

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет механіко-технологічний

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

сільськогосподарських машин та
системотехніки

к.т.н. _____ Гуменюк Ю.О.
(підпис) (П.І.Б.)

« ____ » _____ 2026 р.

ВИПУСКНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

**на тему Підвищення ефективності навантажувально-розвантажувальних
робіт шляхом розробки навісного універсального навантажувача**

Спеціальність 208 – «Агроінженерія»
(код і назва)

Керівник випускної бакалаврської роботи

Кандидат технічних наук _____ Лавріненко О.Т.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (П.І.Б.)

Виконав _____ Курков Євгеній Дмитрович
(підпис) (П.І.Б. студента)

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет механіко-технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин
та системотехніки

К.Т.Н., доцент _____ Гуменюк Ю.О.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (П.І.Б.)
« ____ » _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання випускної бакалаврської роботи студенту

Курков Євгеній Дмитрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність _____ 208 – «Агроінженерія»
(код і назва)

Тема випускної бакалаврської роботи «Підвищення ефективності навантажувально-розвантажувальних робіт шляхом розробки навісного універсального навантажувача» затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» лютого 2026 р. № 510 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 10 травня 2026 р.
(число, місяць, рік)

Вихідні дані до випускної бакалаврської роботи 1. Характеристики вантажів та існуючих навантажувачів; 2. Особливості роботи гідравлічної роздільно-агрегатної системи трактора; 3. Дані для економічного розрахунку; 4. Посібники та підручники, наукові періодичні видання, інтернет-джерела відповідно до теми.

Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Огляд гідравлічних системи тракторів; 2. Конструктивна частина, розрахунок вдосконалення; 3. Економічна частина (ефективність вдосконалення); 6. Охорона праці.

Перелік графічних документів (за потреби) ілюстраційні матеріали до доповіді випускної бакалаврської роботи (презентація Power Point).

Дата видачі завдання «7» січня 2026 р.

Керівник випускної бакалаврської роботи _____ Лавріненко О.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Курков Є.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з розрахунково-пояснювальної записки на 62 аркушах тексту, яка включає 10 малюнків і 4 таблиць, додаток на 5 аркушах, а також графічну частину на аркушах формату А1.

У дипломному проекті проведено конструкцію і розрахунок основних вузлів і деталей, а також усього агрегату в цілому. Даний навантажувач має ряд переваг перед машинами аналогічного типу.

Застосування проектованої машини дає можливість зменшити на 10% витрати праці на завантажувально-розвантажувальні роботи, знизити в 2 рази прямі експлуатаційні витрати, збільшити капіталовіддачу на 7%. У цілому річний економічний ефект дорівнює 2 063 190 гривень.

Пропонований навантажувач розрахований для застосування у фермерських господарствах.

ЗМІСТ

	Стор.
РЕФЕРАТ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ	7
1.1 Місце навантажувально-розвантажувальних робіт у комплексі сільськогосподарського виробництва	7
1.2 Завдання розвитку транспортних засобів для сільськогосподарського виробництва.	9
РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПРОЄКТОВАНОГО НАВАНТАЖУВАЧА.....	11
2.1. Класифікація вантажів.	11
2.2. Класифікація навантажувально-розвантажувальних засобів.....	14
2.3. Компонувальна схема проєктованого універсального навантажувача.	17
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖУВАЧА	19
3.1. Визначення продуктивності.....	19
3.2. Визначення зусилля відриву. Динаміка підйому вантажів.....	20
3.3. Поздовжня та поперечна стійкість агрегату	22
3.4. Гідравлічна система навантажувача	26
3.5. Проєктний розрахунок деталей навантажувача	29
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	36
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТОВАНОГО УНІВЕРСАЛЬНОГО НАВАНТАЖУВАЧА.....	47
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	55
ДОДАТКИ.....	57

ВСТУП

Фермерські господарства відносяться до однієї з життєво важливих сфер економіки країни. У недалекому майбутньому в цих господарствах буде створюватися основна частина продуктів, необхідних для населення, і сировини для промислового виробництва.

На основі прийнятих технологій виробництва сільськогосподарської продукції розробляються механізовані виробничі процеси, включаючи технологічні, транспортні та транспортно-технологічні операції, що виконуються у певній послідовності за допомогою відповідних мобільних і пересувних машин та агрегатів. Таким чином, розвиток фермерських господарств і підвищення їх ефективності тісно пов'язані з постійним удосконаленням систем транспортного обслуговування, які поєднують технологію виконання перевезень, технічні засоби, організаційно-транспортні та транспортно-технологічні роботи.

Для вдосконалення вантажно-транспортного процесу, який є складовою частиною процесу виробництва тієї чи іншої продукції, та полегшення переміщення вантажів, необхідно не лише навантажити та розвантажити їх, а й подати транспортні засоби до місця завантаження. Таким чином, повний цикл транспортного процесу складається з подачі транспортного засобу під завантаження, завантаження, перевезення та вивантаження. На оперативність доставки різних видів продукції значною мірою впливає інтенсивність навантажувально-розвантажувальних робіт.

У зв'язку з цим великої актуальності набуває впровадження у виробництво та масове застосування нових універсальних навантажувальних машин, агрегатованих з найбільш розповсюдженим класом тракторів у фермерських господарствах, що володіють високою ефективністю в умовах експлуатації, характерних для сільського господарства, забезпечують значне підвищення продуктивності праці, а також економне використання людських, матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів.

РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

1.1 Місце навантажувально-розвантажувальних робіт у комплексі сільськогосподарського виробництва

Одним із основних шляхів збільшення середньорічного обсягу валової продукції в сільському господарстві є якнайшвидше впровадження новітніх досягнень науки, техніки та передової практики. У цей складний період інфляції та спаду виробництва перед сільським господарством України поставлено завдання вдосконалення структури та підвищення ефективності машин і знарядь, у тому числі навантажувально-розвантажувальних і транспортних засобів, що займають важливе місце в системах машин для механізації сільськогосподарських робіт.

У зв'язку з цим необхідно покращити оснащення галузі спеціалізованими транспортними та навантажувально-розвантажувальними засобами, постійно підвищувати технічний рівень, якість і особливо надійність машин та обладнання для рослинництва, тваринництва і кормовиробництва, знижувати матеріаломісткість та енергоємність вироблюваної техніки. У найближчий час передбачається забезпечити сільське господарство в достатній кількості машинами вантажопідйомністю 8–16 т для транспортування та внесення твердих органічних добрив, високоефективними універсальними навантажувачами, спеціалізованими автопоїздами та автомобілями вантажопідйомністю 1–8 т.

Важливість запланованих заходів полягає в тому, що механізація навантажувально-розвантажувальних робіт у сільському господарстві поки що не досягла необхідного рівня, що спричиняє значні витрати трудових і матеріальних ресурсів на виробництво сільськогосподарської продукції. За деякими видами сільськогосподарської продукції витрати на перевезення та навантажувально-розвантажувальні роботи досягають 70 % усіх трудових витрат.

Використання транспортних засобів значною мірою залежить від механізації навантажувально-розвантажувальних робіт.

Механізація навантажувально-розвантажувальних робіт прискорює процеси навантаження і розвантаження, скорочує тим самим час простою транспортних засобів, покращує умови праці та підвищує її продуктивність, знижує потребу в робочій силі й собівартість робіт.

Значний вплив на продуктивність транспортних засобів має простій під час навантаження та розвантаження. Він особливо відчутний при коротких поїздках, що видно з діаграми на рисунку 1.1. При коротких відстанях перевезень скорочення простоїв під час навантаження і розвантаження за рахунок механізації цих операцій підвищує продуктивність автотранспорту більш ніж у два рази.

При ручному навантаженні та розвантаженні транспорту час, витрачений на ці операції, значно перевищує час перевезення вантажів.

Вибір засобів механізації навантажувально-розвантажувальних робіт залежить від таких факторів: характеру вантажу, що переробляється (навалювальний, тарний, наливний), його фізичних властивостей; розміру і характеру вантажообігу; типу рухомого складу.

При механізації навантажувально-розвантажувальних робіт у сільськогосподарському виробництві необхідно враховувати такі особливості:

- різноманітність вантажів, частину з яких потрібно транспортувати у визначені, точні строки;
- розосередженість і непостійність місць навантаження.

Різнманітність вантажів за фізико-механічними властивостями, величина вантажообігу та терміновість перевезень потребують використання універсальних навантажувально-розвантажувальних засобів зі змінними робочими органами.

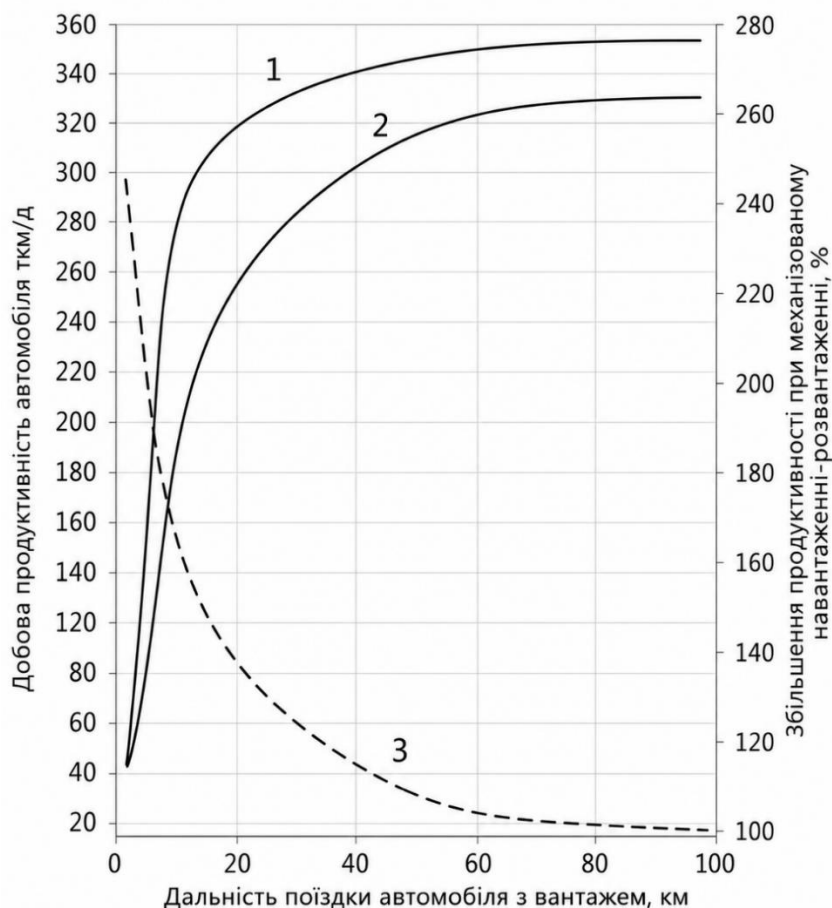


Рис. 1.1. Продуктивність автомобіля при ручному та механізованому навантаженні-розвантаженні

- 1 – продуктивність при механізованому навантаженні-розвантаженні;
- 2 – продуктивність при ручному навантаженні-розвантаженні;
- 3 – збільшення продуктивності автомобіля при механізованому навантаженні-розвантаженні.

Розосередженість і непостійність місць навантаження (поля, склад колгоспу, тік, бригада, відділення, ферма), а також погані дорожні умови обмежують вибір навантажувальних і розвантажувальних засобів, висувають особливі вимоги до енергетичних засобів навантаження та їх маневреності.

1.2 Завдання розвитку транспортних засобів для сільськогосподарського виробництва

В області механізації навантажувально-розвантажувальних робіт розрізняють наступні основні напрями розвитку:

1. Перехід на механізовані та автоматизовані технології виробництва навантажувально-розвантажувальних робіт і транспортних робіт, Розробка та впровадження високоефективних і універсальних навантажувачів та транспортних машин.
2. Контейнеризація та пакування із застосуванням універсальних і спеціальних контейнерів та піддонів.
3. Безтарне перевезення сипких вантажів на спеціалізованому транспорті.
4. Організація навантажувально-транспортних робіт.

