ухилів, канав, люків, електричних кабелів та інших інженерних комунікацій. Під час роботи на ухилах необхідно уникати різких поворотів, гальмування та переміщення відвалу в положення, яке може порушити стійкість машини.

Під час планувальних робіт відвал автогрейдера повинен встановлюватися так, щоб забезпечити стійке переміщення ґрунту або дорожнього матеріалу без перевантаження машини. Надмірне заглиблення ножа може призвести до різкого зростання тягового опору, пробуксовування коліс, втрати керованості або пошкодження елементів робочого обладнання. Тому глибину різання необхідно встановлювати поступово з урахуванням категорії ґрунту, вологості, щільності та потужності машини.

Забороняється перебування людей у зоні дії відвалу, біля гідроциліндрів, шарнірних з'єднань і в зоні можливого руху машини. Під час роботи заднім ходом машиніст повинен користуватися дзеркалами, сигналізацією та за потреби допомогою сигнальника. Особливо уважно необхідно виконувати роботи в обмежених умовах: біля споруд, огорож, траншей, кюветів, опор ліній електропередач та інших перешкод.

Під час транспортування автогрейдера відвал повинен бути піднятий у транспортне положення та надійно зафіксований. Рух дорогами загального

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ	Лист
						80
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

користування повинен здійснюватися з увімкненими світловими приладами, проблісковим маячком та з дотриманням правил дорожнього руху.

4.4 Безпека під час технічного обслуговування та ремонту

Технічне обслуговування автогрейдера необхідно виконувати на рівному майданчику з твердим покриттям. Машина повинна бути загальмована, двигун вимкнений, ключ запалювання вилучений, а робоче обладнання опущене на ґрунт або встановлене на надійні підставки. Забороняється виконувати ремонтні роботи під піднятим відвалом без застосування механічних упорів або спеціальних фіксаторів.

Перед виконанням робіт з гідравлічною системою необхідно скинути тиск у гідролініях. Витоки робочої рідини під тиском становлять значну небезпеку, оскільки струмінь рідини може травмувати шкіру та очі. Пошук місць витоку забороняється виконувати руками; для цього слід використовувати картон, папір або інші безпечні засоби.

Під час заміни ножів відвалу, кронштейнів, пальців, втулок і шарнірних елементів необхідно використовувати справний інструмент, підйомні пристрої та індивідуальні засоби захисту. Ножі відвалу мають значну масу та гострі кромки, тому їх демонтаж і монтаж потрібно виконувати не менше ніж двома працівниками або із застосуванням вантажопідіймального обладнання.

Зварювальні та газорізальні роботи під час ремонту елементів відвалу або рами повинні виконуватися з дотриманням вимог пожежної безпеки. Перед початком таких робіт необхідно очистити поверхні від мастила, фарби, бруду та легкозаймистих матеріалів. Поблизу робочого місця мають бути засоби пожежогасіння. Працівники повинні використовувати захисний щиток, рукавиці, спецодяг і взуття.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

81

4.5 Безпека під час виготовлення бульдозерного відвалу

У процесі виготовлення бульдозерного відвалу автогрейдера виконуються операції розкрою листового металу, різання заготовок, згинання або вальцювання листа, свердління отворів, складання, прихоплення, зварювання, зачищення швів, ґрунтування та фарбування. Кожна з цих операцій має характерні небезпечні фактори.

Під час різання металу можливе утворення гострих крайок, іскор, металевої стружки та окалини. Працівники повинні використовувати захисні окуляри, рукавиці, спецодяг і взуття з металевим підноском. Заготовки необхідно надійно фіксувати, а їх переміщення виконувати за допомогою вантажопідіймальних пристроїв або такелажного оснащення.

Під час згинання або вальцювання листа забороняється перебувати в зоні руху притискних і формувальних елементів обладнання. Не допускається поправляти лист руками під час роботи верстата. Налагодження обладнання дозволяється виконувати тільки після його повної зупинки.

