

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

01.10 – МР. 2223 “С” 2023.12.07. 045 ПЗ

УДОВЕНКА ВОЛОДИМИРА БОРИСОВИЧА

2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.372-027.45

ПОГОДЖЕНО
Декан механіко - технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Сільськогосподарських машин
та системотехніки ім. акад. П.М.
Василенка
(назва кафедри)
доцент, к.т.н.

(підпис) Братішко В.В.
(ПІБ)
«___» _____ 2024 р.

(підпис) Гуменюк Ю.О.
(ПІБ)
«___» _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Дослідження ковшового фронтального навантажувача при роботі із зерном»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми
доктор технічних наук, проф.
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

В.В. Братішко
(ПІБ)

Керівники магістерської кваліфікаційної роботи
к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Дворник А.В.
(ПІБ)

Виконав _____
(підпис)

Удовенко Володимир Борисович
(ПІБ)

КИЇВ – 2024

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 66 сторінок пояснювальної записки формату А4, 5 розділів, 28 ілюстрацій, 4 таблиць.

Темою даної магістерської кваліфікаційної роботи є: «Дослідження ковшового фронтального навантажувача при роботі із зерном».

Мета роботи є - підвищення надійності конструкції ковшового фронтального навантажувача при роботі із зерном.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно було виконати такі задачі:

- ❖ провести аналіз літератури, наукових досліджень та передового досвіду наукової літератури, патентів, досліджень і практичних даних для технології збирання і зберігання пшениці.;
- ❖ здійснити огляд фронтальних навантажувачів зерна.
- ❖ провести дослідження щодо працездатності фронтальних навантажувачів
- ❖ провести розрахунки технологічних та кінематичних показників фронтальних навантажувачів;
- ❖ розробити заходи по покращенню охорони праці, перед початком польових робіт при використанні фронтальних навантажувачів;

Об'єкт дослідження. Технологічний процес навантаження зерна фронтальним навантажувачем.

Предмет досліджень. Рама фронтального навантажувача зерна.

Ключові слова: навантажувач, пшениця, продукція, технологія, 3D модель, охорона праці, навколишнє середовище.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ | 7 |
| Розділ 1. Технологічний процес збирання та зберігання озимої пшениці | 9 |
| 1.1. Збирання врожаю | 9 |
| 1.2. Умови зберігання зерна | 13 |
| 1.3. Правила зберігання зерна на насіння | 14 |
| Розділ 2. Огляд фронтальних навантажувачів зерна | 19 |
| 2.1. Загальна характеристика фронтальних навантажувачів | 19 |
| 2.2. Загальна класифікація навантажувачів | 22 |
| 2.3. Вимоги до вибору конструкції фронтального навантажувача | 24 |
| 2.4. Характеристика колісних навантажувачів для навантаження зерна | 27 |
| 2.5. Особливості конструктивного виконання одноківшевих фронтальних навантажувачів | 33 |
| 2.6. Конструкції основних елементів робочого обладнання фронтального навантажувача | 37 |
| Розділ 3. Дослідження основних конструктивних і технологічних параметрів одноківшового фронтального навантажувача | 43 |
| 3.1. Визначення орієнтовних значень параметрів навантажувача | 43 |
| 3.2. Дослідження динамічних навантажень рами фронтального навантажувача з використанням комп'ютерних 3D моделей у середовищі Siemens NX | 44 |
| 3.3. Результати досліджень | 48 |
| Розділ 4. Економічна ефективність вдоконалення навантажувача зерна | 52 |
| 4.1. Визначення затрат праці | 52 |
| 4.2. Визначення експлуатаційних затрат | 53 |
| 4.3. Визначення капітальних вкладень | 55 |
| Розділ 5. Охорона праці в сільськогосподарському виробництві | 56 |
| 5.1. Загальні вимоги до охорони праці | 56 |
| 5.2. Безпека праці при роботі з навантажувачем | 57 |
| 5.3. Екологічні вимоги | 58 |
| Висновки | 62 |
| Список використаної літератури | 63 |

ВСТУП

Сільське господарство є життєво необхідною галуззю народного господарства, оскільки зачіпає інтереси кожної людини. Адже 80% фонду споживання формується за рахунок сільського господарства. Воно має особливо важливе значення тому, що є однією з найбільших галузей народного господарства.

Сільське господарство розвивається на основі різних форм власності і видів господарювання – товариств з обмеженою відповідальністю, акціонерних підприємств, виробничих та обслуговуючих кооперативів, фермерських господарств, особистих підсобних господарств тощо. Для кожного з них мають бути створені однакові економічні умови щодо підвищення ефективності господарювання, розвитку самостійності та ініціативи.

Сезонний характер сільськогосподарського виробництва зумовлює нерівномірність використання робочої сили, машин і знарядь, одержання продукції та надходження коштів від її реалізації.

На кожному етапі розвитку суспільства виробництво сільськогосподарської продукції було і залишається первинною основою життя і в цьому розумінні основою будь-якого матеріального виробництва. Воно задовольняє постійно задовольняючі потреби населення в продуктах харчування, а промисловість – у сировині для виробництва продовольчих і промислових товарів широкого вжитку.

Продукція сільського господарства та промислові товари, виготовлені з неї, складають близько 75 відсотків роздрібного товарообороту державної та кооперативної торгівлі. Тобто, у сільському господарстві України виробляють майже три чверті товарів народного споживання і біля третини національного доходу, тому темпів розвитку аграрного сектору значно залежать темпи розвитку економіки держав.

За своєю природою сільське господарство є багатогранним виробником. Елементи, які його формують, органічно і організаційно взаємодіють у певному поєднанні галузей, у певній галузевій структурі.

Сільське господарство – це галузь найвищою мірою інтегрована в певну природно-економічну систему, в якій кожний компонент є обов'язковим елементом і виконує свою спеціальну роль. Через це галузі сільськогосподарських підприємств формуються від простих до комплексних, від основних до допоміжних чи підсобних.

Сільське господарство — галузь матеріального виробництва, що займається вирощуванням культурних рослин та розведенням домашніх тварин для забезпечення населення продуктами харчування, а промисловості — сировиною. Воно включає дві взаємопов'язані великі галузі — рослинництво (його ще називають землеробством) і тваринництво. Рослинництво і тваринництво, в свою чергу, поділяються на менші галузі, підгалузі, виробництва.

Розвиток сільського господарства залежить від природно-географічних і соціально-економічних передумов. До перших належать земельно-грунтові й агрокліматичні ресурси, які загалом дуже сприятливі в Україні.

Сільськогосподарські угіддя займають 42 млн гектарів, або 70% загального фонду країни. Структура сільськогосподарських угідь така: 79% - орні землі (рілля) і багаторічні насадження, 13% - пасовища, 8% - сіножаті. Найвища частка орних земель - у степових районах (70–80%) і лісостеповій зоні. Пасовища зосереджені, в основному, в Карпатах, на Поліссі та в південно-східних степових областях, сіножаті - в долинах рік лісової і лісостепової зон.

У сучасних умовах екстенсивний шлях ведення сільськогосподарського виробництва має поступитися інтенсивному - отриманню більших врожаїв сільськогосподарських культур внаслідок поліпшення обробітку земель, внесення добрив, використанню отрутохімікатів та ін., піднесенню продуктивності худоби за рахунок селекції, поліпшення кормової бази тощо. Важливо встановити правильні пропорції між рослинництвом і тваринництвом, які забезпечили б виробництво кормів.

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЗБИРАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

1.1. Збирання врожаю

Урожай і якість зерна озимої пшениці в значній мірі залежать від способу і строку збирання. Збирання врожаю доцільно проводити прямим комбайнуванням у фазі повної стиглості зерна (вологість зерна 17 % і нижче). Для цього придатні, чисті від бур'янів, одночасно дозріваючі поля, зі стійким до вилягання стеблостоєм.

Озиму пшеницю бажано збирати протягом 10 днів після повної стиглості зерна. За даними Інституту зрошуваного землеробства затримка з обмолотом пшениці на 15 днів призводить до недобору врожаю 4–5 ц/га, а 20 днів – 5–6 ц/га. За добу втрачається в середньому 0,3 ц/га зерна. Затримка зі збиранням більш, ніж на 10 діб, призводить до погіршення якості зерна та збільшує ризик зниження схожості насіння.

Тривале перебування стиглого зерна у нескошеному стані при вологій погоді, чи у перезволожених валках веде до вимивання з нього вуглеводів, зниження енергії проростання, лабораторної і польової схожості, ураження хворобами та подовження періоду його післязбирального дозрівання. Окрім того, деякі сорти мають здатність до проростання зерна в колосі.

Перевагами однофазного (прямого) збирання є більша незалежність від погодних умов. Стеблостій після дощу швидко сохне і через 1–4 години можна продовжувати збирання, тоді як для підсихання намочених дощем валків потрібно 1–2 доби, або і більше. При цьому способі збирання менші затрати енергії, нижча собівартість збиральних робіт.

До початку жнив необхідно підібрати для кожного поля такий спосіб збирання зернових культур, який би враховував зрідженість і забур'яненість, ураженість хворобами та шкідниками, сортові особливості, висоту рослин, погодні умови.

Роздільним способом доцільно збирати посіви забур'янені, різноярусні з підгоном, з підсівом трав, високорослі, схильні до осипання та нерівномірного досягання.

Оптимальні строки роздільного збирання настають у середині воскової фази стиглості, коли вологість зерна зменшується до 28–30 %. Обмолот валків проводять на 4–5-й день при вологості рослинної маси не більше 18 %.

Для рівномірного і швидкого просихання валків рекомендується зріжені посіви скошувати на висоті 10–15 см, середні (до 100 см) – 15–20 см, густі і високорослі – 20–25, але не вище 30 см. Чим густіші та високоросліші посіви, тим вищим повинен бути зріз і менша ширина захвату жатки. Це покращує обмолот та зменшує втрати зерна. Подальше збільшення висоти зрізу недопустиме, тому що під масою валка, особливо в дощову погоду, можливе вилягання стерні та опускання його на землю.

Збирання прямим комбайнуванням треба починати при досягненні більше 90 % зерна у масиві і зменшенні його вологості до 16–18 %. Після досягнення повної стиглості врожай зерна на пні залишається без змін протягом 5 діб. В подальшому з кожною добою втрачається до 1 % зерна. Тому збирання прямим комбайнуванням доцільно розпочати на одну добу раніше від досягнення фази повної стиглості.

Згідно з агротехнічними вимогами втрати при збиранні зернових колосових культур не повинні перевищувати: за валковою 7 жаткою 0,5 % біологічного врожаю при скошуванні неполегких, і 1,5 % – полегких посівів; за хедером (пряме комбайнування) – 1 % за нормальних умов збирання і 1,5 % – при збиранні полегких хлібів; за підбирачем – 0,5 %, за молотаркою комбайна – 1,5 %. Сумарні втрати зерна, як при двофазному, так і однофазному збиранні не повинні перевищувати 2,5 %, травмування зерна при збиранні насінницьких посівів – 1 %; продовольчого – 2 %.

Комплекси машин для збирання озимої пшениці

Для скошування зернових культур і укладання їх у валки використовують навісні, причіпні та самохідні валкові жатки.

Причіпні жатки ЖВП-4,9, ЖВП-6 агрегують з колісними тракторами класу 1,4.

Самохідні жатки ЖБВ-4,2, ЖВН-6Б-01, ЖБВ-5, ЖВР-10-03А агрегують із спеціальними енергетичними засобами КПС-5Г, КПС-5Б, Д-101А та Е-304. Валки підбирають підбирачами барабанно-грабельного типу (54-102А), полотенно-конвеєрними (ППТ-3А) та платформами-підбирачами, які встановлюють на зернозбиральні комбайни.

Для збирання зернових культур одно- чи двофазним способом використовують комбайни «Нива», «Енисей», «Дон» та їх модифікації, а також нові вітчизняні комбайни «Славутич», «Лан», комбайни спільного виробництва «Обрій», «Степ» і комбайни зарубіжних фірм «Клаас» (Німеччина), «Джон-Дір» (США) (CASE Axil-Fliw 5130, CASE Axil-Fliw 5088) тощо.

Незернову частину врожаю (НЗВ) збирають різними соломозбиральними засобами відповідно до технології.

Контроль і оцінка якості збиральних робіт

В процесі збирання слід систематично оцінювати якість роботи транспортних агрегатів.

При роботі жаток треба перевіряти висоту стерні, втрати вільного зерна, а також зрізаних і незрізаних колосків.

Втрати за жаткою визначають в 5—6 місцях з кожного довгого боку загону. Для цього на поверхню поля накладають квадратну рамку (із стороною 1 м) і підбирають у цьому місці всі зрізані і незрізані волоті та зерно. З волотей вручну витирають зерно, додають назбиране і важать. Загальну масу зерна (в грамах) ділять на кількість накладань рамки під час перевірки і результат перемножують на 10. Одержані дані характеризують середні показники втрат зерна (в кілограмах на 1 га). Потім обчислюють втрати зерна в відсотках до урожаю.

Загальні втрати при прямому комбайнуванні визначають як суму втрат зерна за жаткою і молотаркою, а при роздільному збиранні — як суму втрат за

підбирачем і молотаркою. Якість роботи жатки при прямому комбайнуванні оцінюють так само, як і при роздільному скошуванні хлібів.

Якість роботи молотарок контролюють, перевіряючи вміст вільного зерна і необмолочених волотей у соломі й полові, а також чистоту і дроблення зерна в бункері комбайна. Для цього очищають робочі органи комбайна від залишків зерна, повторно обмолочують дві-три копи соломі і полови. Потім збирають вручну все зерно на ділянці, закритій копами, зважують з обмолоченим зерном і перераховують на 1 га зібраної площі.

Для визначення пошкодження зерна беруть з бункера наважку, сортують зерно на ціле і пошкоджене. Кількість пошкоджених (подрібнених) часточок ділять на два чи три (залежно від ступеня дроблення, щоб подрібнені часточки перевести в цілі зерна).

Якість роботи комбайнів при підбиранні і обмолоті валків, а також при прямому комбайнуванні порівнюють з нормативними даними і оцінюють за дев'ятибальною шкалою.

Якість роботи механізаторів оцінюють за кількістю набраних балів.

Таблиця 1.1

Якісні показники збирання при прямому комбайнуванні

| Показники оцінки | Нормативи показників за умов | | Бал |
|------------------------------|------------------------------|---------------|-----|
| | сприятливих | несприятливих | |
| Загальні втрати зерна | До 2 | До 3 | 5 |
| | 2...3 | 3...5 | 4 |
| | 3...5 | 5...6 | 3 |
| | Більш як 5 | Більш як 5 | 0 |
| Дроблення зерна, % | До 2 | До 2 | 1 |
| | Більш як 2 | Більш як 2 | 0 |
| Наявність домішок у зерні, % | До 3 | До 3 | 1 |
| | Більш як 3 | Більш як 3 | 0 |
| Висота стерні | Відповідає агро вимогам | | 1 |
| | Не відповідає агро вимогам | | 0 |

1.2. Умови зберігання зерна

При збереженні зернових культур на токах та сховищах у власних господарствах втрати становлять 8–10% від зібраного врожаю (наукові данні), тому потрібно опанувати нюанси зберігання зернової продукції.