Значна частина вантажів у сільському господарстві перевантажується машинами безперервної дії. Поряд із цим широко застосовуються універсальні навантажувачі періодичної дії. Наприклад, у рослинництві їх використовують при навантаженні органічних і мінеральних добрив, рулонів сіна, соломи, завантаженні насіння сівалки; в овочівництві - при навантаженні картоплі, буряку, моркви, капусти; у тваринництві - при розбиранні скірт сіна та соломи, розвантаженні сховищ сіна та силосу, видаленні та складуванні гною, навантаженні комбікормів і мінеральних добавок, а також готової продукції; у будівництві та на господарських роботах - при навантаженні сипких і кускових вантажів, лісу, палива, будівельних конструкцій, сільськогосподарських машин та обладнання.

Важливе місце при вирішенні питань механізації навантажувально-розвантажувальних робіт у польовництві, тваринництві, обслуговуванні машинно-тракторного парку відводиться засобам малої механізації: підйомникам, візкам, лебідкам, спусках тощо.

РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПРОЄКТОВАНОГО НАВАНТАЖУВАЧА

2.1 Класифікація вантажів

Сільськогосподарські вантажі класифікуються за наступними основними ознаками: фізико-механічними та біохімічними властивостями; ступенем використання вантажопідйомності транспортних засобів; способом механізованого навантаження-розвантаження; терміновістю та періодичністю перевезень; масовістю перевезень та умовами перевезень.

За фізико-механічними властивостями розрізняють вантажі :

- А. Тверді: навалочні, до яких належать вантажі, що перевозяться навалом без упаковки (овочі, дрова, кам'яне вугілля, торф); сипучі або насипні (зерно, будівельні матеріали та інші), що перевозяться насипом.
- Б. Рідкі, або наливні (молоко, аміачна вода, рідке паливо та інші), що потребують для перевезення спеціальної тари або цистерни.
- В. Газоподібні (кисень, вуглекислий газ, пропан-бутан).

За розмірами вантажі поділяються на габаритні, які вільно вміщуються в стандартний кузов автомобіля; негабаритні (машини, верстати, будівельні конструкції) шириною понад 2 м, висотою більше 2,5 м та довжиною більше 3 м, які потребують спеціалізованих засобів або переобладнаного кузова, та довгомірні, що перевищують довжину стандартного кузова більш ніж на 1/3 (труби, балки). Для їх перевезення застосовують одно- або двовісні причепи-розпуски або спеціалізований рухомий склад.

За масою вантажі поділяються на звичайні, великовагові та легкі.

До звичайних належать штучні вантажі масою до 250 кг і вантажі, які навантажуються накочуванням (бочки, котушки з кабелем масою до 400 кг). Для перевезення цих вантажів використовують стандартні бортові автомобілі.

До великовагових вантажів належать штучні вантажі, маса окремого місця якого більше 250 кг (для накочуваних вантажів - 400 кг), навантаження та розвантаження їх проводиться механізованим способом. Для перевезення таких

вантажів необхідно застосувати спеціалізовані автомобілі великої або особливо великої вантажопідйомності або низько рамні причепа-важковози.

До легких вантажів належать: солома, сіно, бавовна, порожня тара та інші.

До фізико-механічних властивостей сільськогосподарських вантажів належать такі кути природного укосу, коефіцієнти тертя, бокового тиску та інші, які впливають на конструкцію кузова та кріплення його до рами.

Вантажі при організації та нормуванні транспортних робіт класифікують за ступенем використання номінальної вантажопідйомності транспортних засобів, що характеризується коефіцієнтом використання вантажопідйомності (відношення фактичної вантажопідйомності до номінальної) поділяються на 5 класів.

До першого класу належать вантажі, що забезпечують 100% використання вантажопідйомності рухомого складу, для яких коефіцієнт використання вантажопідйомності дорівнює 1,0; до другого - що забезпечують використання вантажопідйомності з коефіцієнтом 0,99-0,71, в середньому (для розрахунків) 0,85, до третього - 0,6, до четвертого - 0,45; до п'ятого - 0,4-0,3.

Основні види сільськогосподарських вантажів (зерно, цукровий буряк, овочі, силос, комбікорми, сіно пресоване) належать до другого класу.

Розподіл за класами основних сільськогосподарських вантажів наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Розподіл за класами основних сільськогосподарських вантажів

Найменування вантажу	В упаковці чи навалом	Середня щільність т/м ³	Клас вантажу
Кавуни, огірки, гарбузи	Навалом	0,6	2
Боби та бобові	Навалом	0,80	2

Продовження таблиці 2.1

Найменування вантажу	В упаковці чи навалом	Середня щільність т/м ³	Клас вантажу
Бруква, ріпа , морква	Навалом	0,60	1
Виноград, ягоди	В ящиках, кошиках	0,50	3
Груши, яблука свіжі	В ящиках	0,50	2
жом буряковий: свіжий	-	1,00	2
жом буряковий: сухий	-	0,22	4
Зелень городня	В решетах, кошиках	0,25	2
Злаки (зерно, насіння)	Навалом	0,75	1
Капуста свіжа	В ящиках, кошиках	0,35	2
Картопля	В ящиках, кошиках	0,70	1
Комбікорм	-	0,50	2
Кукурудза в качанах	-	0,55	2
Борошно пшеничне	У мішках	0,70	1
Гній сирий	Навалом	0,75	1
Овес	Навалом ,	0,45	2
	у мішках	0,45	1
Помідори	В ящиках	0,50	3
Силос різний готовий	Навалом	0,80	2
Торф брикетований	Навалом	0,70	1
Трава свіжа	-	0,35	3
Вугілля деревне	-	0,15	3
Добрива мінеральні та хімічні	-	1,10	1
Цитрусові	В ящиках	0,50	2
Чай різний	-	0,33-0,60	1
Яйця птахів різних	-	0,40	2

2.2 Класифікація навантажувально-розвантажувальних засобів

Номенклатура навантажувально-розвантажувальних машин і пристроїв, що застосовуються в сільському господарстві, дуже різноманітна.

Для вивчення техніко-експлуатаційних якостей усі машини та пристрої класифікують за технічними та експлуатаційними параметрами.

Усі навантажувально-розвантажувальні машини за технічними ознаками поділяють на дві основні групи: машини та пристосування з робочим органом перервної (циклічної) дії та машини і пристосування з робочим органом безперервної дії.

Машини з робочим органом перервної дії виконують комплекс операцій, пов'язаних з навантаженням і вивантаженням вантажів за циклом. При цьому робочий орган діє періодично, тобто переміщується з вантажем від місця його завантаження до місця розвантаження і знову повертається для захоплення вантажу.

До цієї групи належать: навантажувачі з захоплюючим робочим органом, розвантажувачі-перекидачі, самоскидні кузови, підіймально-транспортні пристосування.

До машин безперервної дії належать:

- транспортери з тяговим органом (стрічкові, пластинчасті, скребкові, ковшові та інші);
- транспортери без тягового органу (пневматичні, гвинтові, гідравлічні, роликові);
- Залежно від групи вантажів, що перевантажуються, усі машини поділяються на наступні види:
 - для штучних вантажів (автомобільні крани, автонавантажувачі, тельфери та інші);
 - для навалочних вантажів (екскаватори, одноковшові та багатоковшові навантажувачі, буряконавантажувачі та інші);
 - для сипких вантажів (зернонавантажувачі, пневмонавантажувачі та інші);

— для різних видів вантажу (ці машини мають змінні захоплюючі пристосування для вантажу, вила, стріли, ковші, грейфери).

— За способом агрегування: самохідні на спеціальних шасі, навісні на тракторах та автомобілях, причіпні та пересувні.

За видом приводу: від власного електродвигуна або двигуна внутрішнього згоряння; від двигуна трактора, автомобіля.

За способом встановлення: стаціонарні, напівстаціонарні, мобільні.

Мобільні машини на відміну від стаціонарних мають ходове обладнання (автокрани, автонавантажувачі, бурьконавантажувачі).

Як стаціонарні, так і пересувні навантажувально-розвантажувальні машини, крім того, поділяють на дві категорії: універсальні та спеціалізовані. До універсальних належать такі навантажувально-розвантажувальні машини, які можуть виконувати навантаження та вивантаження різних вантажів. До таких машин належать крани, автонавантажувачі, електронавантажувачі, тракторні навантажувачі та інші.

Навісні навантажувачі.

Навісні навантажувачі являють собою навантажувальне обладнання, що навішується на трактор, самохідне шасі або автомобіль. Обладнання складається з підіймальної або підіймально-поворотної стріли з вантажозахоплювальним органом (ковшем, грейфером, вилами).

Фронтальні навантажувачі з переднім розташуванням робочого органу зручні в управлінні; їм властиве підвищене навантаження на передні колеса. При задньому розташуванні передні колеса розвантажуються; однак можливі ускладнення з управлінням трактором і незручності для спостереження за процесом забору вантажу.

Розрізняють навантажувачі типів: ПФ- фронтальні та ПФП- фронтально-перекидні.

Навантажувач-стогометальник ПФ-0,5 застосовують для скиртування сіна та соломи і укладання кіп у транспортні засоби. Основний робочий орган - грабальна решітка.

До комплекту робочих органів додатково входять вила для гною та силосу, ківш для сипких вантажів.

Навантажувач ПФ-0,75 використовують при навантаженні мінеральних добрив і торфу, а також для навантаження і транспортування на короткі відстані контейнерів і піддонів. До комплекту робочих органів входять ківш для мінеральних добрив місткістю 0,5 м³, ківш для торфу - 0,75 м³, виделкове захоплення та гак.

Для збільшення транспортної вантажопідйомності навантажувачів типу ПФ і підвищення стійкості в поздовжній площині на задню підвіску базового трактора монтують як противагу ківш з піском.

Навантажувачі типу ПФП навішують на гусеничні трактори. Цим забезпечується вища прохідність навантажувального агрегату. Їх використовують при навантаженні гною, торфу, компосту, піску, гравію. У процесі роботи такі навантажувачі переміщуються від штабеля вантажу до транспорту і назад, тому цикл здійснюється за 50-60 секунд і більше.

З метою універсалізації навантажувач споряджають набором робочих органів: грейферами для сипких вантажів, гною, силосу, коренебульбоплодів, бавовни, цукрової тростини; гаками для контейнерів і штучних вантажів. Для таких навантажувачів характерне напірне затримання вантажу.

За кордоном в основному застосовують фронтальні навісні навантажувачі, що агрегатуються з тракторами, у яких потужність двигуна 15-50 кВт.

Основні переваги навантажувачів - безвідмовність у роботі, швидкий монтаж і демонтаж, універсальність. Рами навантажувачів виготовляють зварними, коробчастого перерізу з металів підвищеної міцності. Тиск масла в гідросистемах цих машин не менше 15-18 МПа.

При монтажі трактор в'їжджає в самоцентровану раму навантажувача, встановлену на ковші та стійках висунутих опор. Навісний фронтальний

навантажувач на вантажному автомобілі кріпиться в чотирьох точках. Процес монтажу триває кілька хвилин.

Навантажувач ПЕА за більшістю головних показників стоїть вище зарубіжних аналогів. Так, його продуктивність на одну тонну маси більше 30 т/год (проти 15-29 т/год), а відношення потужності до місткості ковша становить 44,2 кВт/м³ та 55,2 кВт/м³.

Самохідні телескопічні навантажувачі Manitou (Франція) серії MLT є повноповоротними або з шарнірно-зчленованою рамою, мають вантажопідйомність від 1,5 до 5 т, потужність двигунів 50-120 кВт. Вони забезпечують високу маневреність, чудовий огляд із кабіни, швидку зміну робочих органів (ковш, вила, грейфер, гідроманіпулятор). Широко розставлені колеса з потужними шинами забезпечують стабільність на нерівних ґрунтах. Такі машини активно використовуються для навантаження сипучих вантажів, кормів, гною, будівельних матеріалів і можуть оснащуватися системою нівелювання рами для роботи на схилах.

2.3 Компонувальна схема проектного універсального навантажувача

У сучасних умовах, при впровадженні нових форм господарювання, необхідне створення нових малогабаритних, порівняно простих за конструктивними рішеннями, універсальних сільськогосподарських машин.