Під час зварювання основними небезпечними факторами є ультрафіолетове випромінювання дуги, висока температура, бризки розплавленого металу, дим і газу, можливість ураження електричним струмом. Зварювальник повинен працювати у справному спецодязі, рукавицях, захисній масці та користуватися місцевою вентиляцією. Робоче місце необхідно очищати від легкозаймистих матеріалів.

Після зварювання виконують зачищення швів шліфувальним інструментом. При цьому утворюються абразивний пил, іскри та шум. Роботу слід виконувати із застосуванням захисних окулярів або щитка, респіратор, рукавиць і навушників. Абразивні круги повинні бути справними, без тріщин і відповідати частоті обертання інструмента.

Під час фарбування та ґрунтування необхідно забезпечити вентиляцію приміщення, використовувати респіратор, рукавиці й захисний одяг. Лакофарбові матеріали слід зберігати у закритій тарі подалі від джерел

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

82

відкритого вогню. Забороняється палити та виконувати зварювальні роботи поблизу місця фарбування.

4.6 Пожежна безпека

Автогрейдер має підвищену пожежну небезпеку через наявність дизельного палива, мастил, гідравлічної рідини, електрообладнання та нагрітих поверхонь двигуна. Для запобігання пожежі необхідно підтримувати машину в чистоті, своєчасно усувати витoki палива й мастила, контролювати стан електропроводки, акумуляторної батареї, паливопроводів і випускної системи.

На автогрейдері повинен бути справний вогнегасник. Машиніст повинен знати місце його розташування та порядок використання. У разі виникнення пожежі необхідно негайно зупинити машину, вимкнути двигун, перекрити подачу палива, від'єднати акумуляторну батарею за можливості та розпочати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння. Якщо загасити пожежу власними силами неможливо, необхідно викликати пожежно-рятувальну службу та відійти на безпечну відстань.

Під час заправлення автогрейдера забороняється палити, користуватися відкритим вогнем, виконувати зварювальні роботи або залишати двигун увімкненим. Паливо необхідно заливати обережно, не допускаючи його розливу. У разі потрапляння палива на поверхні машини його потрібно негайно видалити.

4.7 Заходи щодо зниження шуму, вібрації та пилу

Шум і вібрація є характерними факторами під час роботи дорожньо-будівельних машин. Для зниження їхнього впливу на машиніста необхідно застосовувати кабінку з шумоізоляцією, справне сидіння з амортизацією, гумові ущільнення, демпфувальні елементи та своєчасно виконувати технічне обслуговування двигуна, трансмісії й ходової частини.

Підвищена вібрація може свідчити про несправність ходової частини, дисбаланс обертових елементів, зношення шарнірів, підшипників або кріплень. Експлуатація машини з надмірною вібрацією не допускається, оскільки це

знижує надійність конструкції, погіршує умови праці машиніста та може спричинити аварійну ситуацію.

Під час роботи на сухих ґрунтових або щебеневих дорогах утворюється пил, який погіршує видимість і негативно впливає на органи дихання. Для зменшення запиленості доцільно застосовувати зволоження дорожнього покриття, обмежувати швидкість руху, використовувати кабінку з фільтрацією повітря та забезпечувати машиніста засобами індивідуального захисту органів дихання за потреби.

4.8 Вимоги охорони навколишнього середовища

Під час експлуатації автогрейдера необхідно запобігати забрудненню ґрунту, води та повітря паливом, мастилами, гідравлічними рідинами й відходами технічного обслуговування. Заправлення, заміну мастил і ремонтні роботи бажано виконувати на спеціально обладнаних майданчиках, які мають тверде покриття та засоби для збирання можливих витоків.

Відпрацьовані мастила, фільтри, ганчір'я, забруднене паливом або мастилами, а також залишки лакофарбових матеріалів повинні збиратися в окрему тару та передаватися на утилізацію. Забороняється зливати мастила, паливо або гідравлічну рідину на ґрунт, у каналізацію чи водойми.