Зерно зберігають як у закритий, так і у відкритий спосіб. У першому випадку - на складах, у силосних ямах, бункерах. За таких умов оброблену зернову масу можна зберігати тривалий час. Відкритий спосіб підходить для свіжозібраного зерна на стадіях післязбиральної обробки. Зернову масу розміщують на майданчиках насипом чи у вигляді буртів для тимчасового зберігання. Кормове зерно можна зберігати більш тривалий час у буртах, контейнерах, укритих поліетиленовою плівкою.

Виділяються наступні базові технології зберігання, які найбільш придатні для промислового використання — зберігання зерна у сухому стані; в умовах герметизації; за рахунок консервування. Ефективність вказаних технологій потрібно оцінювати за показниками тривалості й надійності збереження якості зерна, рівнів енерго- й ресурсовитрат. Найчастіше сухе зерно культур, незалежно від напрямів його використання, зберігають у стаціонарних сховищах.

Під час визначення умови зберігання зерна, необхідно, насамперед, встановити структуру зернової маси. Це — суміш компонентів, більшість з яких є живими об'єктами із властивими їм фізіологічними функціями, а саме: зерно дозріває й дихає. Мікроорганізми (кліщі, комахи), наслідком життєдіяльності яких є зігрівання зернової маси, створюють умови для проростання, пліснявіння, забруднення і пошкодження зерна. Цьому сприяє також зерно бур'янів, рештки стебел, листя, суцвіття основної культури й інших рослин. Часто зернова маса містить мінеральні домішки — камінці, землю, пісок, що, в цілому, негативно впливає на стан і якість зерна. Повітря в міжзернових прошарках значно відрізняється від повітря навколишнього середовища. Як правило, воно має вищу температуру й відносну вологість, більший вміст діоксиду вуглецю. В умовах зберігання зерна (охолодження чи

герметизації зернової маси) його показники можуть змінюватися за газовим складом, температурою, відносною вологістю, барометричним тиском. Тому за встановлення режимів зберігання зернової маси необхідно, насамперед, враховувати її структурний склад. Режимми зберігання мають зводити до мінімуму фізіологічні процеси в зерновій масі, унеможливити життєдіяльність шкідників і розвиток мікрофлори. Зерно необхідно зберігати в сухому стані, піддавати охолодженню чи герметизації з урахуванням його призначення.

Основними чинниками, від яких залежить стан зернової маси, є вологість, температура й доступ кисню до зерна. Встановлено, що на терміни зберігання і якість зерна суттєво впливають механічні та смітні домішки, мікроорганізми, комахи, кліщі й параметри повітря.

Ціле зерно з низькою вологістю – більш крихке, тому руйнується при незначній деформації. За рахунок підсушування оболонки втрачають вологу й більше подрібнюються у вальцових верстатах під час виробництва борошна. Зі збільшенням вологості проміжні продукти подрібнення стають пластичніші, у результаті чого розмір деформації збільшується і відбувається менше подрібнення оболонок, які потрапляють до готової продукції. У свою чергу, підсушування проміжних продуктів подрібнення зерна залежить від параметрів повітряного середовища у виробничих приміщеннях борошномельного заводу.

1.3. Правила зберігання зерна на насіння

До закладки на зберігання допускається насіння, доведене за показниками вологості та наявності домішок до стандартного рівня. Розміщення партій насіння проводять з урахуванням сортових та посівних якостей. Репродуктивне насіння можна зберігати насипом. Висота насипу для зернових і зернобобових культур не повинна перевищувати 2 м (при активній вентиляції – до 3 м), олійних – 1 м. Засік не досипають 15-20 см до стіни.

Елітне та насіння вищих репродукцій слід тарувати в мішки, які штабелюють на дерев'яних піддонах етикетками назовні. Відстань мішків від

підлоги повинна становити не менше – 15 см, від стін сховища та між штабелями – 70 см, технологічні проходи між партіями насіння 1,5 м. Гранична кількість рядів мішків (у висоту) в штабелі при зберіганні у холодний період року становить: для пшениці, жита, ячменю, вівса, гречки, гороху, вики, кукурудзи – 8, проса – 6, ріпаку та сої – 5; льону довгунця – 12, люцерни, конюшини, тимофіївки – 5.

Зернову масу, призначену для тривалого зберігання, висушену до вологості, нижче критичної, зберігають у сухому стані. При цьому висота насипу не має значення. Температура зберігання сухого зерна хоч і несуттєво, але впливає на інтенсивність його дихання, тому завжди краще, коли вона нижча (у сховищах, під навісами тощо). Тимчасово або постійно, наприклад, зерно ячменю пивоварного зберігають вологим (15-16 %) в охолодженому режимі (з температурою нижче 10 °С). Зернову масу вологістю понад 19 % краще охолоджувати до 5-6 °С.

При зберіганні зерна в результаті втрат поживних речовин на процес дихання відбувається зменшення його маси – це природні втрати. Самозігрівання зерна, вплив на нього пліснявих грибів, пошкодження комахами, кліщами, поїдання гризунами – є факторами недбайливого господарювання. Втрати при зберіганні на складі не повинні перевищувати встановлені норми природних втрат зерна.

Погіршення якості насіння під час зберігання може відбуватися від самозігрівання, розвитку комах, кліщів, мікроорганізмів тощо. Уникнути негативного впливу вказаних явищ можна за правильної підготовки складських приміщень та насіння, раціонального розміщення його у сховищах, підтримання оптимального режиму зберігання.

Унаслідок конденсації водяних парів на насінні під час зберігання утворюється водяна плівка, що значно впливає на розвиток мікроорганізмів. При вологості, нижчій і не значно вищій за критичну, спорові бактерії в насінні розвиваються лише тоді, коли є конденсована вода.

Свіжозібране зерно нерідко має підвищену вологість, за рахунок чого інтенсивно дихає, що сприяє його самонагріванню. Цей процес інколи починається за 1-2 години після вивантаження насіння з автомашини, і навіть невеликий ступінь самонагрівання негативно позначається на придатності його до зберігання.

При вологості зерна 16 % самонагрівання не спостерігається, а при вологості 18 % проходять процеси, які супроводжують активний ріст плісневих грибів. При вологості зерна 25 % на 5-ту добу температура сягає 65 °С.

Партії зерна, які хоча б один раз частково самозігрівались, стають нестійкими при зберіганні навіть при усуненні даного процесу. Мікрофлора, яка є в наявності, при найменших сприятливих умовах знову активізується і швидко призводить до підвищення температури зернової маси.

Розвиток процесу самозігрівання (температура підвищується до 34-38 °С, цей термін триває 3-7 днів) призводить до суттєвих змін в якості та властивостях зернової маси. У такому насінні можуть пройти біохімічні перетворення, які сприятимуть скороченню його довговічності. Низька вологість, поєднана із низькою температурою, – ідеальні умови зберігання зерна.

Збереження зернопродуктів у коморах забезпечить постійний контроль за їхнім фітосанітарний станом та вчасні ефективні заходи захисту від комірних шкідників. В Україні поширено 116 видів комірних шкідників. Серед них кліщів – 34%, комах – 60 (жуки – 51, метелики – 9), мишоподібних — 6%. Потенційну загрозу можуть становити також карантинні шкідники, які проникають на територію нашої країни. Зараженість шкідниками партій будь-якого зерна, незалежно від їхнього цільового призначення, стандартами не допускається. Партії зерна, заражені шкідниками, вважаються некондиційними. Наявність шкідників не допускається навіть обмежувальними кондиціями. Як і показники свіжості, її визначають у першу чергу. У разі виявлення у зразку

зерна хоча б одного живого шкідника хлібних запасів (крім кліщів), партія до приймання не допускається.

Щодо пошкодження комірними шкідниками вирізняється показник зараженості та забруднення хлібних запасів. Зараженість свідчить про наявність живих шкідників та оцінюється технологічно відповідно до ДСТУ. Зараженість визначається кількістю екземплярів живих шкідників в 1 кг зерна (мертві – належать до смітцевої домішки і при визначенні зараженості не враховуються). документах, які характеризують якість зерна, обов'язково відмічають показник зараженості. Якщо в наважці не знайдено живих шкідників, то дане положення фіксують, як «зараженість не виявлено».

Шкідливі комірні комахи маючи високу потенційну здатність до розмноження, за тривалого зберігання зернопродуктів і сприятливих для їхнього розвитку умов можуть накопичитись у значній кількості.

Комірні шкідники дуже ненажерливі. Потомство однієї самиці млинової вогнівки за чотири місяці розвитку знищує 17,5 кг борошна, а одного комірного довгоносика – один кілограм зерна пшениці за рік. Живлячись зерном, шкідники забруднюють його шкірками від линянь, загиблими особинами, екскрементами, павутиною. Заражене шкідниками борошно склеюється у грудочки, ущільнюється, в ньому підвищуються температура й вологість. Воно змінює колір, запах і смакові якості.

Прогризене та пошкоджене зерно набагато швидше заселяють плісняві гриби, що, проростаючи, псують його, виділяючи при цьому шкідливі речовини. Ці гриби, насамперед представники роду *Fusarium*, спричиняють отруєння – мікотоксикози людей і тварин. Тому не можна використовувати зіпсоване, запліснявіле зерно для виготовлення хлібопродуктів або на корм худобі. З такого зерна не буде якісного борошна та хорошого хліба. Великої шкоди завдають комірні шкідники насінневому матеріалу, знижуючи його кондиційні показники. Так, пошкоджене насіння пшениці та кукурудзи може втратити 27–75 % схожості.

Одним із способів боротьби з комірними шкідниками є охолодження і проморожування зерна з перемішуванням вороху в холодну пору року. При зниженні температури зерна до -5, -10 °С забезпечується знищення шкідників.

Для дезінсекції комірних приміщень, токів, зерна насінного і продовольчо - фуражного призначення застосовують хімічні засоби захисту. Обробку комор можна провести інсектицидами «Фастак» (0,02 л/100 м² поверхні складу) або «Актеллік» (0,1 л/100 м²). На 100 м² поверхні з металу витрачають 2,5 л робочого розчину, з цегли – 7 л, з бетону та дерева – 5 л. Ретельно обробляють щілини, стики, вентиляційні люки та інші місця, де можуть ховатися комахи. «Актеллік» проявляє не тільки контактну дію, але й має фумігантний ефект. Тривалість захисної дії може сягати року. Для фумігації зернових запасів норма використання «Актелліку» та «Фастаку» становить 16 мл/т зерна. Дезінсекцію аерозольними обробками та фумігацію виконують спеціалізовані сертифіковані організації із дотриманням правил безпеки.

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ФРОНТАЛЬНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ ЗЕРНА

2.1. Загальна характеристика фронтальних навантажувачів

Навантажувачі – це сучасні високопродуктивні машини, призначені для виконання землерийних робіт, навантаження і переробки різномірних матеріалів: різних видів ґрунтів і гірських порід, вугілля, піску, щебеню, металевої стружки, деревної тріски, каменів тощо, а також сільськогосподарської продукції. Навантажувач може транспортувати вантажі в ковші або в захватах, буксирувати причепи або будь-яке інше обладнання на короткі відстані.

Фронтальні навантажувачі, маючи значно менші габаритні розміри і масу, ніж екскаватори, можуть піднімати набагато більшу масу вантажу; для маневрування їм не потрібна велика площа. Саме ці якості й визначили сферу їх застосування, відповідно до цього трансформувалися і робочі органи – ковші.

Стандартні ковші (з прямим ріжучим краєм без зубів) використовують під час перевантаження піску, гравію і глинистих ґрунтів. Їх комплектують також змінним двобічним ріжучим краєм (суцільним або із сегментів), виготовленим зі зносостійкої сталі високої жорсткості. Щелепні ковші збільшують висоту вивантаження на десятки сантиметрів і дають змогу навантажувачам виконувати додаткові функції (штовхання і розрівнювання ґрунту, зворотне засипання, планування, захоплення сипких і штучних вантажів).

Для оцінювання ефективності навантажувача важливі дві характеристики – ширина зіву ковша і кут його закидання, який впливає на ступінь його наповнення. Діапазон зміни кута закидання в різних моделях фронтальних навантажувачів досить широкий (34 ...53). Його визначають розмірами гідроциліндрів і типом механізму повороту ковша. Залежно від призначення навантажувача

використовують два типи механізмів повороту ковша: Z– подібний, що забезпечує підвищене зусилля відривання, і Н–подібний зі збільшеним кутом закидання (рис. 2.1 і рис. 2.2).



Рис. 2.1. Колісний фронтальний навантажувач SDLG LG918.

Сучасні однокішєві навантажувачі випускають як начіпне обладнання на гусеничні й колісні трактори, а також на колісні тягачі із шарнірно з'єднаною рамою. Однокішєві фронтальні навантажувачі завдяки своїй універсальності застосовують дедалі ширше.

Як базову машину для навантажувачів доцільно використовувати спеціальні шасі або тягачі, оскільки вони дають можливість створювати навантажувачі з кращими компоунанням і технічними показниками. Встановлення обладнання навантажувачів на промислові трактори можна розглядати як один з видів додаткового обладнання. При цьому базовий трактор можна не переробляти, проте можливості його використовуватимуться не повністю. Для збільшення вантажопідйомності навантажувального обладнання потрібно збільшувати опорну поверхню машин і робити їх спеціалізованими. Нині застосовують обидва варіанти встановлення навантажувального обладнання на промислові трактори. Режим роботи навантажувачів аналогічний режиму тягачів, тому двигуни

тракторів мають бути дворежимними. У цьому разі робочі режими для тракторів з навантажувальним обладнанням варто розглядати як особливі випадки їх експлуатації.

Останнім часом у світовому машинобудуванні спостерігається розвиток переважно пневмоколісних навантажувачів фронтального типу як найпростіших за конструкцією і надійних в експлуатації.