У даному проєкті представлена модель універсального навісного тракторного навантажувача, що агрегатується з тракторами класу 0,9 та 1,4. Передбачається, що цей навантажувач в основному використовуватиметься у фермерських господарствах.

Компонувальна схема навантажувача представлена на аркуші номер один графічної частини дипломного проєкту.

На підставі опрацьованого вище матеріалу можна сказати, що подібних навісних навантажувачів наша промисловість серійно не випускає.

Технічна характеристика:

1. Вантажопідйомність – 1000 кг
2. Максимальна висота підйому ковша – 2,5 м
3. Швидкість підйому вантажу – 14 м/хв
4. Робочий тиск у системі – 8,5 МПа
5. Маса – 400 кг
6. Агрегатується з трактором – МТЗ-80

Навантажувач має жорстку зварну конструкцію, при виготовленні використовуються прокатні матеріали стандартних зразків.

Принцип роботи універсального навантажувача аналогічний автомобільним навантажувачам, значною мірою змінено лише каретку, на відміну від автомобільного варіанта, тут вона виконана у вигляді консольної жорсткої конструкції, яка кріпиться безпосередньо до вантажних вил.

Силовий циліндр, жорстко прикріплений до нерухомої рами, приводить у зворотно-поступальний рух рухому рамку, яка рухається на роликах, закріплених у чотирьох точках до нерухомої рами навантажувача (два внизу, два вгорі). Відносно рухомої рами рухається каретка, рух відбувається за рахунок ланцюга, одним кінцем закріпленого за каретку, другим – за верхню частину нерухомої рами. Ланцюг перекинуто через ролик, обертається під час руху рухомої рамки вгору (вниз). Каретка рухається відносно рухомої рамки теж на чотирьох роликах. Гідроциліндри слугують для зміни кута нахилу вантажних вил, гідроциліндри працюють від гідросистеми трактора, з яким агрегатується навантажувач.

Для роботи з сипкими матеріалами до комплекту входить вантажний ківш, який надягається на вила та закріплюється спеціальними пристосуваннями. Зміна вантажозахоплювальних органів здійснюється протягом кількох хвилин, що значною мірою впливає на оперативність навантажувально-розвантажувальних робіт різних матеріалів.

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖУВАЧА

3.1 Визначення продуктивності

Продуктивність, як показник ефективності навантажувача, залежить від багатьох чинників:

- Технічного стану та надійності механізмів;
- Фізико-механічних властивостей вантажу;
- Способів його зберігання;
- Розмірів сховищ;
- Стану покриття та розмірів навантажувального майданчика;
- Забезпеченості транспортом.

Технічну продуктивність навантажувача під час роботи з штучними та сипкими вантажами визначають за формулами:

$$Q_z = m_z / t_{\text{ц}} \quad (3.1)$$

$$Q_v = k_n \cdot V / t_{\text{ц}} \quad (3.2)$$

де m_z – маса штучного вантажу ;

V – об'єм ковша;

k_n – коефіцієнт наповнення;

$t_{\text{ц}}$ – час циклу;

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + \dots + t_n \quad (3.3)$$

$t_1 + t_2 + \dots + t_n$ – час окремих операцій;

t_1 – опускання робочого органу (3-4 с);

t_2 - під'їзд та підготовка до захоплення вантажу (10-15 с);

t_3 – захоплення, підхоплення, зачерпування (10-15 с);

t_4 - відрив та підйом вантажу (3-5 с);

t_5 – перенесення, транспортування вантажу до місця розвантаження (12-17 с);

t_6 – розвантаження, укладання;

$$t_{\text{ц}} = 4 + 15 + 15 + 5 + 17 = 56 \text{ с}$$

$$Q_z = \frac{1000}{56} = 17,86 \text{ кг/с}$$

Склад операцій у циклі залежить від виду вантажу та умов навантаження. Скорочення часу циклу можливе при суміщенні окремих операцій.

У каталогах дані продуктивності наведені для вантажів високої щільності та без урахування коефіцієнта k_t використання робочого часу, тому експлуатаційна (виробнича) продуктивність дорівнюватиме:

$$Q_e = k_t * Q \quad (3.4)$$

де $k_t = 0,3 - 0,5$;

$$Q_e = 0,4 \cdot 17,86 = 7,14 \text{ кг/с}$$

Підвищення продуктивності в результаті збільшення вантажопідйомності мінімізується стійкістю агрегату. Для вилкового навантажувача на пневматичних шинах приймають коефіцієнт вантажної стійкості $k_{в.с.} = 1,45$.

Для забезпечення стійкості рекомендується знижувати швидкість переміщення трактора до 1,5-6 м/с при використанні вантажопідйомності на 50% та до 1-4 м/с при повній реалізації вантажопідйомності.

Рух поганими дорогами не рекомендується.

3.2 Визначення зусилля відриву. Динаміка підйому вантажів

Навантажувач даного типу характеризується вантажопідйомністю m , та зусиллям відриву F_o , яке визначає якісне та кількісне навантаження основних вузлів і деталей машини.

При підйомі зв'язних і сипких вантажів, матеріалів підвищеної вологості, коренеплодів, окрім сил тяжіння вантажу та вантажозахоплювального органу F_g , необхідно долати опір відриву вантажу F_c та сили інерції F_i мас вантажу та вантажозахоплювального органу.

Тоді сумарне зусилля (3.5) дорівнює:

$$F_o = F_g + F_c + F_i \quad (3.5)$$

Виразимо через вантажопідйомність та безрозмірні коефіцієнти складові зусилля відриву:

$$\begin{aligned} F_g &= g \cdot m; \\ F_c &= k_o \cdot k_b \cdot g \cdot m; \\ F_i &= a \cdot m; \end{aligned} \quad (3.6)$$

де k_o - коефіцієнт опору відриву, що залежить від об'єму ковша та фізико-механічних властивостей вантажу;

$k_b = 0,5 - 0,65$ - коефіцієнт використання вантажопідйомності;

$a = v/t \cdot p$ - прискорення при відриві, що залежить від швидкості підйому вантажу та часу розгону, м/с^2 ;

$$k_o = \frac{\delta}{p \cdot g} \cdot k_A \quad (3.7)$$

δ - питомий опір відриву, що залежить від фізико-механічних властивостей, умов і строків зберігання, ступеня деформації та порушення механічних зв'язків при захопленні вантажу: для грубого силосу 2,5-8 кПа, для соломи 1-3 кПа, для торфосоломистого гною 3-7 кПа, для соломистого гною 6-11 кПа, для компостів

0,6-3 кПа;

p - об'ємна щільність вантажу;

g - прискорення вільного падіння;

$k_A = A/V$ - коефіцієнт, що характеризує відношення поверхні відриву до об'єму порції вантажу, м^{-1} .

Після перетворення отримуємо формулу:

$$F_o = (1 + k_o \cdot k_b + a/g) \cdot g \cdot m = k_{\text{від}} \cdot g \cdot m \quad (3.8)$$

де $a/g = 0,9 - 3,0$;

$k_{\text{від}} = 1 + k_o \cdot k_b + a/g$ - коефіцієнт відриву, що залежить від умов захоплення та відриву вантажу, конструкції робочого органа (вил).

Для коренебульбоплодів $k_{\text{від}} = 1,3 - 1,4$

гною – 1,7-2,5

кукурудзяного силоса – 1,9-2,8

соломи, сіна – 2-3

$$F_o = 1,4 \cdot 9,8 \cdot 1000 = 14\,000 \text{ Н} = 14 \text{ кН}$$

Ефективність (продуктивність) навантажувача підвищуватиметься при $k_{\text{від}} \rightarrow 1, k_{\text{в}} \rightarrow 1, k_o \rightarrow 0$ і $a/g \rightarrow 0$, тобто коли "шкідливі" зусилля та опір мають найменше значення або повністю усунені.

3.3 Поздовжня та поперечна стійкість агрегату

На стійкість агрегату впливають наступні конструктивні особливості: висота підйому вантажу, кут нахилу вантажопідіймача, швидкість пересування.

На навантажувач діють динамічні навантаження, пов'язані з умовами роботи цих машин, які необхідно враховувати при розрахунку на стійкість. До них належать інерційні сили, що виникають:

- а. при рушанні з місця та гальмуванні навантажувача, під час руху по кривій при повороті;
- б. на початку та в кінці підйому, при опусканні вантажу та рухомих елементів вантажопідіймача;
- в. на початку та в кінці підйому (нахилі) рами вантажопідіймача з вантажем на вилах;
- г. розгойдуванні в поздовжньому та поперечному напрямку вантажу та змінних робочих пристосувань.

Перекидання найбільш ймовірне, коли навантажувач перебуває в русі. Якщо навантажувач рухається по прямій (вперед або назад), то на нього діятиме інерційна сила, що виникає при прискоренні або сповільненні навантажувача та прагне його перекинути, і сила тяжіння, що утримує навантажувач. Якщо вважати, що загальна маса навантажувача зосереджена в одній точці, то перекидальна сила буде розташована паралельно поверхні руху, а утримувальна сила у всіх випадках матиме вертикальний напрямок.

Коефіцієнт поздовжньої стійкості рекомендується приймати $K_{\text{п}}=1,4-1,6$. Зі збільшенням вантажопідйомності $K_{\text{п}}$ зменшується, а при збільшенні висоти підйому вантажу зростає.

Поздовжню стійкість перевіряють при перекиданні відносно точки В (рис. 3.1) за формулою:

$$K_{\Pi} = (M_o + M_{\Pi} + \sum M_u - M_f) / M_{Fo} \quad (3.9)$$

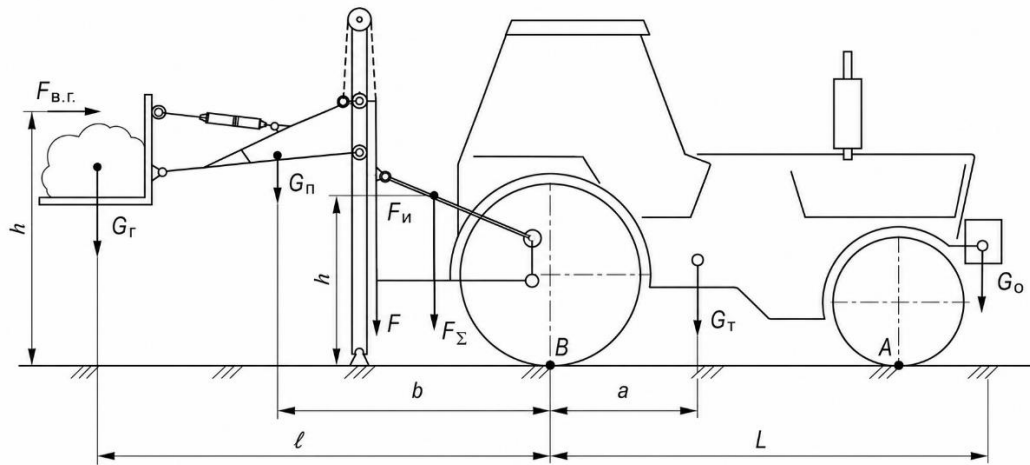


Рис. 3.1 Схема перевірки поздовжньої стійкості при перекиданні відносно точки В:

де M_o - момент сили тяжіння противаги;

M_{Π} - момент сили тяжіння навантажувача;

$\sum M_u$ - сума моментів сил інерції вантажу та навантажувача;

M_f - момент сили тертя;

M_{Fo} - момент сумарної сили відриву вантажу.

Для проектованого навантажувача формула розрахунку поздовжньої стійкості має вигляд:

$$K_{\Pi} = (M_o + M_{\Pi} + M_T - M_f) / M_{Fo} \quad (3.10)$$

Суму моментів сил інерції вантажу та вантажопідіймача не враховуємо, оскільки вона врахована при розрахунку зусилля відриву, а також не враховуємо вітрове навантаження через малу габаритність навантажувача.