Для зменшення шкідливих викидів необхідно підтримувати двигун у технічно справному стані, своєчасно очищати або замінювати повітряні та паливні фільтри, контролювати якість палива та не допускати тривалої роботи двигуна на холостому ході без потреби.

.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ

Лист

84

Висновки

У бакалаврській роботі виконано розроблення конструкції та розрахунок основних параметрів автогрейдера середнього типу з шириною відвалу 2,6 м. Розглянуто призначення, конструктивні особливості, робочі процеси та сфери застосування автогрейдерів під час будівництва, ремонту й утримання автомобільних доріг. Встановлено, що автогрейдер є універсальною дорожньо-будівельною машиною, яка забезпечує планування земляного полотна, профілювання дорожнього покриття, розрівнювання ґрунтів і сипких матеріалів, очищення доріг та виконання допоміжних земляних робіт.

У першому розділі проаналізовано сучасні конструкції автогрейдерів, їх основні вузли, робоче обладнання та кінематичні схеми. Особливу увагу приділено конструкції робочого органа, системі керування відвалом, рамі, ходовій частині та гідравлічному приводу. На основі аналізу встановлено, що для автогрейдера середнього типу раціональним є використання поворотного відвалу з гідравлічним керуванням, що забезпечує достатню маневреність, точність роботи та можливість виконання різних технологічних операцій.

У конструкторській частині визначено основні параметри автогрейдера, зокрема масу машини, розподіл навантаження на передній і задній мости, зчіпну вагу, тягові характеристики, потужність двигуна, геометричні параметри відвалу та умови його взаємодії з ґрунтом. Проведено тяговий розрахунок, розглянуто опори, які виникають під час різання та переміщення ґрунту, а також визначено умови ефективної роботи автогрейдера в різних режимах. Отримані результати підтверджують можливість застосування розробленої конструкції для виконання планувальних і профілювальних робіт на дорогах та будівельних майданчиках.

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат								
Розроб.	Шинкаренко				Висновки				Лім.	Лист	Листів	
Перев.	Васильєв								Н			
Керівн.									Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»			
Н. контр.	Васильєв											
Затв.	Орисенко											

Окремо виконано розрахунок об'ємного гідроприводу автогрейдера. Визначено потужність гідроприводу, подачу та робочий об'єм насоса, діаметри гідроліній, швидкості руху робочої рідини, втрати тиску, параметри гідроциліндрів та тепловий режим роботи системи. За результатами розрахунків підібрано основні елементи гідрообладнання, зокрема насос, гідророзподільник, клапани, фільтр і робочу рідину. Це дозволяє забезпечити надійну роботу механізмів підйому, повороту та регулювання положення відвалу.

У технологічній частині розроблено технологічний процес виготовлення бульдозерного відвалу автогрейдера. Розглянуто послідовність виконання операцій від розкрою металевих заготовок до складання, зварювання, контролю якості, зачищення, ґрунтування та фарбування готового виробу. Обґрунтовано вибір матеріалів, обладнання, пристосувань і технологічних операцій. Також наведено розрахунки часу виконання основних операцій, що дозволяє оцінити трудомісткість виготовлення відвалу та організувати технологічний процес у виробничих умовах.

У розділі з безпеки життєдіяльності розглянуто небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які виникають під час виготовлення, експлуатації, технічного обслуговування і ремонту автогрейдера. Запропоновано заходи щодо безпечної роботи машиніста, обслуговуючого персоналу та працівників, які виконують зварювальні, слюсарні, фарбувальні й ремонтні операції. Розглянуто питання пожежної безпеки, зниження шуму, вібрації, запиленості та охорони навколишнього середовища.