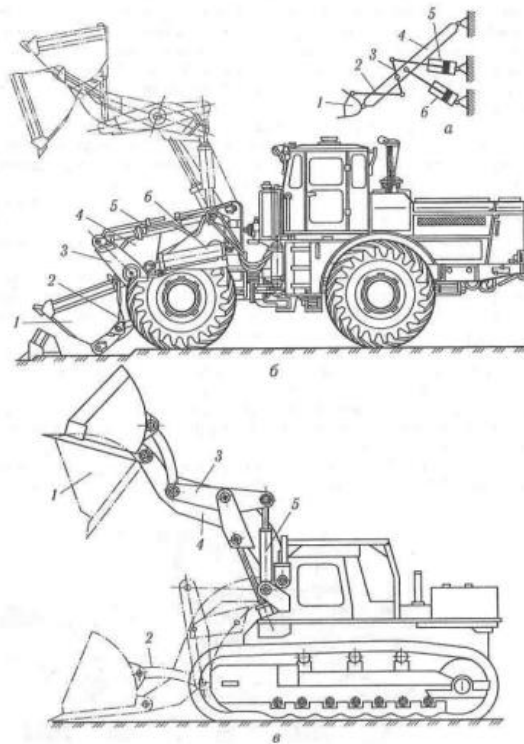


Рис. 2.2. Схеми важільно-гідравлічної системи керування робочим обладнанням одноківшевих фронтальних навантажувачів: а – пневмоколісний; б – із шарнірно з'єднаною рамою; в – гусеничний; 1 – ківш; 2, 3 – важільні механізми; 4 – стріла; 5, 6 – гідроциліндри

Гусеничні навантажувачі створюють здебільшого на базі спеціальних тракторів або модифікацій промислових тракторів на гусеничному ході, а пневмоколісні – на спеціальних самохідних пневмоколісних шасі із заднім розміщенням двигуна і пультом керування спереду. Типи одноківшевих навантажувачів вирізняються різноманітністю конструктивного виконання і мають загальне для більшості машин – наявність у передній частині ковша. Останній повертається навколо своєї осі на кут 50° і піднімається на висоту до 4 м у будівельних

навантажувачах і до 8 м - у кар'єрних. Поєднання цих рухів за одночасним рухом машини дає змогу наповнювати ківш, транспортувати вантаж і вивантажувати його на заданій висоті.

2.2. Загальна класифікація навантажувачів

Одноківшеві навантажувачі, які використовують для завантажування пшениці, класифікують за призначенням, вантажопідйомністю, напрямком розвантаження ковша, типом ходової частини і базової машини та іншими конструктивними ознаками.

За призначенням – загального призначення (з вантажопідйомністю до 70 кН) і спеціальні (кар'єрні з вантажопідйомністю понад 70 кН).

За вантажопідйомністю (основним параметром одноківшевих навантажувачів) – надлегкі (малогабаритні до 0,5 т), легкі (0,6...1,0 т), середні (1,0...3,0 т), важкі (4,0 ...10,0 т) і великовантажні (супер важкі понад 10,0 т).

За напрямком розвантаження ковша – фронтальні (з переднім розвантаженням), напівповоротні (з бічним розвантаженням), перекидні (із заднім розвантаженням). При цьому навантажувальне обладнання виконують напівповоротним, комбінованим, перекидним і фронтальним. Для напівповоротного обладнання характерне бічне розвантаження ковша, комбіноване дає змогу здійснювати і переднє, і заднє розвантаження, перекидне - тільки заднє; в разі використання найпоширенішого фронтального обладнання можливе розвантаження ковша тільки з боку розроблення матеріалу.

За типом ходової частини – на пневмоколісному ході із жорсткою рамою (із задніми й передніми керованими колесами) або із шарнірно з'єднаною рамою; на гусеничному ході. Перші мають великі транспортні швидкості, не руйнують поверхню доріг і майданчиків; другі – дають змогу розвивати в 1,2...1,5 рази більше (ніж у колісних) зусилля під час заглиблення в ґрунт силою тяги, а також мають велику маневреність унаслідок можливості розвороту на місці, що скорочує тривалість циклу на 8...25% і підвищує продуктивність на 20...30%. Для великовантажних машин, що працюють на навантаженні висадженої скельної породи, застосовують пневмогусеничні

рушії, що поєднують переваги колісного і гусеничного рушія (пневматичне колесо з металевим гусеничним протектором).

За наповненням ковша – з напірним зусиллям, яке забезпечується ходовим механізмом, або гідроциліндрами у разі застопороного ходу.

За типом приводу – дизельні, дизель-електричні, карбюраторні. За потужністю двигуна – малої потужності (до 80 кВт), середньої (180...160 кВт), потужні (160..550 кВт) та надпотужні (понад 600 кВт) (табл. 1.1 – 1.3).

Привод робочого обладнання одноківшевих навантажувачів переважно здійснюється гідроциліндрами. За характером впливу гідроциліндрів на ківш механізми навантажувачів поділяють на безважільні й важільні. Важільні механізми, у свою чергу, можуть бути одно- і багатоступінчастими.

Найпоширенішим механізмом керування робочим органом є одноступінчастий важільний механізм із перехресною системою важелів і механічною системою слідкування (рис. 1.2, а). Поворот ковша відносно стріли здійснюється гідроциліндром 5, підняття ковша зі стрілою – гідроциліндром 6. Точки кріплення важелів і гідроциліндрів за цією системою важелів вибирають так, щоб під час підняття/опускання положення ковша щодо горизонту залишалось майже незмінним, що усуває втрати зерна і вивільняє машиніста від спостереження за положенням ковша. Розвантаження навантажувача здійснюється поворотом ковша щодо стріли 4 гідроциліндром 5 (попереднє або одноразове).

Найбільшого поширення в сільськогосподарському виробництві набули фронтальні й напівповоротні навантажувачі, оскільки вони стійкі й забезпечують зручне розвантаження, мають високу маневреність і продуктивність.

На аграрних підприємствах здебільшого застосовують простіші за конструкцією неповоротні щодо бази навантажувачі з переднім розвантаженням ковша, гідравлічним приводом начіпного і робочого обладнання, на пневмоколісному ході та з шарнірно з'єднаною рамою.

2.3. Вимоги до вибору конструкції фронтального навантажувача

На ринку України наявні багато виробників і моделей фронтальних навантажувачів. Тому вибрати конкретну машину для господарства не завжди просто. У цьому плані є певні нюанси, на які бажано звертати увагу, особливо якщо навантажувач планується експлуатувати щодня. Це тим більш важливо, враховуючи потенційні проблеми з розміщенням зерна нового врожаю – багатом його доведеться буквально запитати в усі щілини, доки врожай удасться продати.

Основні технічні характеристики навантажувача – це вантажопідйомність та об'єм ковша, максимальна висота вивантаження, максимальний виліт стріли вперед, габаритні розміри та радіус розвороту. Це конкретні цифри, і замовнику тут нескладно зробити вибір, виходячи зі своїх конкретних завдань. Однак, це лише вершина айсбергу, під якою ховаються технічні особливості машини. Моделі навантажувачів різних виробників можуть мати схожі основні характеристики, бути подібними зовні, але мати різну начинку, що істотно впливає на ефективність роботи в різних умовах.

Якщо вести мову про вибір бренду виробника фронтального навантажувач, то звісно, що машини, вироблені в Європі, Північній Америці чи в Японії мають великий запас надійності й технологічності, тож їх можна сміливо обирати для роботи. Однак, це не означає, що фронтальні навантажувачі, виготовлені в інших країнах світу, передусім у Китаї, є гіршими. На світовому ринку фронтальних навантажувачів вже давно встановилися певні стандарти якості, залежно від цінового сегменту цієї техніки. Тому радше звертати увагу на конкретні експлуатаційні особливості тієї чи іншої моделі.

Тим більше, що висока технологічність і широкий функціонал моделі відомого виробника можуть і не знадобитися в конкретному господарстві, зате її сервісне обслуговування може коштувати досить дорого. Тому слід реально оцінювати потреби власного господарства та технічні можливості кожної машини.

Ще один істотний нюанс, який особливо ретельно слід враховувати при виборі моделі фронтального навантажувача – наявність дилерського обслуговування і комплектуючих. Це може перетворитися на серйозну проблему за нинішніх непростих для всієї України часів і, зокрема, для аграрного сектору. Адже своєчасно завезти комплектуючі до України сьогодні мають змогу далеко не всі дилери сільгосптехніки. І якщо ми обираємо модель бренду, яку може обслуговувати лише одна компанія на всю країну, то варто поцікавитися, який рівень сервісу їй сьогодні вдається забезпечувати.

У принципі, на цьому ринку сьогодні успішно працює ціла низка компаній, яким вдалося оговтатися після шоку перших місяців війни, вони широко відомі, тому краще обирати з-поміж них.

При виборі експлуатаційних можливостей моделі фронтального навантажувача слід відповісти на кілька запитань. Де він працюватиме: винятково у приміщенні зерносховища чи зовні також і на які відстані пересуватиметься та в яких умовах. Це потрібно для вибору гусеничного, колісного навантажувача, чи, можливо колісної машини з високою прохідністю.

Багато чого залежить і від стану підлоги чи покриття в приміщенні чи на майданчику, де працюватиме фронтальний навантажувач. На нормальній рівній поверхні характеристики стійкості фронтального навантажувача будуть значно вищими порівняно з нерівною поверхнею. Так, наприклад, шарнірні міні-навантажувачі та міні-навантажувачі з усіма поворотними колесами, на відміну від машин з бортовим поворотом, мають мінімальний вплив на опорну поверхню і не ушкоджують асфальт та інші опорні поверхні при маневруванні, особливо в поєднанні зі спеціальними шинами, що знижують питомий тиск на поверхню.

Від цього залежить і тип приводу фронтального навантажувача. Якщо машина працюватиме на відкритому повітрі, в тому числі на значних відстанях від бази господарства – слід вибирати дизельну модифікацію. Натомість якщо машина експлуатуватиметься переважно в приміщенні чи на території бази

господарства, то доцільно придбати навантажувач з електричним приводом. Відомо, сьогодні електрична машина стане у великій нагоді, оскільки дизельне пальне зараз дороге й у дефіциті.

Якщо ж ми таки мусимо придбати дизельну модифікацію фронтального навантажувача, то маємо пам'ятати, що краще обирати машину із оптимальним співвідношенням продуктивності роботи до витрати пального.

Головні критерії вибору фронтального навантажувача – це його маневреність та вантажопідйомність, а відповідно – і продуктивність роботи. Також радимо звертати увагу на якість основних компонентів і металоконструкцій, які швидко зношуються. Важливою є і якість гідравлічних компонентів.

З одного боку, нібито доцільніше зупинити свій вибір на машині зі значно більшою вантажопідйомністю, аніж вам потрібна для виконання основної частини робіт. Це забезпечить необхідний запас надійності роботи фронтального навантажувача, а також заощадити ресурс машини й забезпечити її тривалу роботу в нормальному режимі, а не на межі можливостей.

З іншого боку, чимало фермерів обирають фронтальні навантажувачі з мінімальним запасом вантажопідйомності. Адже він буде дешевшим, що для багатьох важливо, а також можна спробувати підшукати модель із найбільш ефективним співвідношенням між паливними апетитами та продуктивністю. Такий підхід може бути доречним передусім у тому випадку, якщо ми наперед упевнені в тому, що машина експлуатуватиметься з помірним навантаженням, виконуючи якийсь визначений перелік монотонних операцій. Обов'язково потрібно з'ясувати показник так званої залишкової вантажопідйомності, що дозволить зрозуміти межі можливостей тієї чи іншої моделі.

Продуктивність роботи фронтального навантажувача також істотно залежить від правильно підбраного ковша. Бажано придбати їх разом із машиною дві чи три одиниці, різної форми та об'єму – для вантажів із різною питомою вагою. Адже може виявитися, що для переміщення легких сипучих вантажів доцільніше причепити ківш, обсяг якого в півтора-два рази перевищує

стандартний. Чи, навпаки, використовувати ківш із агресивними міцними зубцями, якщо, скажімо, потрібно пересипати важкий твердий матеріал на кшталт щебеню.

Ну і, звичайно, не завадить додатковий інструментарій начіпного обладнання: палетні вила, якісь захвати тощо, щоб мати змогу виконувати якомога більш ширший спектр завдань. Це краще дозамовити безпосередньо разом із машиною, отримавши таким чином певну знижку від продавця.

Ще один найважливіший момент: обов'язково орієнтуватися на те, щоб оператору було зручно та комфортно працювати всередині. Це суттєво підвищує продуктивність та безпеку роботи. Цей момент дуже важливий, оскільки в пікові моменти навантаження людина в кабіні фронтального навантажувача може працювати багато годин підряд без перепочинку. При цьому можуть виконуватися або монотонні рухи, що сприяють втомлюваності та втраті концентрації, або ж, скажімо так, надзвичайно творчі й досить ризиковані маневри. Тому краще, щоб оператор фронтального навантажувача сидів у зручному підпружиненому кріслі з клімат-контролем та хорошою оглядовістю. Це істотно вплине на продуктивність роботи та якість виконання всіх робочих операцій.

2.4. Характеристика колісних навантажувачів для навантаження зерна

Фронтальні навантажувачі – це потужні та універсальні сільськогосподарські інструменти, які відіграють важливу роль у різних галузях аграрного виробництва.

Навантажувачі LG 918 мають такі особливості:

- якість та швидкість завантаження забезпечена Z-подібною схемою обладнання та невеликим радіусом повороту ковша;
- стійкість та безпечність машини зумовлені удосконаленою системою амортизаторів та дисковими робочими гальмами з одноконтурним пневмогідроприводом;

- покращена кабіна оператора забезпечує захист від вібрацій та шуму, а ергономічне розташування органів управління робочим обладнанням дозволяє легко виконувати найважчі маневри.

Технічні характеристики

Експлуатаційна маса — 6 200 кг

Місткість ковша — 1 м³

Статичне навантаження перекидання при повному повороті — 3670 кг

Вантажопідйомність у 1800 кг дає можливість використовувати машину в будівництві та інших навантажувально-розвантажувальних роботах. Чудові технічні характеристики забезпечені надійним двигуном та перевіреної на міцність трансмісією.

Центр ваги двигуна SINOMACH 936H CHANGLIN переміщений назад, а поздовжній баланс сильніший, щоб задні колеса не відривалися від землі.

Трансмісійна рідина призначена для повітряного охолодження для підвищення ефективності охолодження та підвищення стабільності роботи гідравлічної системи.

Використання поршневого насоса великого об'єму для збільшення робочого об'єму на 30%, діаметр гальмівного масляного каналу збільшено на 50%, технологія гальмівного поршня досягла великого прориву та отримала національний патент Китаю, вивільнення тепла гальма та продуктивність також отримали значний успіх. прорив для зменшення коефіцієнта помилок гальмування та покращення робочої стабільності.

Загальне вдосконалення гідравлічної системи, оптимізація режиму підключення гідравлічних компонентів, зменшення точки зварювання, щоб зменшити гідравлічні втрати (зменшити на 25%) і частоту відмов, а також збільшити термін служби гідравлічного елемента. .

Прийняти схему централізованого розподілу електроенергії, легке обслуговування. Вбудований запобіжник, реле, зумер тощо.