Визначаємо момент сили тяжіння противаги:

$$M_o = G_o \cdot L \quad (3.11)$$

При $L = 3,820$ м і масі противаги 100 кг

$$M_o = 1000 \cdot 3,820 = 3820 \text{ Нм}$$

Визначаємо момент сили тяжіння навантажувача:

$$M_H = G_H + b = 4000 \cdot 1,85 = 7400 \text{ Нм}$$

Визначаємо момент сили тертя:

при $f = 0,07 - 0,08$ (коефіцієнт тертя)

$$M_f = f \cdot m \cdot g \cdot h_{\Pi} = 0,07 \cdot 3160 \cdot 10 \cdot 2,5 = 5530 \text{ Нм}$$

де h_{Π} – максимальна висота підйому вантажу.

Визначаємо момент сумарної сили відриву вантажу:

Силу відриву вантажу ми визначили в попередньому розділі, вона дорівнює $F_o = 14 \text{ кН}$, при $l = 2,94 \text{ м}$ момент дорівнюватиме:

$$M_{Fo} = 14000 \cdot 2,94 = 41160 \text{ Нм}$$

Визначаємо момент сили тяжіння трактора M_T :

$$M_T = G_T \cdot a \quad (3.12)$$

при $a = 0,88 \text{ м}$;

$$M_T = 31600 \cdot 0,88 = 27808 \text{ Нм}$$

Визначаємо коефіцієнт поздовжньої стійкості без урахування моменту сили тяжіння противаги:

$$K_{\Pi} = \frac{27808 + 7400 + 5530}{41160} = 0,8$$

Коефіцієнт не задовольняє необхідний інтервал, тому для забезпечення стійкості при русі агрегату на підйомах та спусках необхідно використовувати противаги. При використанні противаги вагою 100 кг ($M_o = 3820 \text{ Н} \cdot \text{м}$) коефіцієнт збільшується до 0,9-1,0, що вже відповідає прийнятним нормам.

Прискорення при гальмуванні (сповільненні) прийнято визначати зі співвідношення:

$$tg\beta = F_i / g \cdot m = a / g \quad (3.13)$$

звідки

$$a = g \cdot tg\beta \quad (3.14)$$

де $tg\beta = 0,18$ рекомендується з умов гальмування навантажувача на шляху $l_r = 3 \text{ м}$, при русі зі швидкістю $v = 12 \text{ км/год}$.

При інших значеннях a і $tg\beta$ (гальмування на ухилі) шлях гальмування дорівнює:

$$l_{\Gamma} = v^2 / (2a) \quad (3.15)$$

На підставі прийнятого нормативу можна обчислити час і шлях гальмування за формулою:

$$l_{\Gamma} = -\frac{v^2}{2a} \quad (3.16)$$

$$a = -0,18 \cdot g = -0,18 \cdot 9,81 = -1,765 \text{ м/с}^2$$

$$l_{\Gamma} = 0,283 v^2 \text{ м}$$

Поперечна стійкість

Поперечна стійкість може бути порушена під час руху навантажувача на поворотах. При повороті на косогорі (рис. 3.2) на навантажувач діє сумарна сила

$$F_{\Sigma} = g(m + m_{\text{н}} + m_{\text{т}}) \quad (3.17)$$

та сила інерції F_i , прикладені в центрі тяжіння. При цьому умова рівноваги сил має вигляд:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{F_i + F_{\Sigma} \sin \alpha}{F_{\Sigma} \cos \alpha} \leq [\operatorname{tg} \beta] \quad (3.18)$$

Подставив данные выражения значение:

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= b / \sqrt{b^2 + h^2}; \\ \cos \alpha &= h / \sqrt{b^2 + h^2}; \\ F_i &= m \cdot v^2 / R; \end{aligned} \quad (3.19)$$

і перетворивши його, отримаємо:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v^2}{g \cdot R} \cdot \frac{\sqrt{b^2 + h^2}}{h} + \frac{b}{h} \leq [\operatorname{tg} \beta] \quad (3.20)$$

При $\alpha = 0$ тобто на горизонтальній площині, і $[\operatorname{tg} \beta] = b/h$ маємо $\operatorname{tg} \beta < [\operatorname{tg} \beta]$ або $v^2 / g \cdot R < b/h$

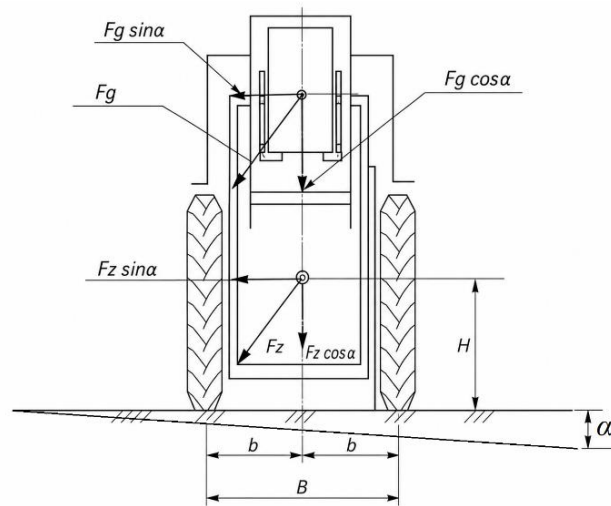


Рис. 3.2 Поворот на косогорі

Із цих співвідношень можна отримати вирази:

для швидкості руху

$$v^2 \leq R \cdot g \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (3.21)$$

для радіусу повороту

$$R \geq \frac{v^2}{g \cdot \operatorname{tg} \beta} \quad (3.22)$$

для кута ухилу

$$\beta \geq \operatorname{arctg} \frac{v^2}{R \cdot g} \quad (3.23)$$

3.4 Гідравлічна система навантажувача

Гідравлічна система проектного навантажувача включає в себе три гідроциліндри та рукави високого тиску. Один циліндр – основний, він слугує для підйому рухомої рамки, два інших слугують для зміни кута розташування вантажних вил відносно землі. Всі три гідроциліндри підключені через розподільник до гідросистеми трактора, з яким агрегатується проектований навантажувач.

Для механізму підйому рухомої рамки необхідно вибрати гідроциліндр (рис. 3.3)

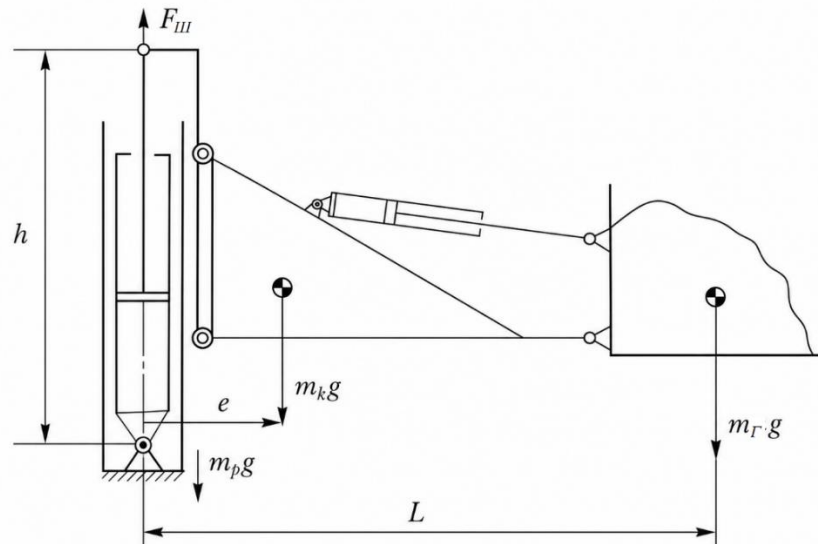


Рис. 3.3 Схема розподілу сил елементів навантажувача для визначення зусилля на штоку.

Відомо: відстань від точки кріплення гідроциліндра до центра тяжіння вантажу $L=1,7$ м, відстань до центра тяжіння каретки $l=0,75$ м, висота підйому рухомої рамки $h=2,6$ м, маса каретки $m_k=110$ кг, маса рухомої рамки $m_p=70$ кг.

Знаходимо зусилля на штоку:

$$F_{\text{ш}} = m_r \cdot g \cdot L + m_p \cdot g \cdot l + m_k \cdot g \quad (3.24)$$

$$F_{\text{ш}} = 1000 \cdot 9,8 \cdot 1,7 + 110 \cdot 9,8 \cdot 0,75 + 70 \cdot 9,8 = 18525 \text{ Н}$$

Приймаючи номінальний тиск гідросистеми $p=8,5$ МПа та коефіцієнт запасу за зусиллям на штоку $k_f=1,1$, знаходимо діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot k_f \cdot F_{\text{ш}}}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,1 \cdot 18525}{3,14 \cdot 8,5}} = 56 \text{ мм} \quad (3.25)$$

Вибираємо циліндр:

діаметр циліндра – 90 мм

хід циліндра – 1400 мм

циліндр плунжерного типу односторонньої дії.

Ц90-1400-2

Гідроциліндр нахилу

Поршневого типу, двосторонньої дії.

Діаметр поршня – 40 мм

хід поршня – 250 мм

робочий тиск – 14 мПа

Ц40-250-2

Діаметр внутрішніх рукавів високого тиску – 12 мм (з однією металевою опліткою, максимальний робочий тиск $1,35 \cdot 10^7$ кПа (135 кгс/см²)).

Схема гідравлічної системи агрегату (аркуш № 2 графічної частини) потребує різного розташування гідроциліндрів, централізованого керування ними з кабіни трактора і забезпечується триточковим, роздільно-агрегатним гідроприводом. Такий гідропривод застосовується і на тракторі МТЗ-80.

Він включає в себе масляний бак 2, насос 1 типу НШН-32-2, тризолотниковий чотирипозиційний гідророзподільник Р75-33Р, основний гідроциліндр 13 приводу механізму задньої навіски, один гідроциліндр підйому 14 навантажувача, два паралельно з'єднаних гідроциліндри 15, що змінюють кут нахилу вантажних вил, металеві трубопроводи, шланги з запірними клапанами.

Гідророзподільник конструкційно об'єднаний з перепускним 5 та запобіжним 8 клапанами, встановлений у кабіні та забезпечує паралельне живлення від одного насоса 1 основного 13 та виносних 14, 15 гідроциліндрів.

Три однакові системи буртових золотників встановлені з мінімальним зазором у циліндричні розточки чавунного корпусу та перетинають п'ять каналів і поздовжніх порожнин у ньому. Зони перетину циліндричних розточок з першим і третім каналами корпусу через шість трубопроводів і клапанів з'єднані з порожниною трьох гідроциліндрів: основного, лівого та правого виносних. Перший канал, з'єднаний зі штоковою порожниною гідроциліндрів, називається каналом опускання, а третій, що з'єднує з безштоковою порожниною – каналом підйому.

Другий канал корпусу через трубопровід постійно з'єднаний з насосом і є напірним. Через калібрований отвір у плунжері перепускного клапана напірний канал з'єднаний з каналом управління.

При нейтральному положенні всіх золотників гідроциліндри вимкнені.

3.5 Проектний розрахунок деталей навантажувача

Розрахунок вантажних вил.