Список літератури

1. Проектування автомобільних доріг : навчальний посібник / Ю. М. Собко, Ю. В. Сідун, Л. О. Карасьова. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 228 с.
2. Будівельна техніка : підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. / О. Г. Онищенко, В. О. Онищенко, С. Л. Литвиненко, Б. О. Коробко ; за ред. В. О. Онищенка та С. Л. Литвиненка. Київ : Кондор-Видавництво, 2017. 424 с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.3-32:2016. Настанова з улаштування земляного полотна автомобільних доріг. Київ : Мінрегіон України, 2016. 99 с.
4. Наукові основи створення високоефективних землерийно-транспортних машин / І. Г. Кириченко, Л. В. Назаров, В. В. Нічке та ін. Харків : ХНАДУ, 2003. 588 с.
5. Синтез землерийної і дорожньої техніки : методичні вказівки до виконання курсового проекту / уклад. М. К. Сукач. Київ : КНУБА, 2021. 28 с.
6. Баладінський В. Л. Будівельна техніка : підручник / В. Л. Баладінський, І. І. Назаренко, О. Г. Онищенко. Київ ; Полтава : КНУБА-ПНТУ, 2002. 463 с.
7. Баладінський В. Л. Техніка будівництва : навчальний посібник / В. Л. Баладінський, О. М. Лівінський, Ю. Д. Абрашкевич та ін. Київ : КНУБА, 2003. 368 с.
8. Підвищення ефективності будівельних робіт (у прикладах) : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / А. В. Погребняк та ін. ; Українська державна академія залізничного транспорту. Харків : УкрДАЗТ, 2014. 238 с.
9. Мобіло Л. В. Будівельна техніка : електронний навчальний посібник / Л. В. Мобіло. Рівне : НУВГП, 2013. 185 с.

					ГММ.401ММ.015-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат				
Розроб.	Шинкаренко				Список літератури	Літ.	Лист	Листів
Перев.	Васильєв					Н		
Керівник						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Н. контр.	Васильєв							
Затв.	Орисенко							

10. Шевченко В. О. Динаміка і міцність будівельних і дорожніх машин : навчальний посібник / В. О. Шевченко, О. В. Ярижко, О. О. Резніков. Харків : ХНАДУ, 2014. 190 с.
11. Машини для земляних робіт : навчальний посібник / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, В. В. Нічке та ін. ; за заг. ред. Л. А. Хмари та С. В. Кравця. Рівне ; Дніпропетровськ ; Харків, 2010. 575 с.
12. Дорожньо-будівельні машини : навчальний посібник / Л. М. Кузенко, Д. В. Кузенко, З. З. Вантух, Я. Й. Панюра. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2021. 236 с.
13. Машини для земляних робіт : підручник / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, М. П. Скоблюк та ін. ; за заг. ред. Л. А. Хмари, С. В. Кравця. Харків : Фавор, 2014. 548 с.
14. Сичевський М. І. Інженерна та спеціальна техніка МНС України / М. І. Сичевський, А. Г. Ренкас. Львів : Львівська політехніка, 2007. 232 с.
15. Баладінський В. Л. Машини для земляних робіт / В. Л. Баладінський, О. М. Гаркавенко, С. В. Кравець, І. В. Русан, А. В. Фомін. Рівне : РДТУ, 2000. 288 с.
16. Сукач М. К. Синтез землерийної і дорожньої техніки : підручник / М. К. Сукач, Є. В. Горбатюк, О. А. Марченко. Київ : Ліра-К, 2017. 376 с.
17. Інженерна та спеціальна техніка для ліквідації надзвичайних ситуацій. Частина 2 : навчальний посібник. Львів : ЛДУ БЖД, 2015. 221 с.
18. Фомін А. В. Конструкція будівельних і меліоративних машин для земляних робіт : навчальний посібник / А. В. Фомін, О. О. Костенюк, О. А. Тетерятник, Г. І. Боковня. Київ : КНУБА, 2005. 93 с.
19. Фомін А. В. Машини і обладнання для будівництва, утримання і ремонту доріг : навчальний посібник / А. В. Фомін, О. О. Костенюк, О. А. Тетерятник, Г. І. Боковня. Київ : КНУБА, 2005. 125 с.
20. Григоров О. В. Гідравлічний привід підйомно-транспортних, будівельних та дорожніх машин : навчальний посібник / О. В. Григоров ; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». Харків : НТУ «ХПІ», 2003. 264 с.