Рис. 2.3. Фронтальний навантажувач SINOMACH 936H CHANGLIN

Багатофункціональний КУН з високим рівнем маневреності забезпечує виконання великої кількості операцій у сільському господарстві, виробництві, промисловості та будівництві. Фронтальний навантажувач здійснює навантаження на висоту до 3000 мм і має вантажопідйомність 600 кг. У стандартній комплектації КУН оснащений ковшем об'ємом 0,3м³. За бажанням замовника об'єм ковша може бути збільшений 0,6м³. Ширину ковша можна вибрати відповідно до конкретних умов. Також під цю модель навантажувача можливе виготовлення додаткового навісного обладнання: щелепний ківш, гак для біг-бегів, вила для палет і сінажу, захвати для колод і тюків.

Завдяки швидкознімній конструкції фронтального навантажувача КУН Magnum-W600 – установка і демонтаж його на мінітрактор займає кілька хвилин і не вимагає спеціальних навичок. Також в інструкції з експлуатації Ви знайдете детальні схеми монтажу та підключення куна до гідравлічної системи трактора. Для більш комфортного керування навантажувачем з кабіни трактора встановлюється джостик.



Рис. 2.4. Фронтальний навантажувач швидкоз'ємний КУН Magnum-W600 на мінітрактор Kubota-244.

Фронтальний навантажувач Olimp-2000 Euro з легкістю встановлюється на трактор John Deere 6110В і підвищує його ефективність у господарстві. Завдяки широкому асортименту навісного обладнання на КУН можна без особливих зусиль провести відвантаження зернової продукції, розвантажити або ж завантажити добрива в мішках Біг-Бег, занурити на причіп колоди, тюки сіна та інший необхідний вантаж.



Рис. 2.5. КУН Olimp-2000 на трактор John Deere 6110В

Завдяки добре продуманому і потужному конструктиву, фронтальні навантажувачі Changlin успішно працюють в кар'єрах, на бетонних і цегляних заводах, тобто в найнесприятливіших умовах. Грамотний розподіл ваги і розміщення паливних і гідроємностей, дозволяє до мінімуму скоротити час робочого циклу. Трансмісія працює з постійним зусиллям тяги і не схильна до раптової зупинки. Широкий спектр навісного обладнання дозволяє вирішувати найрізноманітніші завдання. Вантажопідйомність навантажувача 5 тонн.

Стандартна комплектація колісного навантажувача Changlin (5 тонн) включає в себе: кондиціонер, широкообзорну кабіну, джойстиківого управління, систему запуску двигуна в зимовий період, додаткові гідролінії, поліпшену систему мастила.

Надійний двигун Weichai (STAYR Австрія) і коробка, виготовлена за технологією ZF, прості в обслуговуванні. Навантажувач має стандартний ківш 3,0 м³ та збільшений зерновий ківш 4,5 м³.



Рис. 2.6. Фронтальні ковшові навантажувачі Changlin 956 GT

Незважаючи на велику кількість моделей навантажувачів, вони подібні між собою за компонованням, конструкцією і принципом дії. Керування робочим обладнанням – гідравлічне. Фронтальні навантажувачі розвантажують ківш під час перекидання його вперед. Навантажувачі з розвантаженням ковша через себе виконують із гусеничним ходовим обладнанням, ковшем місткістю до 4 м³, дизельним або дизель-гідравлічним приводом і гідравлічним або рідше канатно-блоковим керуванням. Навантажувачі з бічним розвантаженням ковша за конструкцією аналогічні фронтальним, однак шарнірне з'єднання в них ковша зі стрілою дає змогу здійснювати розвантаження як у лівий, так і в правий бік від навантажувача.

Цикл роботи фронтального навантажувача, обладнаного ковшем, складається з таких операцій: переміщення навантажувача до місця набирання

матеріалу з одночасним опусканням ковша до потрібної позначки (поверхня площадки, платформи складу); заглиблення ковша в матеріал; підняття ковша зі стрілою; транспортування матеріалу до місця розвантаження; розвантаження ковша перекиданням. Змінне робоче обладнання розширює сферу застосування (універсальність) навантажувачів.

Універсальні одноківшеві навантажувачі крім основного ковша комплектують змінним і додатковим обладнанням. Загальна кількість видів змінного обладнання – до 40 назв. Спеціалізовані машини випускають із обмеженою кількістю змінного обладнання, зазвичай три – п'ять одиниць. Сучасні фронтальні навантажувачі обладнують різними шильчастими захватами з грейферними щелепами і без них для перевантаження довгомірних, волокнистих, велико кускових вантажів, а також штучних вантажів на піддонах. Фронтальні пневмоколісні навантажувачі оснащують також стріловим вантажопідіймальним обладнанням.

Високої маневреності більшості фронтальних навантажувачів досягають завдяки шарнірно з'єднаній рамі, що складається з двох частин, з'єднаних шарніром з вертикальною віссю. Задня рама слугує для монтажу силової установки, трансмісії, заднього моста і кабіни оператора, передня – для кріплення робочого обладнання з гідросистемою керування і переднього моста.

Фіксація і поворот рам одна відносно одної здійснюються двома гідроциліндрами, керованими кермовою системою слідкуючого типу, що забезпечує відносний поворот рам на кут, пропорційний куту повороту кермового колеса, величина якого коливається від 28 до 45 у кожний бік, проте для переважної більшості машин становить 40. Усі колеса фронтальних навантажувачів є ведучими, тягове зусилля створюють маса машини і вантажу, який перевозять.

Завдяки простоті й надійності одноківшеві фронтальні навантажувачі широко застосовують для усіх видів аграрних робіт, для навантаження зерна, та інших матеріалів у транспортні машини (самоскиди, залізничний транспорт), укладання матеріалів у штабель і перевантаження їх зі штабеля в

транспортні машини, конвеєри або бункери, замінюючи значно дорожчі одноківшеві екскаватори. За призначенням навантажувачі так само, як бульдозери і розпушувачі, мають відповідати певним умовам експлуатації.

2.5. Особливості конструктивного виконання одноківшевих фронтальних навантажувачів

Одноківшевий фронтальний навантажувач складається з базового транспортного засобу і навісного обладнання. Ківш, механізми підняття і повороту ковша є основним робочим обладнанням. На колісних і гусеничних навантажувачах встановлено стрілу, яку за допомогою двох гідроциліндрів можна повертати у вертикальній площині щодо нерухомої осі, закріпленої на порталі, на кут до 90°. На протилежному кінці стріли шарнірно закріплений ківш або інший змінний робочий орган. Найбільш навантаженим елементом робочого обладнання одноківшевого навантажувача є стріла, що сприймає навантаження під час черпання матеріалу, підняття ковша, руху машини з піднятим ковшем. Стріли виконують одно – або двобалковими. Однобалкова стріла має істотний недолік: для досягнення необхідної жорсткості її виконують масивною. На вітчизняних навантажувачах найчастіше встановлюють двобалкові стріли коробчастого перерізу. Важелі керування ковшем можуть мати центральне або двобічне розміщення. Нижня частина стріли біля шарніра кріплення до ковша може мати лижу для сприймання частини навантажень під час виглиблення ковша. Останнім часом лижі використовують тільки для навантажувачів на гусеничних тракторах з метою запобігання пошкодженням ходового механізму. Привод робочого обладнання навантажувачів складається з одного або двох гідроциліндрів підняття стріли та одного або двох гідроциліндрів повороту ковша або керування іншим робочим органом. Загальний вигляд і схеми навантажувача з гідротрансформатором зображено на рис. 2.7. Сучасні

конструкції навантажувачів мають привод на передні й задні осі. В разі транспортного положення одну вісь, зазвичай передню, вимикають.

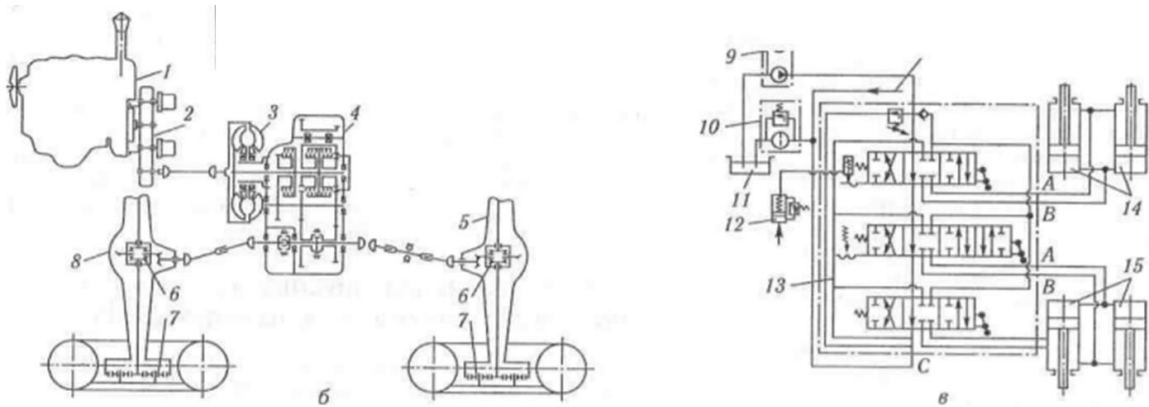


Рис. 2.7. Однокішневий навантажувач: а – загальний вигляд; б – кінематична схема: 1 – двигун; 2 – коробка відбору потужності; 3 – гідротрансформатор; 4 – коробка передач; 5 – передній міст; 6 – головна передача; 7 – ступінчастий редуктор; 8 – задній міст; в – гідросхема: 9 – насос; 10 – фільтр; 11 – масляний бак; 12 – гідровимикач; 13 – розподільник; 14 – циліндри ковша; 15 – циліндри стріли.

Механізм підняття стріли виконують із кріпленням гідроциліндра на цапфах або на вушці гільзи. У першому випадку забезпечується стабільніша характеристика тиску в гідросистемі в процесі підняття вантажу, зменшуються необхідний хід поршня, а отже, і тривалість підняття стріли, а також збільшується вантажопідйомність. У другому випадку може бути забезпечене більше виглиблювальне зусилля під час набирання матеріалу, а гідроциліндр доступніший для обслуговування і демонтажу. Для здійснення робіт за різних умов у комплекті змінного робочого обладнання навантажувачів передбачається один збільшений ківш, розрахований для роботи з матеріалами з об'ємною масою 1,2 т/м. Зменшений ківш призначений для роботи з важкими щільністю понад 2 т/м, тому конструктивно найміцніший.

Ріжучий край ковша трикутний посилений, обладнаний зубцями або зйомними коронками. Днище ковша посилене завдяки створенню просторової листової конструкції. Основний і бічний листи виготовлені зі сталевого листа великої товщини (рис. 2.8). Ковші збільшеної місткості за формою профілю і конструкції аналогічні основним ковшам і відрізняються тільки розмірами.

Ріжучий край має ряд розпушувальних зубців і, в деяких випадках, прогумований для зменшення руйнування навантажувальних матеріалів і продуктів. Для одного типорозміру навантажувача створюють іноді три–п'ять збільшених ковшів цільового призначення, місткість яких може перевищувати місткість основного ковша на 70...100%.

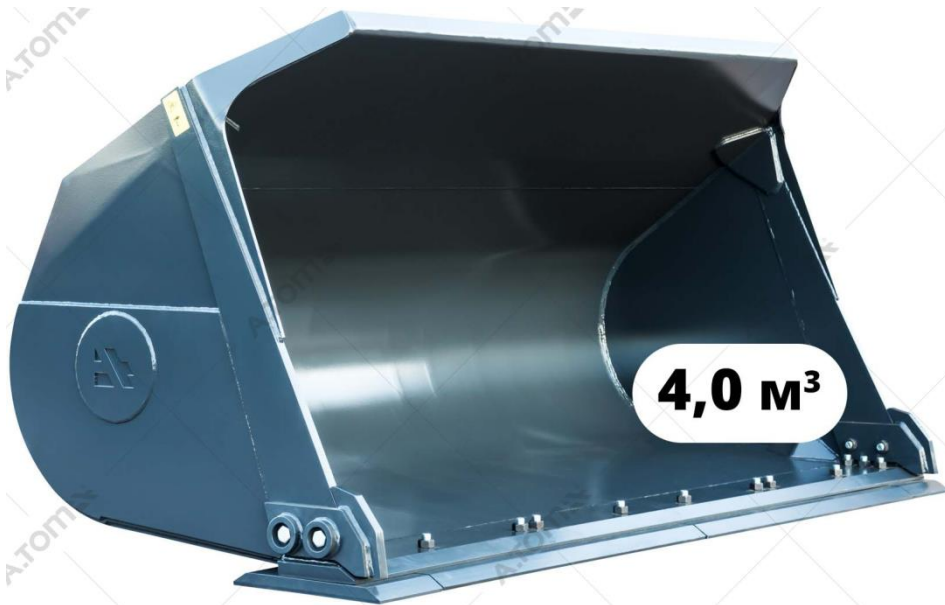


Рис. 2.8. Ківш фронтального навантажувача

У разі універсального використання навантажувачів ефективний двощелепний ківш – навантажувальний робочий орган, що функціонально може виконувати навантаження матеріалу, розроблення матеріалу бульдозером, скрепером і грейдером. Рухому щелепу можна повертати щодо бульдозерного відвала за допомогою двох гідроциліндрів, розміщених з тильного боку ковша. Кут повороту щелепи 100° ... 120° . У зв'язку з тим що металомісткість двощелепних (рис. 2.9) ковшів більша, їх об'єми зазвичай на 6...25% менші за об'єми основних ковшів. Двощелепними ковшами обладнують навантажувачі легких і середніх типорозмірів потужністю до 180 кВт.

Для скорочення непродуктивних витрат часу, зменшення частки ручної праці під час обслуговування навантажувачів широко застосовують пристрої для швидкої зміни робочих органів, які розподіляють на три групи: пристрої, що потребують для встановлення робочого органу виходу водія з робочого місця і застосування зусилля під час монтажу або демонтажу кріплення;

пристрої, що забезпечують часткову механізацію процесу заміни робочого органу; пристрої, що мають спеціальні механічні, гідравлічні або інші системи для керування фіксувальними елементами. Процес заміни робочого органу, у разі застосування останніх, не потребує виходу водія з робочого місця і докладання фізичних зусиль. Недоліками пристроїв третьої групи є значна складність і висока вартість, велика маса і менша надійність системи.



Рис. 2.9. Двощелепний ківш фронтального навантажувача.

Пристрої для швидкої зміни робочого органу (рис. 2.10) незалежно від належності до однієї з трьох груп зазвичай є проміжним конструктивним елементом (монтажною рамою), який встановлюють на важільну систему замість ковша. На монтажній рамі встановлені нерухомі й рухомі елементи кріплення робочого органу, останній має тільки нерухомі елементи кріплення.