1) Вважаємо, що навантаження розподілене рівномірно:

$$q = \frac{P}{l} \quad (3.26)$$

тоді, на один бік навантаження буде дорівнювати:

$$q = \frac{0,5 \cdot P}{l} = \frac{5000}{1,171} = 4,3 \text{ кН/м}$$

(Вага вантажу дорівнює 1000 кг, $P = 10000 \text{ Н}$)

2) Визначаємо реакції R_B , $\bar{X}_A$, $\bar{Y}_A$ (рис. 3.4)

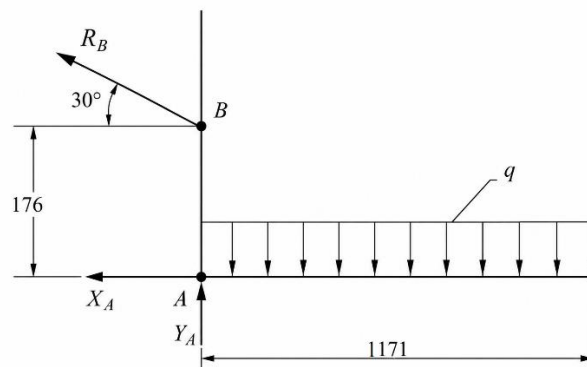


Рис. 3.4 Схема дії сил на вантажні вила

$$\sum M_A = -1,171 \cdot q \cdot \frac{1,171}{2} + R_B \cos 30^\circ \cdot 0,176 = 0 \quad (3.27)$$

$$R_B = \frac{1,171 \cdot q \cdot \frac{1,171}{2}}{\cos 30^\circ \cdot 0,176} = \frac{1,171 \cdot 4,3 \cdot \frac{1,171}{2}}{0,866 \cdot 0,176} = 19,3 \text{ кН}$$

$$\sum M_B = X_A \cdot 0,176 + 1,171 \cdot q \cdot \frac{1,171}{2} = 0 \quad (3.28)$$

$$X_A = -\frac{1,171 \cdot q \cdot \frac{1,171}{2}}{0,176} = -\frac{1,171 \cdot 4,3 \cdot \frac{1,171}{2}}{0,176} = -16,75 \text{ кН}$$

$$\sum Y_n = R_B \cos 60^\circ + Y_A - 1,171 \cdot q = 0 \quad (3.29)$$

$$Y_A = 1,171 \cdot q - R_B \cos 60^\circ = 1,171 \cdot 4,3 - 19,3 \cdot 0,5 = -4,6 \text{ кН}$$

Перевірка:

$$\sum X_n = R_B \cos 30^\circ + X_A = 19,3 \cdot 0,866 - 16,75 = 0$$

3) Розраховуємо розмір вил ковша

Будуємо епюру згинальних моментів (рис 3.5)

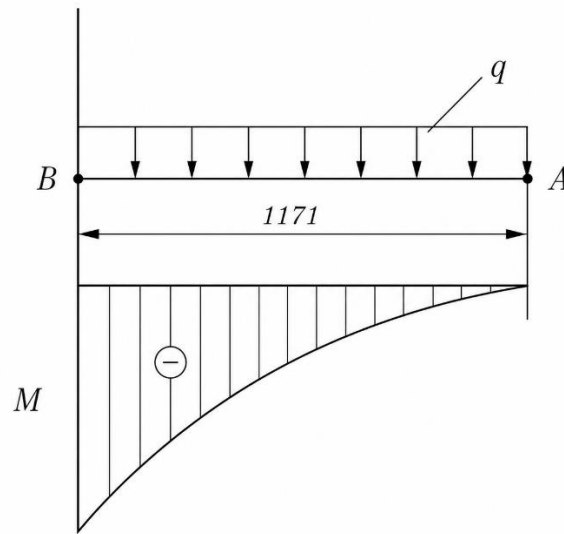


Рис. 3.5 Епюра згинальних моментів

$$M_A = 0 \quad (3.30)$$

$$M_B = -\frac{q \cdot 1,171^2}{2} = -\frac{4,3 \cdot 1,171^2}{2} = -2,95 \text{ кНм}$$

Приймаємо для вил Ст 3, для якої

$$[\delta] = 150 \text{ мПа}$$

В середині у нас прямокутна труба, тоді

$$\delta = \frac{M_3}{W_x} \leq [\delta] \quad (3.31)$$

звідси

$$W_x \geq \frac{M_3}{[\delta]} = \frac{2,95 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^6} = 19,66 \text{ см}^3$$

Приймаємо $b/h = 1,4$ (рис. 3.6)

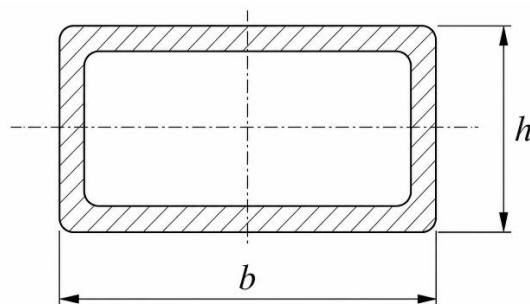


Рис.3.6 Поперечний переріз прямокутної профільної труби

Приблизно, так як товщина труби не суттєво.

$$W_x \approx \frac{b \cdot h^2}{6} \approx \frac{0,7 \cdot h^3}{3} \quad (3.32)$$

Тоді

$$h = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot W_x}{0,7}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 19,66}{0,7}} = 4,4 \text{ см}$$

Приймаємо $h = 5 \text{ см} = 50 \text{ мм}$

$$b = 1,4 \cdot h = 50 \cdot 1,4 = 70 \text{ мм}$$

Перевірочний розрахунок пальців кріплення вантажни вил до каретки

1) Пальці двозрізні, матеріал Ст 5, для якої допустима напруга зрізу $[\tau] = 80 \text{ МПа}$

Сила, діюча на зріз пальця гідроциліндра $F = R_B = 19,3 \text{ кН}$ (рис. 3.7)

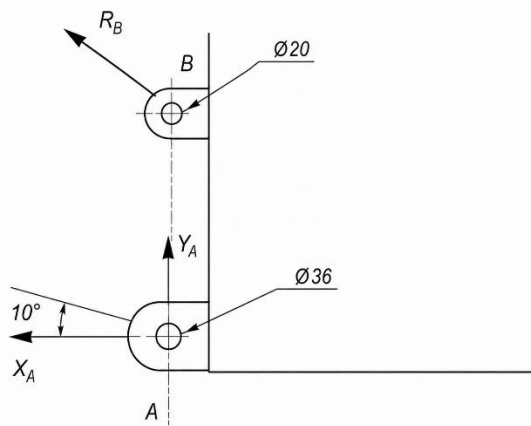


Рис.3.7 Сила, діюча на зріз пальця гідроциліндра

Діаметр $d=20 \text{ мм}$, тоді

$$\tau = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2 \cdot z} \quad (3.33)$$

де z – кількість площин зрізу ($z=2$)

$$\tau = \frac{4 \cdot 19,3 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20^2 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 30,8 < [\tau_{\text{сер}}]$$

Міцність забезпечена.

2) Розрахунок пальця каретки

Сила діюча на зріз (рис 3.10)

$$F = X_A \cos 10^\circ + Y_A \cos 80^\circ = -(16,75 \cdot 0,985 + 4,6 \cdot 0,174) = -17,3 \text{ кН}$$

Матеріал той же Ст 5

d=36 мм , тоді

$$\tau = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2 \cdot z} = \frac{4 \cdot 17,3 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 36^2 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 8,5 \text{ мПа} < [\tau_{\text{сер}}]$$

Міцність забезпечена.

Міцнісний розрахунок каретки

1) Каретку уявляємо як кронштейн (рис. 3.8)

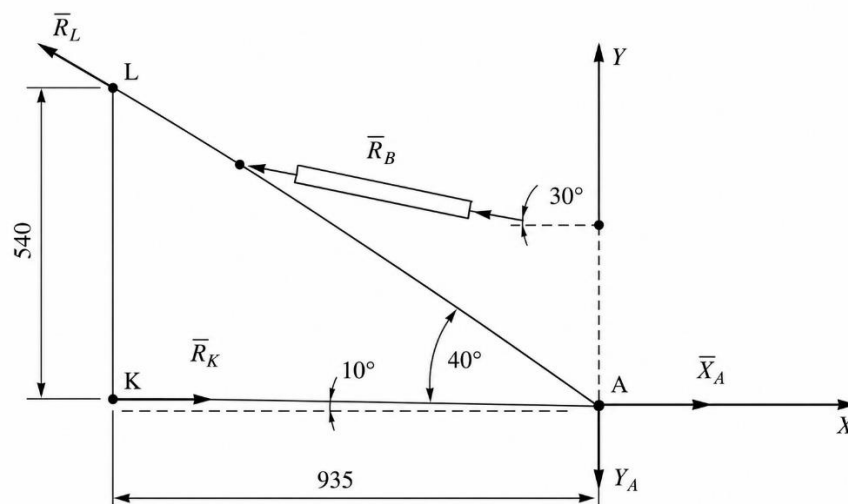


Рис. 3.8 Каретка

Стержні каретки зазнають деформації розтягу та стиску.

Визначаємо зусилля в стержнях:

$$\sum X_n = X_A + R_B \cos 30^\circ - R_L \cos 40^\circ + R_K \cos 10^\circ = 0 \quad (3.34)$$

$$\sum Y_n = -Y_A - R_K \cos 80^\circ - R_B \cos 60^\circ + R_L \cos 50^\circ = 0 \quad (3.35)$$

$$R_K = \frac{-Y_A - R_B \cos 60^\circ + R_L \cos 50^\circ}{\cos 80^\circ} = \frac{4,6 - 19,3 \cdot 0,5 + R_L \cos 50^\circ}{0,174} =$$

$$= -29 + R_L \cdot 3,69$$

$$X_A + R_B \cos 30^\circ - R_L \cos 40^\circ - 29 \cos 10^\circ + R_L \cdot 3,69 \cdot \cos 10^\circ = 0 \quad (3.36)$$

$$R_L = \frac{X_A + R_B \cos 30^\circ - 29 \cos 10^\circ}{\cos 40^\circ - 3,69 \cdot \cos 10^\circ} = \frac{-16,75 + 19,3 \cdot 0,866 - 29 \cdot 0,985}{0,766 - 3,63} =$$

$$= \frac{28,6}{2,864} = 9,99 \text{ КН}$$

Тоді

$$R_K = -29 + R_L \cdot 3,69 = -29 + 9,99 - 3,69 = 7,85 \text{ КН}$$

2) Приймаємо, що стержні – труби прямокутного перерізу.

Товщина $d=5$ мм , ширина $b=40$ мм , висота $h= 60$ см

$$[\sigma]_p \approx [\sigma]_c = 150 \text{ МПа}$$

Тоді площа перерізу дорівнює:

$$F = b \cdot h - (b - 2d)(h - 2d) = b \cdot h - b \cdot h - 2bd + 2hd - 4d^2 \quad (3.37)$$

$$F = 2d(b + h) - 4d^2 = 10 \cdot 100 - 100 = 900 \text{ мм}^2$$

Перевіряємо на міцність стержні-упори:

$$\sigma = \frac{R_K}{F} = \frac{7850}{900 \cdot 10^{-6}} = 8,72 \text{ МПа} < [\sigma]_c$$

Міцність забезпечена.

Перевіряємо міцність стержня розподільника:

$$\sigma = \frac{R_L}{F} = \frac{9990}{900 \cdot 10^{-6}} = 11,1 \text{ МПа} < [\sigma]_p$$

Міцність забезпечена.

Перевірка міцності пальців навіски трактора

1) Вага навантажувача $P_1=4000 \text{ Н}=4 \text{ кН}$, прикладемо орієнтовно в точку сили (рис 3.9)

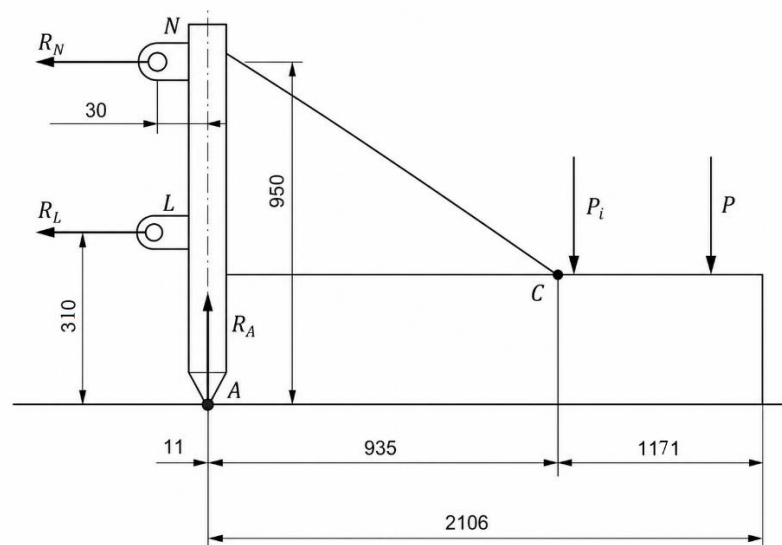


Рис. 3.9 Розрахункова схема навантажувача з прикладеними силами та реакціями опор

Визначаємо зусилля, що діють на пальці:

$$\sum M_A = P \cdot \left(\frac{1,171}{2} + 0,935 \right) + P_1 \cdot 0,935 - R_N \cdot 0,950 - R_L \cdot 0,310 = 0 \quad (3.38)$$

$$\sum Y_A = R_A - P_1 - P = 0 \quad (3.39)$$

$$\sum M_L = P \cdot \left(\frac{1,171}{2} + 0,935 + 0,014 \right) + P_1 \cdot (0,935 + 0,014) - R_a \cdot 0,014 - R_N(0,950 - 0,310) = 0$$

Розв'яжемо систему

$$R_A = P_1 + P = 4 + 10 = 14 \text{ КН}$$

$$R_N = \frac{P \cdot \left(\frac{1,171}{2} + 0,935 + 0,014 \right) + P_1 \cdot (0,935 + 0,014) - R_a \cdot 0,014}{0,640} =$$

$$= \frac{10 \cdot 1,53 + 4 \cdot 0,949 - 14 \cdot 0,014}{0,64} = \frac{18,9}{0,64} = 29,53 \text{ кН}$$

$$R_L = \frac{P \cdot \left(\frac{1,171}{2} + 0,935 \right) + P_1 \cdot 0,935 - R_N \cdot 0,950}{0,310} =$$

$$= \frac{10 \cdot 1,52 + 4 \cdot 0,935 - 29,53 \cdot 0,95}{0,310} = -29,53 \text{ кН}$$

2)Пальці двозрізні $z=2$

Матеріал Ст 5 $[\tau_c] = 80 \text{ мПа}$

Діаметр $d = 25 \text{ мм} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Перевіряємо на міцність

$$\tau = \frac{4 \cdot F_c}{\pi \cdot d^2 \cdot z} \leq [\tau_c] \quad (3.40)$$

$$\tau = \frac{4 \cdot 29,53 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 625 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 30,09 \text{ мПа} < [\tau_c]$$

Міцність забезпечена.

Розрахунок ланцюга підйому каретки

- 1) За конструкцією ланцюг перекинуто через ролик, по якому він ковзає, обертаючи його. Замість ланцюга можна взяти трос, який працюватиме навіть краще за ланцюг.
- 2) Вибираємо ланцюг роликовий однорядний ПР-25,4, з кроком 25,4 мм (1 дюйм ("дюймовий")).
- 3) Оскільки ланцюг перекинуто через ролик, то ролики зношуватися не будуть. На ланцюг діє розтягувальна сила, оскільки ланцюгів два, то на один діє сила

$$F = \frac{P}{2} = \frac{10\,000}{2} = 5\,000 \text{ Н} = 5 \text{ кН}$$

Вибраний ланцюг перевіряємо за тиском на шарнірі:

$$p = F_t / S \quad (3.41)$$

де F_t - Окружна сила, яка дорівнює $\frac{P}{2} = 5 \text{ кН}$

S – площа опорної поверхні шарніра

$$S \approx 0,3 \cdot t^2 \cdot 1 = 0,3 \cdot 25,4^2 \cdot 1 = 193,5 \text{ мм}^2$$

Тоді ,
$$p = \frac{5000}{193,5 \cdot 10^{-6}} = 25,8 \text{ МПа} < [p]$$

$$[p] = 34,3 \text{ МПа.}$$

Ланцюг можна замінити тросом, трос працює на розтяг, тоді за умови, що $[\sigma_p] = 150 \text{ МПа}$.

Площа троса:

$$F \geq \frac{p}{2[\sigma_p]} = \frac{5000}{2 \cdot 150 \cdot 10^{-6}} = 16,7 \text{ мм}^2$$

Діаметр троса:

$$\frac{\pi d^2}{4} = 16,7; d = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,7}{3,14}} = 4,6 \text{ мм}$$

Міцність забезпечена.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Вимоги техніки безпеки при підготовці до роботи та застосуванні універсального навантажувача

Експлуатація навантажувача, включаючи технічне обслуговування, здійснюється відповідно до вимог інструкції заводу-виробника.

До керування проектованого навантажувача повинні допускатися люди, які добре засвоїли правила техніки безпеки, вивчили технічний опис та інструкції з експлуатації навантажувача, пройшли спеціальну підготовку та інструктаж з техніки безпеки.

Перед початком роботи слід оглянути навантажувач, робоче обладнання та надійність кріплення збірних з'єднань. Переконавшись у їх справності, приступити до роботи.

Перед пуском двигуна необхідно перевірити, щоб важелі керування перебували у вимкненому (нейтральному) положенні.

Необхідно, щоб під час зчіпки трактора та навантажувача був присутній помічник, який би керував процесом, а також виконував роль зчіплювача. Це необхідно для уникнення нещасного випадку, травм при перекиданні навантажувача.

Перед опусканням ковша слід переконатися, що біля нього немає людей, і подати попереджувальний сигнал.

Не можна працювати з агрегатом, якщо несправні рульове керування, гальма, електроосвітлення, сигналізація.

При аварії негайно зупинити двигун, перемістити важіль керування подачею палива у відповідне положення.

При передачі навантажувача іншій особі необхідно попередити його про всі помічені несправності.

Підготовка робочого майданчика

Не працювати на майданчику з ухилом понад 5°, а також у місцях, завалених залізними обрізками, прутами, дошками, дротом тощо.

Взимку робочі майданчики необхідно регулярно очищати від снігу, льоду, посипати піском, золою або шлаком.

Під час роботи в охоронній зоні ліній електропередачі необхідно дотримуватися наступних вимог:

Відстань від будь-якої частини навантажувача або вантажу, що піднімається, в будь-якому їх положенні, в тому числі й при найбільшому підйомі або вильоті видел (ковша), до найближчого проводу, що перебуває під напругою, повинна бути не менше при напрузі лінії:

- до 1 кВ постійного струму -1,5 м;
- 1-20 кВ -2 м;
- 35-110 кВ -4 м;
- до 330 кВ -6 м;
- до 660 кВ -9 м;
- до 800 кВ -9 м.

Під час проїзду під лінією електропередачі, що перебувають під напругою, навантажувальне обладнання повинно знаходитися в транспортному положенні. Пересування поза дорогами під проводами лінії електропередач, що перебуває під напругою, повинно виконуватися в місцях найменшого провисання проводів (ближче до опори).

При переміщенні або роботі навантажувача поблизу виїмок (котлованів, траншей, каналів) дотримуватись мінімальних безпечних відстаней (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1

Залежність відстані від підшви її укусу до найближчої опори машини

Глибина виїмки, м	1	2	3	4	5
Відстань до укусу, м	1,5	3	4	5	6

Якщо неможливо витримати зазначені відстані, укуси виїмок слід надійно укріпити.

Транспортні перегони

Перед рушенням з місця необхідно подати попереджувальний сигнал. Переконалися, що немає жодних перешкод для початку руху. Під час проїзду навантажувача слід дотримуватися правил дорожнього руху.

Переїжджати через горби, канали та інші перешкоди слід під прямим кутом, на малій швидкості, з випрямленим (співвісним) положенням напіврам, низько піднятими видами (ковшем), не більше 400 мм.

На м'яких і вологих ґрунтах бути обережним.

На крутих спусках і слизькій дорозі гальмувати тільки правою гальмівною педаллю (в цьому випадку не відбувається "розриву" трансмісії) для уникнення заносів та втрати керованості.

При переїздах по дорогах з низьким коефіцієнтом зчеплення (засніженими, вологими), а також на ухилах, поворотах, косогорах та в інших складних дорожніх умовах бути особливо обережними, не робити різких поворотів, гальмувань. Допустима швидкість не більше 5,5 м/с (20 км/год).

Перед поворотом треба вибрати таку швидкість пересування, яка б забезпечувала нормальний поворот машини (без заносів, втрати стійкості тощо). [Технологічний розрахунок. Поперечна стійкість, сторінка 31]

Під час руху та роботи не сідати на навантажувач і не сходити з нього, не стояти на підніжках, крилах, даху кабіни тощо, не піднімати кабіну, не перевозити більше одного пасажирів.

Не можна вимикати двигун і змінювати передачі на крутих спусках.

Виконання робіт

Не слід виконувати роботи, що не відповідають призначенню навантажувача.

Не можна перебувати на штабелі матеріалу, який розробляється навантажувачем, для уникнення падіння.

При експлуатації навантажувача забороняється:

1. Доручати запуск двигуна та роботу на навантажувачі стороннім особам;
2. Працювати на несправному навантажувачі;

3. Піднімати вантаж над людьми, які перебувають під піднятим ковшем, а також попереду машини, що рухається, під час її роботи;
4. Піднімати вантаж, маса якого перевищує зазначену в технічній характеристиці;
5. Наповнювати ківш з розгону;
6. Робити різкі ривки під час роботи, особливо з повним ковшем, під час руху для уникнення втрати стійкості;
7. Після закінчення роботи залишати навантажувальне обладнання в піднятому положенні.

Перевезення вантажів, які закривають огляд шляху прямування навантажувача, слід виконувати в супроводі сигнальника, який повинен перебувати на відстані не більше 1 м від вантажу, що переміщується, і мати візуальний зв'язок з машиністом.

На час роботи слід акуратно заправити одяг, застібнути або обв'язати обшлагаи рукавів, підібрати звисаючі кінці, надягти головний убір.

Після закінчення роботи, перед тим як вийти з кабіни, слід опустити ківш на землю, поставити в нейтральне положення важіль керування розподільником та передачами, встановити в положення "Робочий режим" важіль діапазонів, затягнути важіль центрального гальма.

Технічне обслуговування та ремонт

Всі операції з технічного обслуговування, ремонту, усунення несправностей, очищення двигуна та навантажувача від бруду, а також з підготовки до роботи слід виконувати тільки при заглушеному двигуні.

Під час проведення робіт під навантажувачем необхідно опустити вили (ківш) на землю, заглушити двигун.

Не можна обслуговувати та ремонтувати навантажувач, піднятий на домкратах. Необхідно підкласти під балки мостів та під ківш підставки.

Під час роботи двигуна та одразу після його зупинки слід відкривати кришку заливної горловини радіатора обережно, захищаючи руки від гарячої

пари. Не стояти проти вітру, не тримати обличчя близько до горловини. Спускаючи гарячу воду з водяної системи, мастило з картера двигуна та трансмісії, слід остерігатися опіків.

Бути обережним під час огляду та обслуговування акумуляторної батареї, остерігатися потрапляння електроліту на шкіру для уникнення опіків.

При приготуванні електроліту спочатку слід налити в посуд воду, потім, безперервно помішуючи, тонким струменем доливати кислоту. Зворотний порядок не допускається.

Використання інструменту

На ручному інструменті ударної дії (зубило, керн тощо) не допускається:

1. Пошкодження (вибоїни, сколи) робочих кінців;
2. Задирки та гострі ребра на бічних гранях у місцях затискання їх рукою;
3. Тріщини, задирки та сколи на потиличній частині;
4. Перегартування.

Гайкові ключі слід підбирати за розмірами гайок. Їх робочі поверхні не повинні мати збитих скосів, а рукоятки – задирок.

Забороняється відвертати та загортати гайки гайковими ключами більших розмірів, підкладаючи металеві пластинки між гранями гайки та ключа, а також подовжувати гайкові ключі, приєднуючи інший ключ або трубу (крім спеціальних монтажних ключів).

Консервація та розконсервація

При консервації та розконсервації навантажувача на працюючого можуть впливати хімічні фактори, що належать до загальнотоксичних за ДСТУ 7748:2015; консерваційні та робочо-консерваційні масла та мастила; інгібітори корозії; лужні розчини; органічні розчинники.

Розробку, організацію та виконання конкретних операцій з консервації та розконсервації слід проводити відповідно до вимог ДСТУ 7748:2015. Правил організації технологічних процесів та гігієнічних вимог до виробничого обладнання і методичних вказівок щодо оздоровлення умов праці на виробництві

та при застосуванні інгібіторів атмосферної корозії металів та інгібованого паперу.