Верхні нерухомі елементи монтажної рами і робочого органу слугують для первинного стикування, що одночасно забезпечує центрування і сполучення нижніх рухомих елементів рами з елементами робочого органу під дією сили тяжіння.

Пари нерухомих елементів первинного стикування монтажної рами і робочого органу виконують у вигляді вертикального гака, горизонтального кільця, овального паза, двох протилежно встановлених пазів у вигляді

риб'ячого хвоста тощо з такими розмірами: $B = 465 \dots 1780$ мм; $H = 285 \dots 690$ мм.

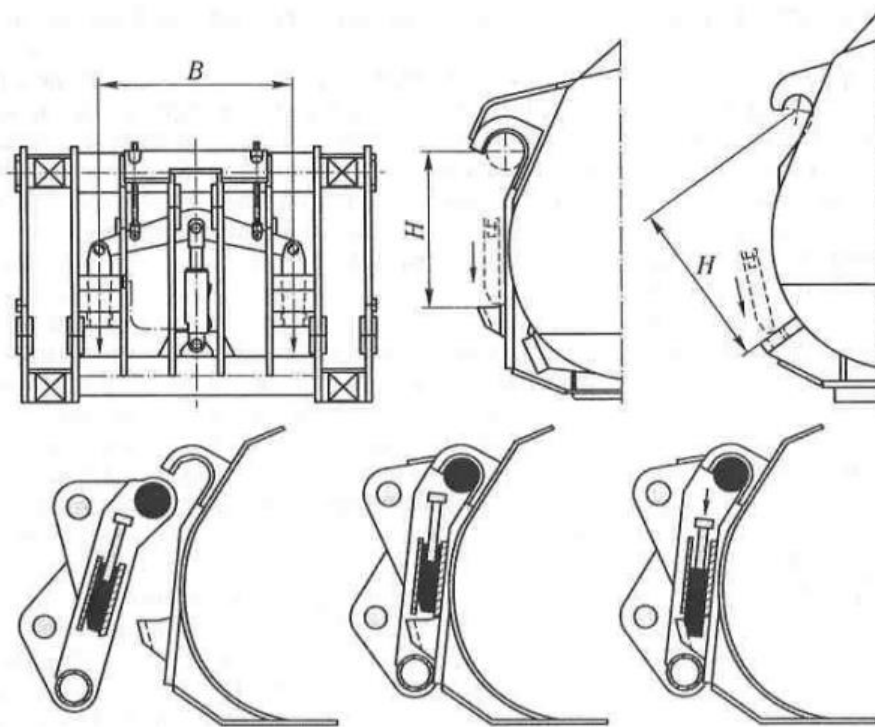


Рис. 2.10. Пристрій для кріплення робочого органу до стріли фронтального навантажувача

2.6. Конструкції основних елементів робочого обладнання фронтального навантажувача

По конструктивному рішенню виконавчі механізми універсальних навантажувачів сільськогосподарського призначення, можна розділити на дві основні групи:

- 1) важільні;
- 2) телескопічні.

На більшості навантажувачів встановлені виконавчі механізми важелів, які забезпечують найраціональнішу компоновку вузлів і отримання необхідних технологічних параметрів. Висота підйому вантажів у навантажувачів такого типу коливається від 2 до 4,5 м.

Універсальні навантажувачі з механізмами важелів – зачерпування (захоплення), підйом і вивантаження вантажів – проводять за допомогою навісного устаткування, що включає: основну раму, стрілу підйому, систему шарнірно-важеля, гідросистему і змінні робочі органи.

Навантажувачі з телескопічними виконавчими механізмами характеризуються збільшеною висотою підйому, що досягає у деяких машин 8...12 м. У таких навантажувачів є, як правило, телескопічна вантажопідйомна рама і рухома каретка, на якій шарнірно закріплюються змінні робочі органи, що нахиляється вперед і назад. За допомогою спеціальних гідроциліндрів останні можуть нахилитися (перекидатися і закидатися).

На рисунку наведені найпоширеніші конструктивні схеми навісного устаткування важільного типу, встановлюваного на універсальних навантажувачах.

Привод навісного устаткування на сучасних універсальних навантажувачах, як правило, гідрооб'ємний, що дозволяє значно спростити кінематичну схему машини, полегшити її конструкцію і компоновку основних вузлів. Застосування об'ємного гідроприводу створює також передумови для широкої уніфікації вузлів і агрегатів робочого устаткування.

Стріли навантажувачів виконуються, як правило, у вигляді прямих або зігнутих балок, що огинають ходову частину, і шарнірно закріплюються до основної (навантажувачі на спеціальних пневмоколісних шасі) або проміжної рами (навантажувачі на базі гусеничних і колісних тракторів). Підйом і опускання стріл виконується за допомогою двох гідравлічних циліндрів двосторонньої дії, штоки яких з'єднані або безпосередньо з балкою стріли, або із спеціальними, встановленими на ній кронштейнами.

На вільному кінці стріли встановлюються опорні лижі, які в процесі черпання передають значну частину виникаючих навантажень безпосередньо на ґрунт, що знижує напруги в навісному устаткуванні і базовій машині.

З метою розвантаження навісного устаткування і передачі поперечних зусиль на раму шасі або трактора деякі навантажувачі забезпечуються бічними направляючими.

Системи шарнірно-з'єднаний важелів складаються з коромисел, закріплених на стрілі, гідроциліндрів і тяги; вони виконуються по схемі паралелограма (рис. 1.8), що дозволяє зручно навішувати змінні робочі органи і автоматично повертати їх в процесі підйому і опускання стріли (тобто зберігати необхідний постійний кут нахилу робочих органів до горизонту). Цими ж гідроциліндрами, вмонтованими в систему шарнірно-важеля, проводиться нахил робочих органів (закидання, перекидання) при черпанні матеріалів і розвантаженні.

В деяких моделях навантажувачів гідроциліндри безпосередньо впливають на робочий орган.

Змінні робочі органи універсальних навантажувачів, як правило, вмонтовуються шарнірно на вільному кінці стріли або рукояті за допомогою провусин і пальців і закріплюються шарнірно до тяги систем шарнірно-важелів. Іноді на стрілах встановлюються шарнірно-проміжні універсальні рами, на яких, у свою чергу, вмонтовуються змінні робочі органи.

Змінні робочі органи універсальних сільськогосподарських навантажувачів можна розділити по видах виконуваних робіт на наступні групи:

1. Для виконання вантажних робіт з сипкими і поштучними матеріалами: ківш перекидний нормальної місткості; ківш перекидний збільшеної місткості; ківш перекидний зменшеної місткості; ківш перекидний скелетний; ківш перекидний з розвантаженням вперед і на одну сторону; ківш перекидний з розвантаженням вперед і на дві сторони; ківш двощелепний; грейфер штанговий двощелепний (вантажний); грейфер штанговий багатощелепний.

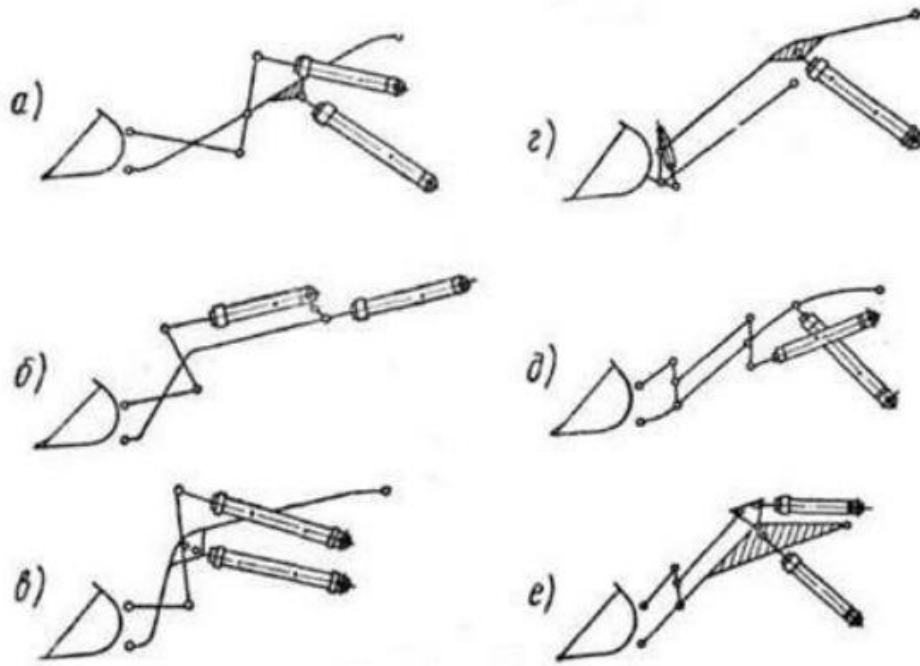


Рис. 2.11. Конструктивні схеми навісного устаткування навантажувача: а-д – фронтальних; е – напівповоротних

2. Для виконання вантажних і транспортних робіт:

ківш двощелепний; ківш зворотної лопати; грейфер штанговий двощелепний (землерийний); бульдозер універсальний; бульдозер-планувальник з неповоротним відвалом; розпушувач, навішуваний із задньої сторони базової машини; зворотна лопата, навішувана із задньої сторони базової машини.

3. Для навантажувально-розвантажувальних і підйомно-транспортних робіт з штучними і пакуються вантажами і для монтажних робіт: вильчастий підхоплювач; щелепний захоплювач для лісоматеріалів; щелепний захоплювач для штучних вантажів; спеціальний монтажно-поворотний захоплювач; гакова підвіска; безблочна стріла крана; блочна стріла крана; надставка для збільшеної висоти підйому.

Застосовуються звичайно три типи перекидних ковшів: ковші збільшеної місткості для черпання легких сипких матеріалів з об'ємною вагою до 1,2 т/м³, ковші нормальної місткості для черпання сипких і мілкокускових матеріалів з об'ємною вагою 1,2...1,8 т/м³ і ковші зменшеної місткості з подвійним дном для черпання важких матеріалів з об'ємною вагою 1,8...2,5 т/м³.

Такий розподіл ковшів по об'ємній вазі перенавантажуваних матеріалів є умовним, оскільки при цьому не враховуються внутрішнє тертя, форма шматків матеріалів, їх абразив і ін.

Під номінальною місткістю ковша розуміється середній об'єм матеріалу в ковші з шапкою, що практично досягається.

Під геометричною місткістю розуміється об'єм, обмежений внутрішньою шириною і площею стінки торця ковша.

Геометричні місткості ковшів (нормальної, збільшеної або зменшеної місткості) визначаються відповідно до номінальної вантажопідйомності навантажувача по формулі

$$V_T = \frac{Q}{\gamma K_H}, \text{ м}^3 \quad (2.1)$$

де Q – номінальна вантажопідйомність в тс; γ – об'ємна вага матеріалу; K_H – коефіцієнт, що характеризує ступінь наповнення ковша.

Ковші нормальної місткості мають плоске днище, закруглену задню стінку і скошені плоскі бічні стінки; в передній частині ковша розташований ріжучий край, що наплавляється зносостійким матеріалом або виконаний цілком з легованої сталі. Ковші для важких робіт забезпечуються зубцями.

У ряді випадків ковші забезпечуються зубами, встановлюваними шарнірно в нижній тильній частині ковша. При русі навантажувача заднім ходом зуби повертаються до упора, і ними проводиться розпушення ґрунту; при русі навантажувача вперед зуби відкидаються, і навантажувач працює звичайним способом.

Завдяки установці відкидних зубців на тильній стороні ковша розпушення проводиться при зворотному ході навантажувача.

Для збільшення ступеня наповнення ковшів і запобігання матеріалів від розсипу ковші навантажувачів обладнуються задніми козирками.

Забір матеріалу ківшом проводиться натиском всієї машини. Навантажувачі обладнуються механізмами, що забезпечують примусовий

поворот ковша в штабелі. Виглиблення ковшів проводиться при тому, що спирання їх на ґрунт відбувається через два спеціальні черевики,

розташовані на стрілі або самому ковші, що зменшує на 30...50% необхідне зусилля для врізання ковша в штабель і знижує навантаження на машину в процесі виглиблення ковша.

Питомі напірні зусилля на 1 пог. см ріжучого краю ковша в сучасних навантажувачах складають: 250...400 Н для навантажувачів невеликої потужності, 350...808 Н для навантажувачів середніх типорозмірів і до 1200 Н – для важких навантажувачів.

Глибина ковша приймається звичайно рівною 0,4...0,5 його ширини. Ширина ковша нормальної і збільшеної місткості приймається на 50...100 мм більше ширини сліду базової машини; ширина ковша зменшеної місткості може бути менше ширини сліду базового трактора або шасі. З метою зменшення опору зануренню ковша в матеріал ріжучі краї бічних стінок мають нахил щодо днища на кут $\beta = 50 \dots 60^{\circ}$; кут загострення ріжучих країв приймається в межах $\delta = 30 \dots 40^{\circ}$

Кути розчину ковшів (нахил верхньої стінки до днища) звичайно встановлюються рівними 40...60 (менше значення приймається для ковшів зменшеної місткості, більше – для ковшів збільшеної місткості).

Ковші збільшеної місткості мають геометричну місткість, в 1,25 рази більшу в порівнянні з ковшами нормальної місткості.

Ковші зменшеної місткості розраховані на важкі умови роботи. Вони більш міцні по конструкції, мають жорстке днище і забезпечуються зубцями на ріжучому краї, а в деяких випадках також і відкидними зубцями на тильній стороні для попереднього розпушення матеріалів. Місткість таких ковшів складає приблизно 0,75 від місткості основного ковша.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОДНОКОВШОВОГО ФРОНТАЛЬНОГО НАВАНТАЖУВАЧА

3.1. Визначення орієнтовних значень параметрів навантажувача

Об'єм основного ковша:

$$E_0 = \frac{Q_H \cdot 10^3}{\gamma k_H g} = \frac{40 \cdot 10^3}{800 \cdot 1,25 \cdot 9,8} = 2,04 \text{ м}^3 \quad (3.1)$$

Де $Q_H = 20$ т – номінальна вантажопідйомність, $\gamma = 800$ кг/м³ – щільність пшениці для перевантаження, $k_H = 0,6 \dots 1,25$ – коефіцієнт заповнення ковша; $g = 9,8$ м/с² – прискорення вільного падіння.

Приймаємо в розрахунках $k_H = 1,25$.

Маса навантажувача:

$$m_0 = K_E E_0 = 7,2 \cdot 2,04 = 14,69 \text{ т} \quad (3.2)$$

де $K_E = 7,2$ т/м³.