Вимоги пожежної безпеки

Під час експлуатації та ТО навантажувача потрібно враховувати основні причини їх загоряння, зокрема:

1. порушення герметичності комунікацій, несправностей паливної системи, загоряння палива і електропроводки при стиканні з поверхнями, які мають високі робочі температури (вихлопним колектором, глушником та опалювальною установкою);
2. спалахування палива внаслідок потрапляння іскри, яка виникає від ударів сталених деталей пошкодженого навантажувача під час ДТП;
3. спалахування палива від потрапляння іскри розряду статичної електрики;
4. спалахування спалимих конструкційних матеріалів і палива з причин несправності електрообладнання (короткого замикання, незадовільних контактів тощо);
5. спалахування спалимих конструкційних матеріалів і палива від впливу відкритого вогню (зварювальні роботи, розігрів вузлів автомобіля в зимовий період, перевірка наявності палива в паливних баках за допомогою відкритого вогню, паління та ін.).

Під час роботи та зберігання навантажувача у приміщеннях, під навісами та на відкритих майданчиках, де зберігається транспорт, не дозволяється:

- захищати виїзні ворота і проїзди;
- залишати автомобілі на стоянці з увімкненим запалюванням;
- установлювати на загальних стоянках транспортні засоби для перевезення ЛЗР та ГР, а також горючих газів;
- установлювати транспортні засоби в кількості, яка перевищує норму, порушувати план їх розміщення, зменшувати нормативну відстань між ними, а також - від них до конструктивних елементів будинків (споруд);
- проводити кувальські, термічні, зварювальні, малярні й деревооздоблювальні роботи, а також промивання деталей з

використанням ЛЗР та ГР (ці роботи повинні здійснюватися у відповідних майстернях об'єкта);

- тримати транспортні засоби з відкритими горловинами паливних баків, а також допускати витікання пального і масла;
- заправляти транспортні засоби паливом та зливати з них паливо (ці роботи слід виконувати на заправному пункті);
- зберігати тару з-під пального, а також пальне і масла;
- підзаряджати акумулятори безпосередньо на транспортних засобах;
- підігрівати двигуни відкритим вогнем (смолоскипами, паяльними лампами тощо);
- користуватися відкритим вогнем для освітлення;
- залишати в транспортних засобах промаслені обтиральні матеріали та спецодяг після закінчення роботи;
- ставити на зберігання транспорт з несправною електропроводкою та з увімкненим вимикачем "маси" (де такий є), несправною пневматичною системою гальмування;
- допускати накопичення на двигуні та його картері бруду й масла.
- використані обтиральні матеріали (промаслене кляччя, ганчір'я та ін.) слід негайно прибирати в металеві ящики з щільними кришками, а по закінченні робочого дня виносити з виробничих приміщень у спеціально відведені місця.
- при обслуговуванні та ремонті автомобілів, зв'язаних із зняттям паливних баків, а також ремонтом паливопроводів, через які може витікати паливо з баків, баки слід повністю звільнити від палива.
- зливати паливо слід у місцях, у яких унеможливлено його загоряння. Зберігати злите паливо на постах обслуговування і ремонту забороняється.
- зливати відпрацьоване масло потрібно в металеві бочки або ємкості на окремих площадках.
- забороняється технічне обслуговування і ремонт у не пристосованих для цього приміщеннях.

Небезпечні фактори, що виникають при експлуатації та ремонті проектового навантажувача

При експлуатації проектового навантажувача слід суворо дотримуватися вимог техніки безпеки. Їх порушення може призвести до небезпечних ситуацій та наслідків, що з них випливають (таблиця 6.2.)

Таблиця 6.2.

Можливі виробничі небезпеки, що виникають при експлуатації проектового універсального навантажувача

Найменування технологічного процесу	Небезпечні умови	Небезпечна дія	Небезпечна ситуація	Можливі наслідки	Заходи щодо усунення небезпечної ситуації
Зчіпка трактора з навантажувачем	Зчіплювач стоїть біля зчеплення машини	Тракторист під'їжджає на великій швидкості	Наїзд трактора на зчіплювача	Переломи, вивихи, летальний наслідок	Інструктаж
Зчіпка трактора з навантажувачем	Зчіплювач почав зчеплення до зупинки трактора	Тракторист вчасно не загальмував трактор	Наїзд трактора на зчіплювача	Переломи, вивихи	Інструктаж
Випробування навантажувача	Не подано звуковий сигнал	Помічник перебуває поблизу вантажних вил	Захоплення одягу, захоплення кінцівок	Забиття, переломи, вивихи	Інструктаж

Продовження таблиці 6.2

Найменування технологічного процесу	Небезпечні умови	Небезпечна дія	Небезпечна ситуація	Можливі наслідки	Заходи щодо усунення небезпечної ситуації
Очищення вантажного ковша	Не заглушено двигун трактора	Помічник перебуває в зоні руху каретки	Самовільне ввімкнення привода	Забиття, садна, вивихи	Інструктаж
Завантаження вантажного ковша (вил) вручну	Обмежена видимість через великогабаритний вантаж	Машиніст почав рух (підйом) без сигналу помічника	Наїзд на помічника (захоплення одягу, кінцівок)	Переломи, вивихи, летальний наслідок	Інструктаж
Ремонтні роботи під рухомою рамкою	Рухома рама не зафіксована в транспортному положенні	Машиніст перебуває під піднятою рухомою рамкою	Самовільне опускання через пошкодження гідросистем	Переломи, забиття, вивихи, садна, летальний наслідок	Інструктаж. Роботи виконувати тільки при зафіксованому положенні
Ремонтні роботи під рухомою рамкою	Двигун трактора не заглушено	Машиніст перебуває під кареткою навантажувача	Самовільне ввімкнення передачі	Наїзд на машиніста, летальний наслідок	Інструктаж

Чітке координування своїх дій, відповідальність та уважність на робочому місці дозволяє уникнути небезпечних ситуацій і зробити працю машиніста, який працює з універсальним навантажувачем, безпечною.

Опис принципу дії та розрахунок пристрою, що фіксує

При транспортуванні вантажу від місця завантаження до місця вивантаження, а також для проведення технічного обслуговування робочих органів навантажувача при піднятій каретці, необхідно фіксувати рухому рамку в певному положенні. Якщо проєктований навантажувач не буде обладнаний фіксуючим пристроєм, можливий випадок непередбаченого опускання рухомої рамки через пошкодження гідроциліндра (основного) або обриву рукавів гідросистеми, що може призвести до нещасного випадку або поломки навантажувача під час транспортування вантажу.

Фіксуючий пристрій працює за наступним принципом: основний елемент – фіксуюча рамка, виготовлена з куточка та підпружинена в робочому положенні, фіксує рухому рамку на відстані 350 мм від ґрунту, що забезпечує, своєю чергою, фіксацію вантажу, що транспортується, приблизно на цій же висоті. Ця рамка обертається на 90-100° за допомогою вала 3, жорстко привареного до неї, який своєю чергою повертається у втулках 7. Фіксуючий пристрій приводиться в робоче положення та виводиться з нього за допомогою троса 6, який своєю чергою фіксується спеціальним важелем у кабіні трактора.

Для гарантування надійної роботи фіксуючого пристрою розрахуємо куточок рамки на зріз за наступною формулою(6.1):

$$\tau = \frac{F \cdot k_3}{S \cdot i} \leq [\tau] \quad (6.1)$$

де $F=10000$ Н – максимальне навантаження на рамку;

$k_3 = 2$ – коефіцієнт запасу міцності;

$S = 5 \cdot 10^{-4}$ – площа поперечного перерізу в площинні зрізу;

i – число площин зрізу;

$[\tau] = 60$ МПа – допустима напруга зрізу.

$$\tau = \frac{10000 \cdot 2}{5 \cdot 10^{-4} \cdot 1} = 40 \text{ МПа} < [\tau]$$

Отже, надійність фіксації рухомої рамки гарантується.

РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТОВАНОГО УНІВЕРСАЛЬНОГО НАВАНТАЖУВАЧА

Для визначення економічної ефективності від впровадження проектового навантажувача, для порівняння, за базу приймаємо порталний навантажувач

ППК-0,5, який має схожий технологічний цикл із проектованим навантажувачем, хоча вантажопідйомність його менша.

Умовно базову модель позначимо індексом "Б", а проектовану індексом "П".

Технічна продуктивність за 1 годину чистого часу роботи:

$$П_T = \frac{3600 \cdot k \cdot Q}{t_{\text{ц}}} \text{ т/год} \quad (7.1)$$

де k – коефіцієнт використання вантажопідйомності:

$$k = \frac{Q_{\text{ср}}}{Q} \quad (7.2)$$

де $Q_{\text{ср}}$ - середня маса вантажу, т, що перевозиться навантажувачем за цикл;

Q - вантажопідйомність навантажувача, т;

$t_{\text{ц}}$ - середня тривалість циклу, с:

$$t_{\text{ц}} = 31 + 1,9t \quad (7.3)$$

t - час для подолання відстані від місця навантаження до місця розвантаження.

$$t_{\text{ц.п.}} = 31 + 1,9 \cdot 10,8 = 51,52 \approx 52 \text{ с}$$

$$V_{\text{р.п.}} = 4 \text{ км/год} \quad L = 12 \text{ км}$$

$$t_{\text{ц.б.}} = 60 \text{ с}$$

$k = 0,7$ -для обох навантажувачів

$$П_{\text{Т.б}} = \frac{3600 \cdot 0,7 \cdot 0,35}{60} = 14,7 \text{ т/год}$$

$$П_{\text{Т.п}} = \frac{3600 \cdot 0,7 \cdot 1}{52} = 48,5 \text{ т/год}$$

Продуктивність агрегату:

$$\Pi = \frac{\Pi_T}{t} \text{ т/люд. год} \quad (7.4)$$

де t - кількість обслуговуючого персоналу.

Для базової моделі:

$$\Pi_6 = \frac{14,7}{2} = 7,35 \text{ т/люд. год}$$

Для проекрованої:

$$\Pi_{\Pi} = \frac{48,5}{2} = 24,25 \text{ т/люд. год}$$

Трудомісткість операцій визначаємо за формулою:

$$T = \frac{t}{\Pi_T} \text{ люд. год/т} \quad (7.5)$$

За базовою моделлю:

$$T_6 = \frac{2}{14,7} = 0,14 \text{ люд. год/т}$$

За проекрованою:

$$T_{\Pi} = \frac{2}{48,5} = 0,04 \text{ люд. год/т}$$

Ступінь зниження витрат праці:

$$C_{\text{в.п.}} = 100 \cdot \frac{T_6 - T_{\Pi}}{T_6} = \frac{0,14 - 0,04}{0,14} \cdot 100 = 71,4\%$$

Річна економія витрат праці:

$$E_p = (T_6 - T_{\Pi}) \cdot Q \text{ люд. год} \quad (7.6)$$

де Q - річний об'єм роботи машини:

$$Q = \Pi_T \cdot t_n \quad (7.7)$$

де $t_n = 600$ год - проектоване завантаження нової машини.

$$Q = 48,5 \cdot 600 = 29100 \text{ т}$$

$$E_{\text{р.в.п.}} = (0,14 - 0,04) \cdot 29100 = 2910 \text{ люд. год}$$

Оплата праці машиніста:

$$З = \frac{t \cdot n_{\text{год}} \cdot k}{\Pi_T} \text{ грн/мото год} \quad (7.8)$$

де t - кількість обслуговуючого персоналу;

$n_{\text{год}} = 66,04$ грн/год - годинна тарифна ставка машиніста 4 розряду;

$k = 2,1$ - коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальне страхування та відпустку.

$$3_{\text{б}} = \frac{2 \cdot 66,04 \cdot 2,1}{14,7} = 18,86 \text{ грн/мото год}$$

$$3_{\text{п}} = \frac{2 \cdot 66,04 \cdot 2,1}{48,5} = 5,71 \text{ грн/мото год}$$

Амортизаційні відрахування та витрати на ремонт:

$$A_{\text{м}} = \frac{B_{\text{м}} \cdot H_{\text{а}} + B_{\text{тр}} \cdot H_{\text{а.тр}}}{100 \cdot Q} \text{ грн} \quad (7.9)$$

де $B_{\text{м}}$ - вартість навантажувача, грн;

$$B_{\text{м.б}} = 110000 \text{ грн}$$

$$B_{\text{м.п}} = 60000 \text{ грн}$$

$H_{\text{а}} = 14,2 \%$ - норма амортизаційних відрахувань;

$B_{\text{тр}} = 220000$ грн - вартість енергетичного засобу (трактора МТЗ-80).

$H_{\text{а.тр}} = 16,1 \%$ - норма амортизаційних відрахувань для трактора МТЗ-80;

Для базової моделі:

$$A_{\text{м.б}} = \frac{110000 \cdot 14,2 + 220000 \cdot 16,1}{100 \cdot 29100} = 1,8 \text{ грн}$$

Для проектової:

$$A_{\text{м.п}} = \frac{60000 \cdot 14,2 + 220000 \cdot 16,1}{100 \cdot 29100} = 1,5 \text{ грн}$$

Витрати на паливо-мастильні матеріали визначаємо за формулою:

$$V_{\text{пмм}} = G \cdot C_{\text{п}} \text{ грн/мото год} \quad (7.10)$$

де G - норма витрати палива на операції кг/м;

$C_{\text{п}} = 104$ грн/кг - комплексна ціна палива.

Норма витрати палива для базової та проектової моделі визначаємо за формулою:

$$G = \frac{N_{\text{ен}} \cdot g_{\text{е}} \cdot k_3}{\Pi_{\text{т}}} \text{ кг/ мото год} \quad (7.11)$$

де $N_{\text{ен}} = 55,1$ кВт - номінальна експлуатаційна потужність двигуна;

$g_e = 0,25$ кг/кВт год - кількість споживаного палива;

$k_3 = 0,85$ - коефіцієнт завантаження двигуна.

$$G_6 = \frac{55,1 \cdot 0,25 \cdot 0,85}{14,7} = 0,79 \text{ кг/мото год}$$

$$G_{\Pi} = \frac{55,1 \cdot 0,25 \cdot 0,85}{48,5} = 0,24 \text{ кг/мото год}$$

$$B_{\text{ПММ.6}} = 0,79 \cdot 104 = 82,16 \text{ грн/мото год}$$

$$B_{\text{ПММ.П}} = 0,24 \cdot 104 = 24,96 \text{ грн/мото год}$$

Загальна сума прямих експлуатаційних витрат:

$$C = 3 + A_{\text{м}} + B_{\text{ПММ}} \text{ грн/мото год} \quad (7.12)$$

За базовою моделлю:

$$C_6 = 18,86 + 1,8 + 82,16 = 102,82 \text{ грн/мото год}$$

За проектною:

$$C_{\Pi} = 5,71 + 1,5 + 24,96 = 32,17 \text{ грн/мото год}$$

Економія прямих експлуатаційних витрат:

$$E_{\text{п.е.в.}} = (C_6 - C_{\Pi}) \cdot Q = (102,82 - 32,17) \cdot 29100 = 2055915 \text{ грн}$$

Ступінь зниження прямих експлуатаційних витрат:

$$C_{\text{п.е.в.}} = \frac{C_6 - C_{\Pi}}{C_6} \cdot 100 \% = \frac{102,82 - 32,17}{102,82} \cdot 100 \% = 68,71 \%$$

Капіталовкладення, що припадає на дану операцію:

$$K_{\text{в}} = B_{\text{м}} + B_{\text{тр}} \text{ грн} \quad (7.13)$$

Для базової моделі:

$$K_{\text{в.6}} = 110000 + 220000 = 330000 \text{ грн}$$

Для проектової:

$$K_{\text{в.П}} = 60000 + 220000 = 280000 \text{ грн}$$

Питомі капіталовкладення:

$$U = \frac{K_{\text{в}}}{Q} \text{ грн/т} \quad (7.14)$$

$$U_6 = \frac{330000}{29100} = 11,34 \text{ грн/т}$$

$$U_{\Pi} = \frac{280000}{29100} = 9,62 \text{ грн/т}$$

Капіталовіддачу визначаємо за наступною формулою:

$$K_{\text{від.}} = \frac{1}{U} \text{ т/грн} \quad (7.15)$$

За базовою моделлю:

$$K_{\text{від.б.}} = \frac{1}{11,34} = 0,088 \text{ т/грн}$$

За проектованою:

$$K_{\text{від.п.}} = \frac{1}{9,62} = 0,1 \text{ т/грн}$$

Наведені витрати обчислюємо за формулою:

$$P_{\text{в}} = C + U \cdot E \text{ грн/т} \quad (7.16)$$

де $E = 0,15$ - нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності капіталовкладень.

$$P_{\text{в.б.}} = 102,82 + 11,34 \cdot 0,15 = 104,52 \text{ грн/т}$$

$$P_{\text{в.п.}} = 32,17 + 9,62 \cdot 0,15 = 33,61 \text{ грн/т}$$

Отже, річний економічний ефект дорівнюватиме:

$$E_p = (P_{\text{в.б.}} - P_{\text{в.п.}}) \cdot Q = (104,52 - 33,62) \cdot 29100 = 2063190 \text{ грн}$$

Визначаємо енергоємність процесу навантаження-розвантаження:

$$F = \frac{N_e}{P_T} \frac{\text{кВт год.}}{\text{т}} \quad (7.17)$$

де $N_e = 55,1$ - номінальна потужність двигуна, кВт.

Для базової моделі:

$$F_{\text{б}} = \frac{55,1}{14,7} = 3,75 \frac{\text{кВт год.}}{\text{т}}$$

Для проекрованої:

$$F_{\text{п}} = \frac{55,1}{48,5} = 1,14 \frac{\text{кВт год.}}{\text{т}}$$

Ступінь зниження енергоємності процесу дорівнює:

$$C_{з.е.} = \frac{F_{\text{б}} - F_{\text{п}}}{F_{\text{б}}} \cdot 100 \% = \frac{3,75 - 1,14}{3,75} \cdot 100 \% = 69,6 \%$$

Металоємність процесу:

$$M = \frac{B_{\text{м}} + B_{\text{тр}} \cdot \left(\frac{Z_{\text{оп}}}{Z_{\text{р}}} \right)}{Q_{\text{сез.}}} \text{ кг/т} \quad (7.18)$$

де $B_{\text{м}}$ - маса навантажувача, кг;

$B_{\text{м.п.}} = 400$ кг ;

$B_{\text{м.б.}} = 950$ кг ;

$B_{\text{тр}} = 3160$ маса трактора(МТЗ-80), кг;

$Z_{\text{оп}}$ - завантаження трактора на дану операцію;

$Z_{\text{р}}$ - завантаження трактора річне;

$Q_{\text{сез.}}$ - сезонний (річний) виробіток навантажувача.

$$M_{\text{б}} = \frac{950 + 3160 \cdot \left(\frac{7}{600} \right)}{8820} = 0,11 \text{ кг/т}$$

$$M_{\text{п}} = \frac{400 + 3160 \cdot \left(\frac{7}{600} \right)}{29100} = 0,015 \text{ кг/т}$$

Ступінь зниження металоємності:

$$C_{\text{м}} = \frac{M_{\text{б}} - M_{\text{п}}}{M_{\text{б}}} \cdot 100 \% = \frac{0,11 - 0,015}{0,11} \cdot 100 \% = 86,4 \%$$

Таблиця 7.1

Техніко-економічні показники

Показники	Базова модель	Проектowana модель
1.Годинна продуктивність, т/год	14,7	48,5
2.Витрати праці, люд. год/т	0,14	0,04
3.Економія витрат праці, люд/год	-	2910
4.Прямі експлуатаційні витрати, грн/м.	102,82	32,17
5.Капіталовкладення, грн	330000	280000
6.Капіталовіддача, т/грн	0,088	0,1
7.Економія прямих експлуатаційних витрат, грн	-	2055915
8.Наведені витрати, грн/т	104,52	33,61
9.Річний економічний ефект, грн	-	2063190
10.Енергоємність процесу, $\frac{\text{кВт год.}}{\text{т}}$	3,75	1,14
11.Металоємність, кг/т	0,11	0,15

ВИСНОВКИ

1. На підставі критичного аналізу існуючих навантажувально-розвантажувальних засобів (зокрема тракторних навісних навантажувачів), що застосовуються у сільськогосподарському виробництві, доведено доцільність виробництва розроблюваного навантажувача.
2. У зв'язку із застосуванням різних змінних вантажозахоплювальних органів значно розширюється діапазон виконуваних навантажувально-розвантажувальних робіт. Це доводить, що даний навантажувач є універсальним.
3. Виконаний прочносний розрахунок вузлів і деталей навантажувача показує, що проєктована модель має великий запас міцності.
4. У розділі “Охорона праці” спроектовано фіксуючий пристрій для використання при транспортуванні вантажу.
5. У сьомому розділі доведено економічну доцільність впровадження проєкту виробництва. Річний економічний ефект при впровадженні проєкту становить 2063190 гривень

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські та меліоративні машини. — К.: Вища освіта, 2008. — 544 с.
2. Ловейкін В.С., Місяць В.П. Технологічні розрахунки вантажопідіймальних і транспортуючих машин. — К.: НУБіП України, 2012.
3. Кузнєцов Ю.М., Хмельовський В.Г. Розрахунки сільськогосподарських машин. — К.: Вища школа, 2002.
4. Гідравліка, гідромашини та гідроприводи / За ред. Г.О. Петренка. — К.: Аграрна освіта, 2011.
5. Бандура В.М., Худояров Й.Л. Технічне обслуговування і ремонт машин. — К.: Аграрна освіта, 2006.
6. Вітвіцький В.В., Кисляченко М.Ф., Величко А.Є. та ін. Норми продуктивності та витрати палива на вантажно-розвантажувальні роботи. — К.: НДІ «Укراгропромпродуктивність», 2008. — 468 с.
7. Методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві нової техніки. — К.: ННЦ ІАЕ, 2011.
8. Правила охорони праці під час експлуатації навантажувачів (НПАОП 0.00-1.83-18). — К.: Держпраці, 2018.
9. Про затвердження Правил пожежної безпеки в агропромисловому комплексі України. — Онлайн-доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0313-07#Text>
10. ДСТУ 7748:2015 (ГОСТ 12.2.120-2015). Система стандартів безпеки праці. Навантажувачі будівельні. Вимоги безпеки. (Документ можна знайти у каталозі budstandart.com)
11. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. — Львів: УАД, 2016.
12. Каталог нормативних документів (ДСТУ). — Онлайн-доступ: <https://online.budstandart.com/ua/catalog>
13. Сало І.А. Економіка підприємства. — К.: Кондор, 2015.

14.ДСТУ 4397:2005. Продукція сільськогосподарська. Методи визначення економічної ефективності. — К.: Держспоживстандарт України, 2006.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Деталі</u>		
		23	СГМДП Д01.000.001	Вісь	2	
		24	СГМДП Д01.000.002	Вісь	2	
		25	СГМДП Д01.000.003	Вісь	2	
		28	СГМДП Д01.000.004	Вісь	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		29		Гайка М165.016.	2	
				Шайби		
		31		10.02.016	2	
		33		25.02.016	6	
		34		30.02.016	3	
		38		Шайба 16.01.019	2	
				Шпінти		
		42		2,5 x 16	2	
		44		5,0 x 32	2	
		45		5,3 x 36	3	
		50		Прес-мастильниця 1.1.01	4	
						Арк. 59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	01.01 – ДП 510 «С» 16.02.26.047	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				Осі		
		52		6-20h11 x 75	2	
		53		6-20h11 x 150	2	
		54		6-20h11 x 90	3	
		57		Гідроциліндр		
				Ц40-250-2	2	
				Рукави високого тиску 2-10		
				Армовані		
				РГМ-А23.1.036-78		
		61		L=410	2	
		62		L=610	2	
				Кутник		
		64		РГМ-А23.1.036-78	4	
				Штуцер прохідний		
		66		РГМ-А23.1.036-78	4	
				01.01 – ДП 510 «С» 16.02.26.047		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк. 60	