Маса робочого обладнання навантажувача:

$$m_{po} = (0,2 \dots 0,27)m_0 = 0,25m_0 = 0,25 \cdot 14,69 = 3,67 \text{ т} \quad (3.3)$$

Маса базового транспортного засобу (тягача):

$$m_T = (0,73 \dots 0,8)m_0 = 0,8m_0 = 0,8 \cdot 14,69 = 11,75 \text{ т} \quad (3.4)$$

Потужність двигуна базового транспортного засобу (тягача):

$$N = K_0 m_0 = 7,15 \cdot 14,69 = 105 \text{ кВт}, \quad (3.5)$$

де $K_0 = 7,15$.

Довжина бази тягача:

$$L_6 = K_{L6} \sqrt[3]{m_0} = 1,25 \cdot \sqrt[3]{14,69} = 3,06 \text{ м} \quad (3.6)$$

де $K_{L6} = 1,25$.

Загальна довжина навантажувача:

$$L_0 = K_{L6} \sqrt[3]{m_0} = 2,8 \cdot \sqrt[3]{14,69} = 6,857 \text{ м}. \quad (3.7)$$

Висота навантажувача по кабіні:

$$H_k = K_{Nk} \sqrt[3]{m_0} = 1,363 \sqrt[3]{14,69} = 3,338 \text{ м} \quad (3.8)$$

Де $K_{Nk} = 1 + 0,46(\sqrt[3]{E_0})^{-1} = 1 + 0,46(\sqrt[3]{2,04})^{-1} = 1,363$.

Висота навантажувача по двигуну:

$$H_g = H_k - 1 = 3,38 - 1 = 2,338 \text{ м.} \quad (3.9)$$

Висота розвантаження:

$$H_p = K_{Нр} \sqrt[3]{m_0} = 1,2 \sqrt[3]{14,69} = 2,939 \text{ м.} \quad (3.10)$$

3.2. Дослідження динамічних навантажень рами фронтального навантажувача з використанням комп'ютерних 3D моделей у середовищі Siemens NX

Запропоновано нове рішення з проведення аналізу міцності рами фронтального навантажувача на стадії проєктування за допомогою комп'ютерних 3D моделей у середовищі Siemens NX. Даний метод дозволяє не створювати нову модель рами в металі у натуральну величину для проведення випробувань. Відповідно до запропонованого методу достатньо виконати масштабовану спрощену модель майбутньої рами, провести випробування на міцність та запропонувати конструктивні зміни щодо розробки раціональних параметрів. Такий метод дозволяє суттєво скоротити витрати на матеріали, виробництво та час виготовлення нових виробів.

У ході проєктування нових машин використовують різноманітні комп'ютерні CAD та CAE програми. Конструктор має можливість задавати певні властивості міцності майбутній конструкції за допомогою розрахунків методом кінцевих елементів. Але вже після виготовлення першого дослідного зразка настає момент, коли для підтвердження попередніх розрахунків на міцність його потрібно випробувати на навантаження, що діють під час виконання технологічних операцій.

Метою розрахунку є порівняння результатів випробувань 3D моделей двох рам фронтального навантажувача Т-156Б. Одна з них є оригінальною (виконаною у відповідності до розмірів дійсного навантажувача), а інша зменшеною у п'ять разів подібною копією. Результатом порівняння є коефіцієнт зменшення, розрахунок якого дасть змогу визначати, яким чином і в скільки разів зменшується навантаження при масштабуванні 3D моделей.

Методика проведення комп'ютерного моделювання динаміки робочого процесу була прийнята така. Першим кроком для моделювання динаміки робочого процесу є завантаження підготовлених 3D моделей оригінального та зменшеної моделі навантажувача (рис.1), на яких проводилися випробування. 3D моделі були виконані у сторонній САД програмі та конвертовані у формат STEP. Підготовка полягала в тому, щоб спростити елементи, котрі не будуть задіяні у розрахунку та об'єднати тіла, що будуть задіяні у розрахунку, в одне тіло. Це скоротило час на підготовку 3D моделі до розрахунку, а саме у встановленні взаємозв'язків і спряжень між взаємодіючими деталями.

Наступний крок – потрібно вказати програмі, які тіла будуть задіяні в розрахунку, задати шарнірні взаємозв'язки тіл між собою, контакти з поверхнею та швидкість тіл, які будуть рухатись (рис. 2). Останнім кроком є встановлення відрізка часу, який буде розраховуватися.

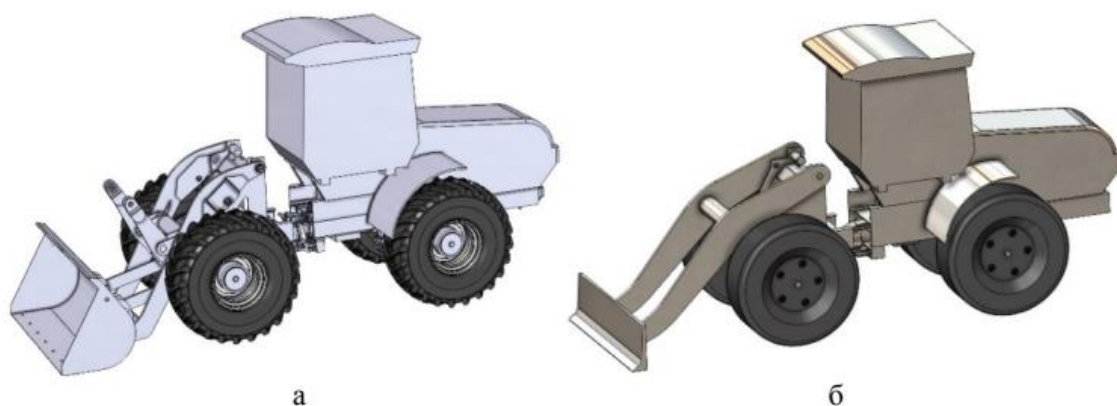


Рис. 3.1. 3D модель навантажувача: а – модель в натуральний розмір; б - модель зменшена в 5 разів.

Після налаштувань запускаємо розрахунок на виконання. У цій роботі розраховано два випадки виконання робочих операцій навантажувачем: 1 – переміщення наповненого ковша по нерівній поверхні; 2 – зіткнення з непереборною перешкодою під час наповнення ковша (рис. 3). Швидкість у першому та другому випадку для моделі натуральної величини була прийнята в 5 км/год., що відповідає реальним умовам роботи

навантажувача. Навантаження рами знімалося з кріплень шарніра з'єднання напіврам.

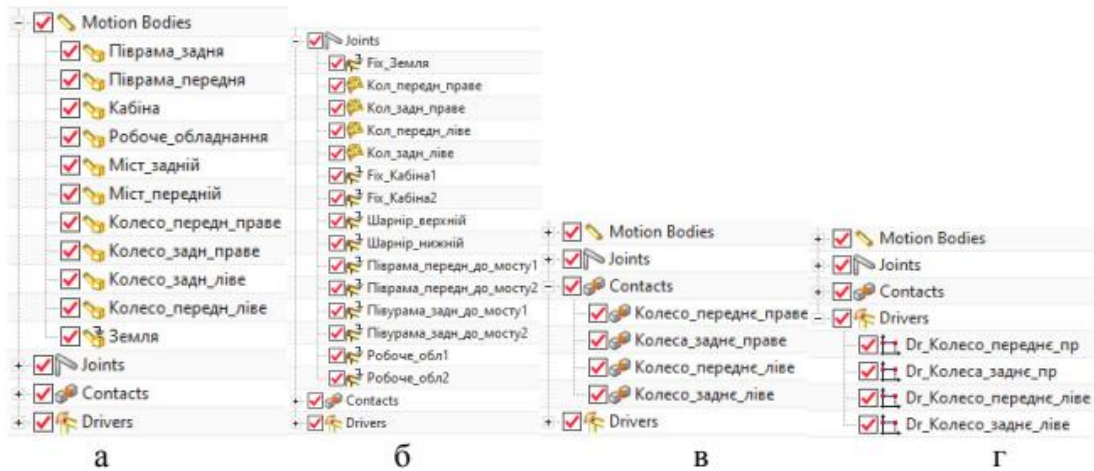


Рис. 3.2. Вікно налаштувань програми:

- а – тіла, задіяні в розрахунку; б – шарнірні взаємозв'язки між тілами;
- в – взаємозв'язок коліс з поверхнею; г – заданий рух коліс

Теорія подоби у моделюванні робочих процесів. Теорія подоби спирається на знання про розмірність фізичних величин і служить науковою основою моделювання, як методу пізнання і дослідження різноманітних об'єктів, в якій основну роль відіграє метод аналогій, тобто схожості об'єктів за деякими ознаками. Фізичні явища, процеси чи системи подібні, якщо у подібні моменти часу в подібних точках простору значення змінних величин, що характеризують стан однієї системи, пропорційні відповідним величинам іншої системи.

3D моделі навантажувача в оригінальному розмірі та 3D модель зменшена в 5 разів є подібними. Для визначення коефіцієнту подібності виведемо результати розрахунків цих моделей у графіки діючих сил (рис. 3.4) та графіки крутних моментів (рис.3.5) для випадку переміщення наповненого ковша по нерівній поверхні, та для випадку зіткнення з перешкодою під час наповнення ковша (рис. 3.6) і (рис. 3.7) відповідно. З цих графіків визначимо максимальні значення та на їх основі розрахуємо коефіцієнт

подібності сили K_{PF} за формулою (1) та коефіцієнт подібності крутного моменту K_M за формулою (2):

$$K_{PF} = \frac{F_H}{F_{3M}}$$

де K_{PF} – коефіцієнт подібності сили;

F_H – максимальне значення сили, діючої на шарнір рами натуральної моделі;

F_{3M} – максимальне значення сили, діючої на шарнір рами зменшеної моделі,

$$K_{PM} = \frac{M_H}{M_{3M}},$$

де K_{PM} – коефіцієнт подібності крутного моменту;

M_H – максимальне значення крутного моменту, діючого на шарнір рами натуральної моделі;

M_{3M} – максимальне значення крутного моменту, діючого на шарнір рами зменшеної моделі.

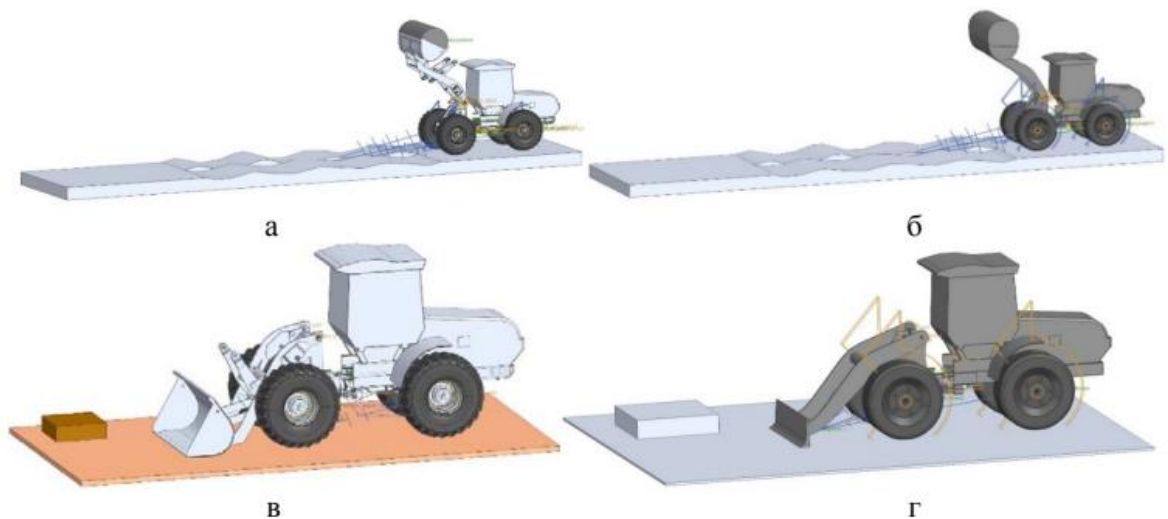


Рис. 3.3. Розрахункові положення:

а – переміщення наповненого ковша по нерівній поверхні (модель оригінального розміру); б – переміщення наповненого ковша по нерівній поверхні (модель зменшена в 5 разів); в – зіткнення з перешкодою під час наповнення ковша (модель оригінального розміру); г – зіткнення з перешкодою під час наповнення ковша (модель зменшена в 5 разів)

3.3. Результати досліджень

У першому випадку максимальне значення зусилля дорівнює 37 кН для оригінальної рами (рис. 3.4, а) та 0,32 кН для зменшеної рами (рис. 4, б). Значення крутного моменту для оригінальної рами становить 94000 Н·м (рис. 3.5, а), для зменшеної рами 78 Н·м (рис. 3.5, б).

У другому випадку максимальне значення зусилля дорівнює 170 кН (рис. 3.6, а) для оригінальної рами та 1,48 кН (рис. 3.6, б) для зменшеної рами. Значення крутного моменту для оригінальної рами становить 230000 Н·м (рис. 3.7, а), для зменшеної рами 310 Н·м (рис. 3.7, б) Таким чином, коефіцієнти подоби КПФ зусилля на шарнірі рами для першого випадку буде дорівнювати 115,63, коефіцієнт подоби крутного моменту КПМ – дорівнює 1205,1. У другому випадку відповідно КПФ дорівнює 114,86, а КПМ дорівнює 741,9.

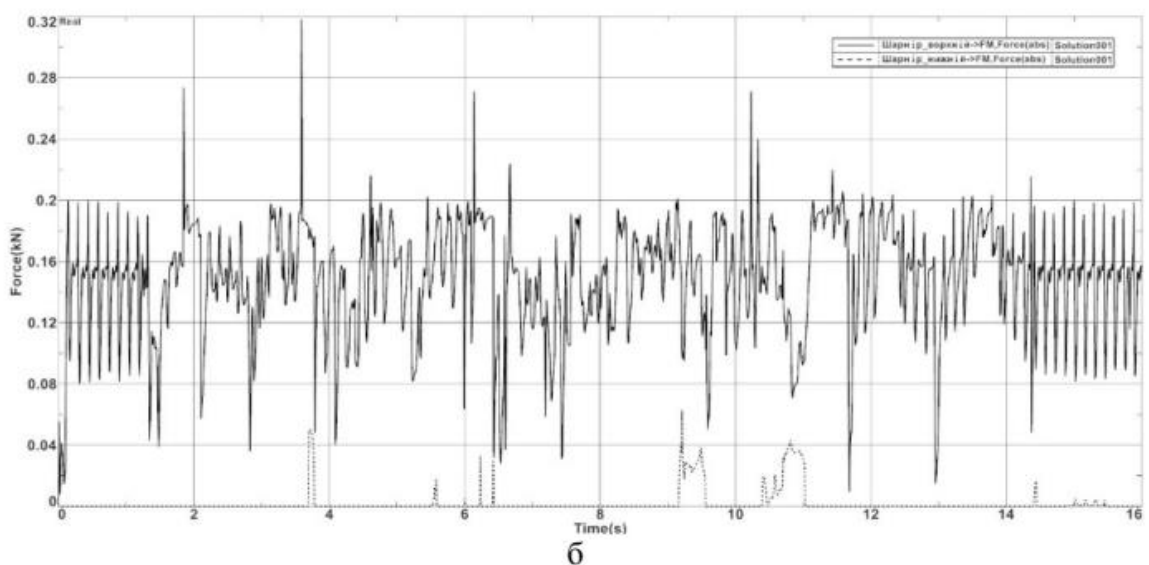
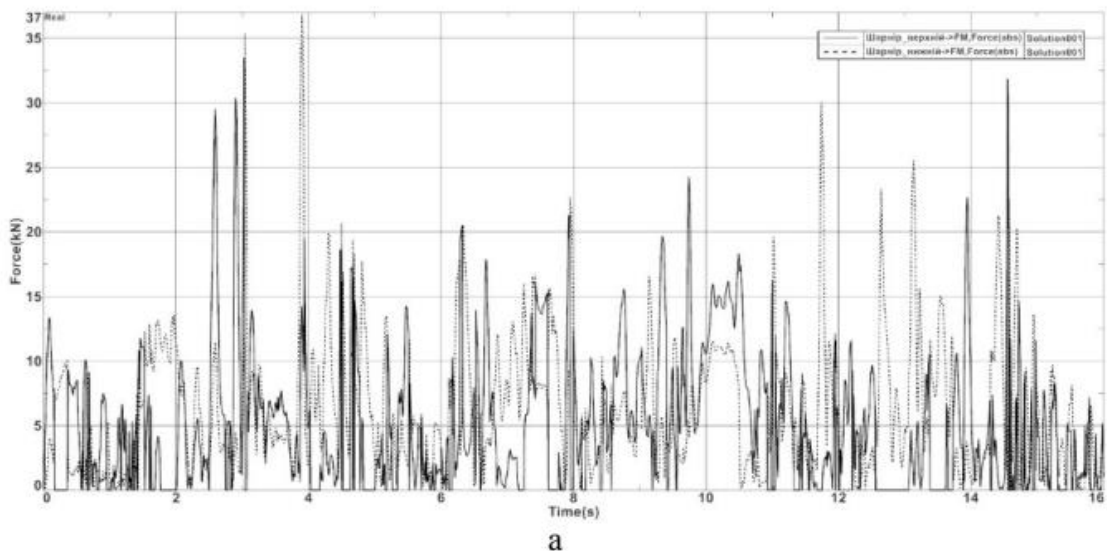
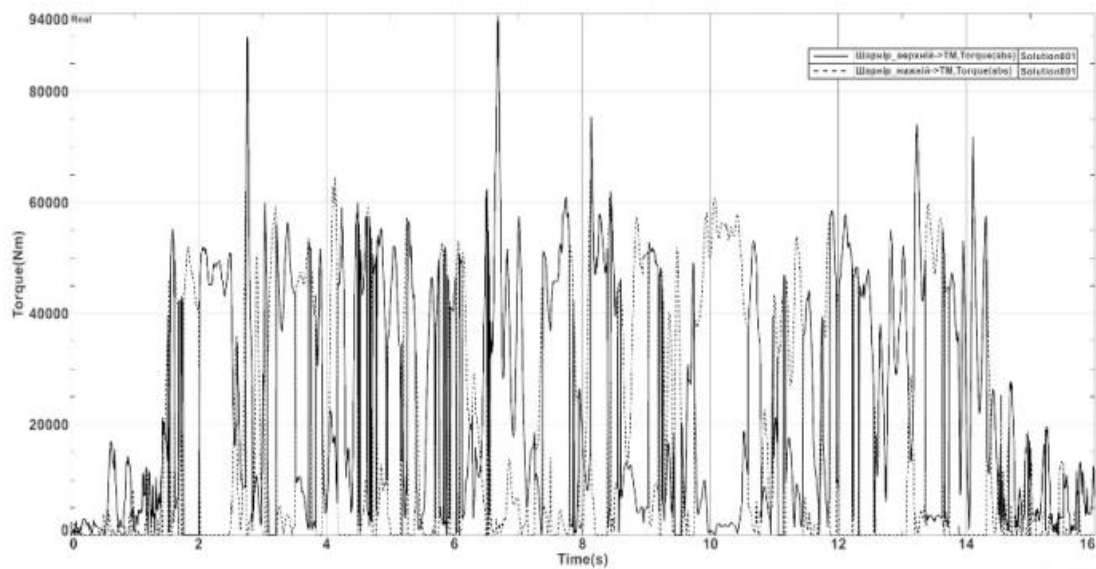
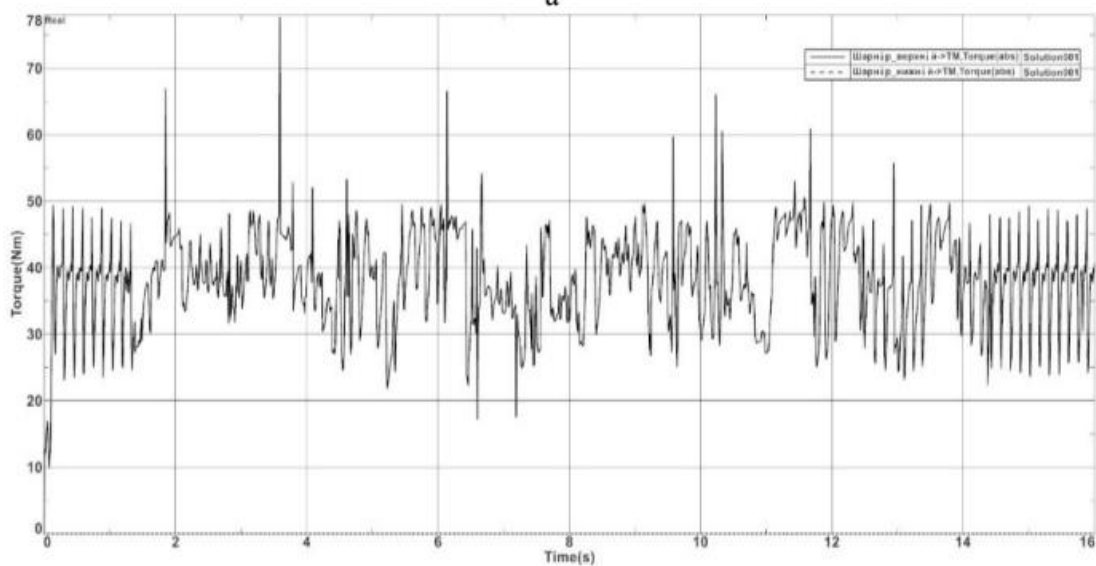


Рис. 3.4. Графіки діючих сил на шарнір рами у випадку переміщення повного ковша по нерівній поверхні: а – для моделі у натуральну величину; б – для моделі, зменшеної у 5 разів



а



б

Рис. 3.5. Графіки крутних моментів, діючих на шарнір рами у випадку переміщення повного ковша по нерівній поверхні: а – для моделі у натуральну величину; б – для моделі, зменшеної у 5 разів

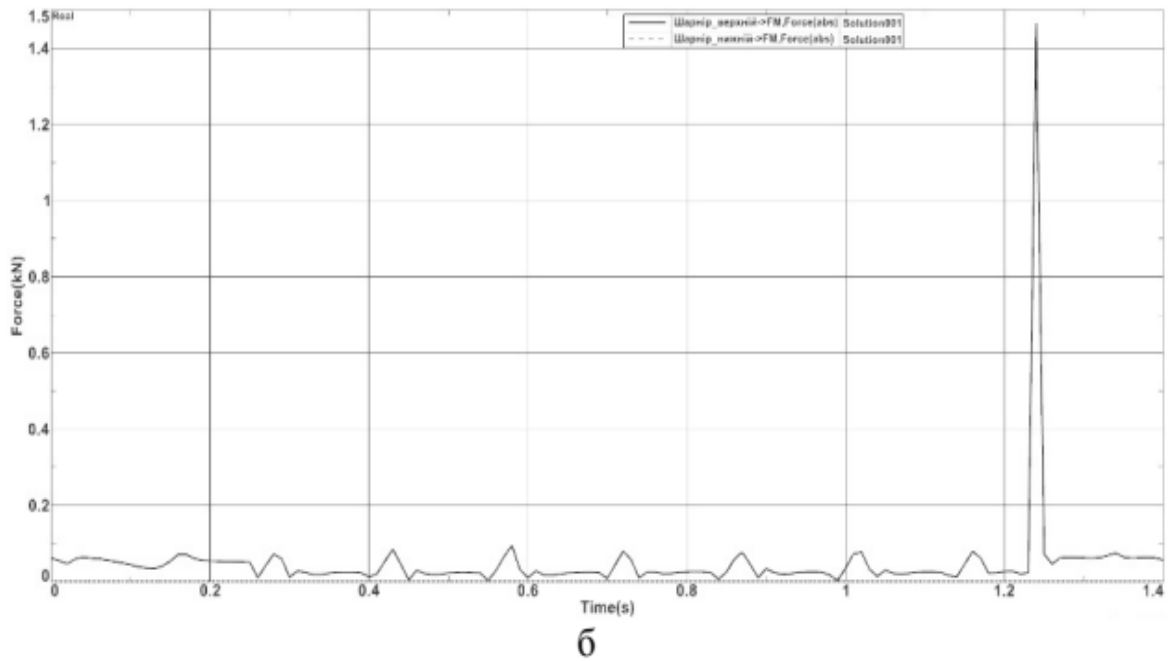
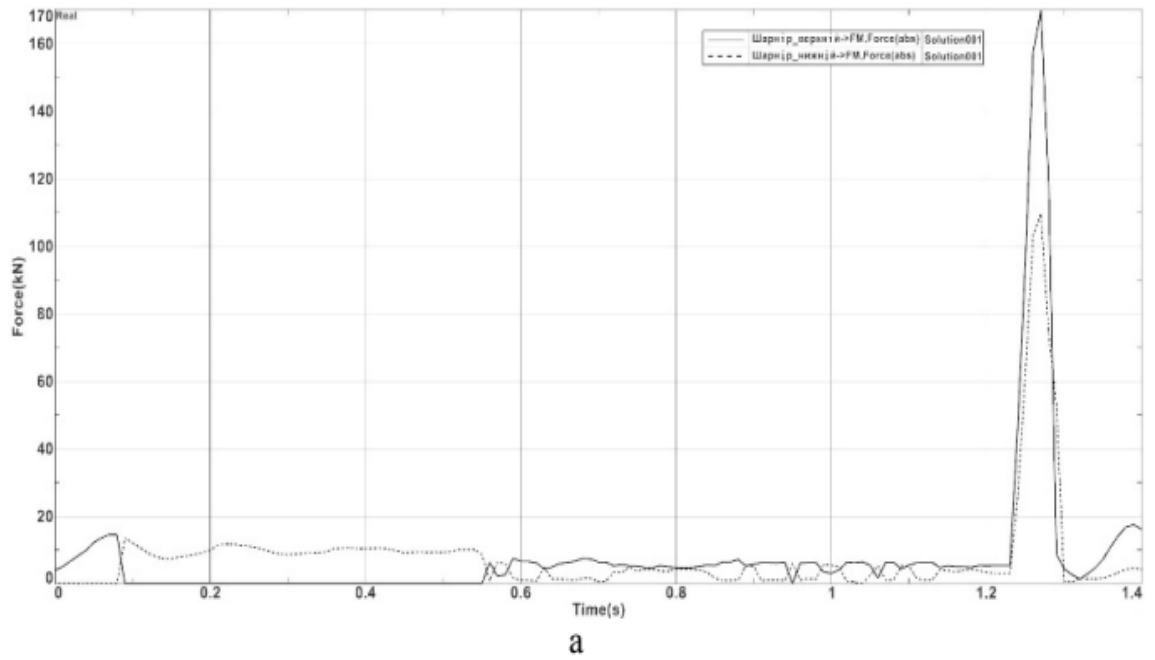


Рис. 3.6. Графіки діючих сил на шарнір рами у випадку зіткнення з перешкодою: а – для моделі у натуральну величину; б – для моделі, зменшеної у 5 разів під час наповнення ковша

Отримані результати проведеного комп'ютерного моделювання 3D моделей фронтального навантажувача з використанням програми NX, визначені коефіцієнти подібності для двох найбільш поширених випадків виконання навантажувачем робочих операцій: переміщення повного ковша по нерівній поверхні та зіткнення з перешкодою під час наповнення ковша.

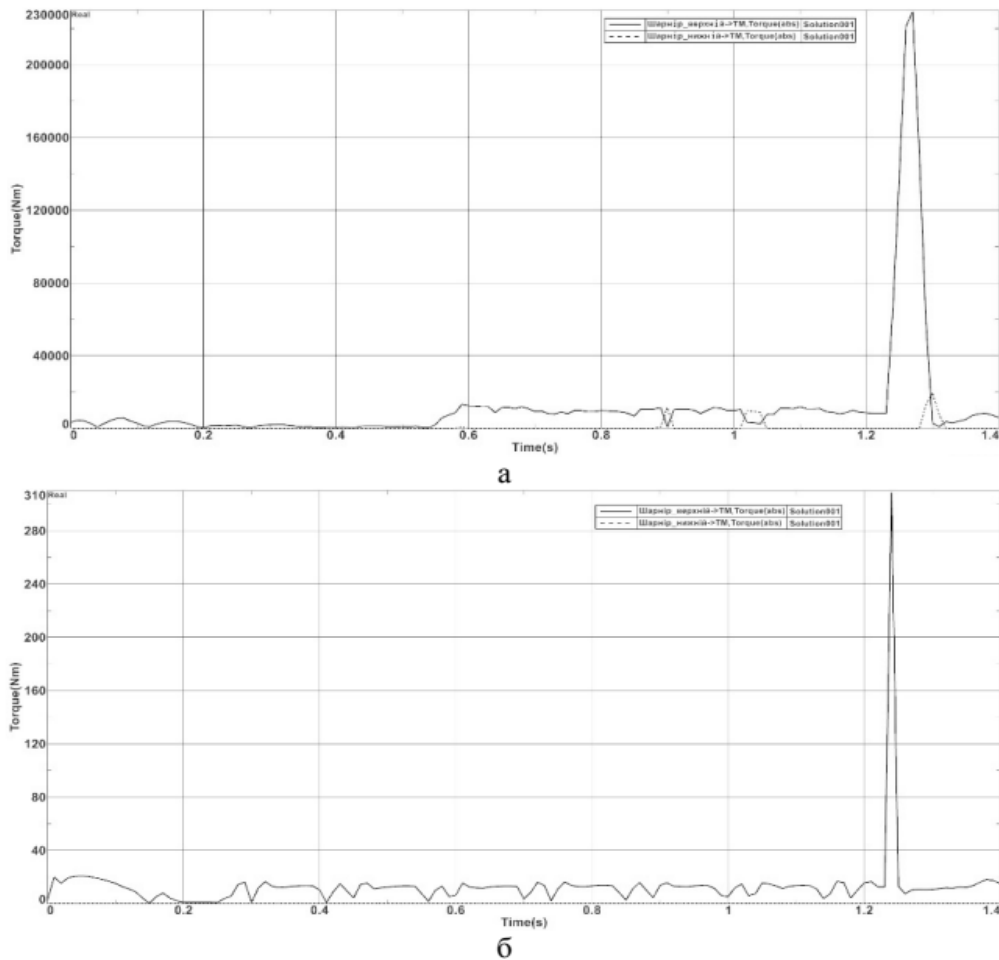


Рис. 3.7. Графіки крутних моментів, діючих на шарнір рами у випадку зіткнення з перешкодою під час наповнення ковша: а – для моделі у натуральну величину; б – для моделі, зменшеної у 5 разів

Таким чином, якщо визначені ці коефіцієнти, можна припустити, що при моделюванні нової несучої системи, виконавши зменшену її копію у відповідному масштабі та випробувавши її на навантаження засобами комп'ютерного моделювання, чи виконавши натурні випробування, можна визначити, які навантаження будуть впливати на модель з натуральними розмірами.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВДОКОНАЛЕННЯ НАВАНТАЖУВАЧА ЗЕРНА

Економічне обґрунтування полягає в оцінці проектного рішення розробки навантажувача зерна, визначені затрат праці, експлуатаційних затрат при відповідних капіталовкладеннях і економічного ефекту від експлуатації розроблювального навантажувача.

Базою порівняння при визначенні економічної ефективності розроблювального завантажувача являється навантажувач КУН Magnum-W600.

4.1. Визначення затрат праці

Затрати живої праці або трудомісткість процесу в розрахунку на одиницю роботи в люд.-год. визначаємо за формулою:

$$Z_T = \frac{1}{W_{cm}} \cdot \sum L_i \quad (4.1)$$

де L_i – кількість i -го обслуговуючого персоналу;

W_{cm} – продуктивність за одну годину змінного часу, т/год.

Визначаємо затрати праці по існуючому та розроблювальному варіантам:

$$Z_{T,icn} = \frac{1}{25} \cdot 1 = 0,04 \text{ люд.-год./т};$$

$$Z_{T,poz} = \frac{1}{30} \cdot 1 = 0,033 \text{ люд.-год/т.}$$

Річна економія праці (Z_{te}) при експлуатації нової машини буде становити:

$$Z_{te} = (Z_{T,icn} - Z_{T,poz})V_n, \quad (4.2)$$

де $Z_{T,icn}$ і $Z_{T,poz}$ – затрати праці на одиницю роботи базового і нового варіанту відповідно;

V_n – річний об'єм робіт по новому варіанту, т.

Тоді, маємо:

$$Z_{te} = (0,04 - 0,033) \cdot 2352 = 16,5 \text{ люд.-год.}$$

Зниження трудомісткості визначаємо у процентах до варіанту, який являється базою порівняння:

$$Z_{CT} = \frac{Z_{T.iсн} - Z_{T.роз}}{Z_{T.iсн}} \cdot 100, \% \quad (4.3)$$

$$Z_{CT} = \frac{0,04 - 0,033}{0,04} \cdot 100 = 17,5 \%$$

4.2. Визначення експлуатаційних затрат

Визначаємо заробітну плату (C_3) за формулою:

$$C_3 = \sum Z_T \cdot r_i, \quad (4.4)$$

де r_i – годинна тарифна ставка по j -му розряду, грн.

$$r_i = 159 \text{ грн.}$$

Визначаємо заробітну плату по базовому та розроблювальному варіантах:

$$C_{з.існ} = 0,04 \cdot 159 = 6,4 \text{ грн/т};$$

$$C_{з.роз} = 0,033 \cdot 159 = 2 \text{ грн/т.}$$

Затрати на паливо (C_T) визначаємо за формулою:

$$C_T = P_T \cdot Ц_T, \quad (4.5)$$

де P_T – витрата палива на одиницю роботи, л:

$$P_T = 1 \text{ л/т};$$

$Ц_T$ – ціна однієї літри палива, грн;

$$Ц_T = 58 \text{ грн.}$$

Тоді, затрати на паливо по існуючому та розроблювальному варіантам будуть становити:

$$C_{T.iсн} = 1 \cdot 58 = 58 \text{ грн/т};$$

$$C_{T.роз} = 1 \cdot 58 = 58 \text{ грн/т.}$$

Визначаємо відрахування на реновацію на одиницю роботи (A):

$$A = \frac{B \cdot a}{100 \cdot W_{CM} \cdot T_3}, \quad (4.6)$$

де B – балансова вартість машини, грн;

a – процент щорічних відрахувань на реновацію;

T_3 – фактичне завантаження машин, год.

Розраховуємо відрахування на реновацію по існуючому та розроблювальному варіантах:

$$A_{існ} = \frac{153,17 \cdot 14,2}{100 \cdot 25 \cdot 630} + \frac{67310 \cdot 10}{100 \cdot 25 \cdot 630} = 0,57 \text{ грн/т};$$

$$A_{\text{роз}} = \frac{8640 \cdot 16,6}{100 \cdot 30 \cdot 630} + \frac{67310 \cdot 10}{100 \cdot 30 \cdot 630} = 0,43 \text{ грн/т.}$$

Затрати на капітальний, поточний ремонт та технічні обслуговування (R) визначаємо за формулою:

$$R = \frac{B \cdot (R_k + R_t)}{100 \cdot W_{\text{см}} \cdot T_n} \quad (4.7)$$

де R_k – відрахування на капітальний ремонт, %;

R_t – відрахування на поточний ремонт та технічні обслуговування, %;

T_n – нормативне річне завантаження машин, год.

Затрати на капітальний, поточний ремонт та технічні обслуговування по існуючому та розроблювальному варіантам будуть складати:

$$R_{\text{існ}} = \frac{15317 \cdot (5+10)}{100 \cdot 25 \cdot 600} = 0,153 \text{ грн/т;}$$

$$R_{\text{роз}} = \frac{8640 \cdot (5+13)}{100 \cdot 30 \cdot 340} = 0,145 \text{ грн/т.}$$

Визначаємо питомі експлуатаційні витрати по існуючому та розроблювальному варіантах:

$$C_{\text{п.існ}} = 6,4 + 1,5 + 0,57 + 0,153 = 8,623 \text{ грн/т;}$$

$$C_{\text{п.роз}} = 2 + 1,5 + 0,43 + 0,145 = 4,075 \text{ грн/т.}$$

За рахунок покращення проведення процесу навантаження зерна, зменшуються втрати поживних речовин, тобто змінюються якість і кількість зерна.

У цьому випадку економія розраховується з врахуванням вартості додаткового прибутку на одиницю продукції (Д):

$$Д = Ц_b \cdot Д_d, \quad (4.8)$$

де $Ц_b$ – ціна продукції, грн;

$Д_d$ – кількість продукції, яка зберігається за рахунок зменшення втрат поживних речовин.

Визначимо ціну однієї тони зерна за формулою:

$$Ц_b = b \cdot ц_{\text{ко}}, \quad (4.9)$$

де b – вміст в 1 т зерна кормових одиниць, кг;

$$b = 200 \text{ кг;}$$

$ц_{\text{ко}}$ – ціна однієї кормової одиниці, грн;

$$Ц_{ко} = 0,35 \text{ грн.}$$

Тоді, маємо:

$$Ц_б = 200 \cdot 0,35 = 70 \text{ грн/т.}$$

Визначаємо кількість збереженої продукції:

$$Д_д = (И_{існ} - И_{роз}) / 100, \quad (4.10)$$

де $И_{існ}$ і $И_{роз}$ – втрати поживних речовин під час вилучення зерна існуючою та розроблювальною машиною відповідно, %.

$$И_{існ} = 6 \%; \quad И_{роз} = 1\%.$$

Тоді, маємо:

$$Д_д = (6 - 1) / 100 = 0,05.$$

Визначаємо додатковий прибуток:

$$Д = 70 \cdot 0,05 = 3,5 \text{ грн/т.}$$

Річна економія у цьому випадку визначається за формулою:

$$E_p = [(C_{пр.існ} - C_{пр.роз}) + Д] \cdot B_n; \quad (4.11)$$

$$E_p = [(2,187 - 2,095) + 3,5] \cdot 2352 = 8448 \text{ грн.}$$

4.3. Визначення капітальних вкладень

Таблиця 4.1. Капіталовкладення.

| № п/п | Показники | Навантажувач | |
|----------|-------------------------------|--------------|-------------|
| | | Існуючий | Розроблений |
| 1 | Капіталовкладення, грн | | |
| | Основні | 15317 | 8640 |
| | Додаткові | - | 2280 |
| | Питомі | 0,97 | 0,46 |
| 2 | Затрати на 1 т праці, люд-год | 0,04 | 0,033 |
| | Експлуатаційні, грн. | 2,187 | 2,095 |
| | Приведені, грн | 2,33 | 2,16 |
| 3 | Економія праці, люд-год | - | 16,5 |
| | Експлуатаційних затрат, грн. | - | 8448 |
| | Капітальних вкладень, грн | - | 1199 |
| 4 | Строк окупності, років | - | 0,3 |
| 5 | Річний економічний ефект, грн | - | 8632 |

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

5.1. Загальні вимоги до охорони праці

Загальну відповідальність за охорону праці в господарстві несе керівник господарства, якому підпорядковані головні спеціалісти та керівники виробничих підрозділів, відповідальні за стан охорони праці в галузях, що їм підпорядковані. Вони забов'язані постійно забезпечувати здорові та безпечні умови праці відповідно до вимог, правил і норм з охорони праці.

Обов'язки інженера з охорони праці виконує головний інженер, який спрямовує свою роботу з охорони праці згідно з планами, затвердженими керівництвом господарства, і всі питання вирішує разом з спеціалістами господарства та керівниками виробничих підрозділів.

Згідно з вимогами по охороні праці, в господарствах для попередження травматизму і послаблення дії небезпечних та шкідливих виробничих факторів на виробництві, проводять ряд заходів:

- обладнують кімнату, де працівники проходять інструктаж по техніці безпеки;
- розробляють та розміщують на кожному робочому місці інструкції по техніці безпеки;
- у небезпечних місцях встановлюють знаки безпеки, особливо небезпечні частини машин фарбують в червоний колір;
- пускові кнопки, рубильники і рукоятки встановлюють так, щоб було неможливе їх само вмикання, при цьому забезпечують зручність та безпечність їх використання;
- до роботи на машинах та агрегатах допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли інструктаж по техніці безпеки та вивчили принцип роботи машин та агрегатів ;
- працівників, відповідно до професій, забезпечують необхідним інструментом, спецодягом та безкоштовним харчуванням;

- виробничі приміщення обладнують санітарно-побутовими приміщеннями, проводять внутрішнє та зовнішнє освітлення, вентиляцію, опалення;
- всі працівники виробничих підрозділів щорічно новині проходити медогляд в лікарні;
- при переведенні працівників з однієї роботи на іншу, додатково проводити інструктаж по техніці безпеки.

Для запобігання пожеж в господарствах проводять ряд заходів з пожежної безпеки:

- машини та обладнання розташовують з дотриманням певних проходів;
- паливно-мастильні та інші легкозаймисті матеріали зберігають в спеціально відведених для цього місцях, де заборонено палити і користуватись відкритим вогнем;
- проводять заземлення та блискавок захист виробничих приміщень та складів;
- виробничі приміщення та склади обладнують щитами з повним комплектом засобів для гасіння пожежі та резервуарами для води.

5.2. Безпека праці при роботі з навантажувачем

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можливі при виконанні технологічних процесів можуть несприятливо діяти на організм людини, понижувати його працездатність, призвести до травмування, захворювання чи отруєння.

При роботі на кормоприготувальних машинах можлива небезпека захвату широких рукавів та фартухів працівників, а також довгого волосся у жінок, якщо воно не прибрано під косинку. Травмування також можливе при попаданні сторонніх предметів на частини, що обертаються. Також існує небезпека враження електричним струмом та шкідлива дія шуму, вібрації,

шкідливих парів і газів, пилу. Небезпечним фактором являється також відкриті ланцюгові та пасові передачі, вали та вісі.

Шкідливі виробничі фактори можуть бути пов'язані з особливостями виробничого процесу та речовини, що виробляється.

Великий вплив на працездатність та здоров'я людини мають метеорологічні умови. Особливо несприятливим є сполучення високої температури та вологості повітря. Перенагрівання організму погіршує самопочуття, знижує рухливість та працездатність. Під час дії низької температури відбувається швидка тепловіддача, що може призвести до переохолодження організму.

Шкідливу дію на організм людини спричиняє також пил, який безперервно утворюється в виробничих приміщеннях, від роботи механізмів, пересування тварин та прибирання приміщення.

Шум є несприятливим для організму людини, якщо його інтенсивність перевищує технічні норми.

Особливу небезпеку при проведенні робіт в тваринництві представляють інфекції. Інфекції є шкідливим виробничим фактором в тваринництві, тому що існує небезпека зараження людей від тварин.

Для запобігання поширенню інфекційних хвороб серед тварин на фермі повинна бути ветамбулаторія з ізолятором. Працівники проходять медичний огляд перед вступом на роботу, а також проходять профілактичні огляди один раз на квартал. Керівники господарства несуть відповідальність за допуск до роботи працівників, які не пройшли медогляд, і за порушення терміну проведення профілактичних оглядів.

5.3. Екологічні вимоги

Завантаження і перевезення завантажувача на вантажних автомобілях повинна проводитись під наглядом відповідальної особи, що призначена адміністрацією. Завантажувач, завантажений на платформу, повинен бути надійно закріплений.

Майданчики для завантаження та розвантаження навантажувача повинні бути рівними і очищеними від сторонніх предметів.

Розконсервацію завантажувача проводять в спеціально пристосованих вентиляційних приміщеннях, в яких не повинні виконуватись інші роботи. Не допускається наявність відкритого вогню, забороняється паління.

На кожній робочій ділянці консервації і розконсервації повинні бути інструкції по техніці безпеки і журнал проведення інструктажу робітників по встановленій формі для кожного робочого місця.

Категорично забороняється допускати до роботи по консервації і розконсервації осіб, що мають порізи, подразнення та інші пошкодження шкіри на відкритих частинах тіла.

До роботи на агрегаті допускаються особи, що володіють необхідними знаннями по побудові та експлуатації навантажувача і трактора, а також ті, що пройшли інструктаж по техніці безпеки і мають документ на право керування трактором.

Навіска навантажувача на трактор повинна проводитись особою, що обслуговує дану машину, і допоміжним робітником, з застосуванням інструментів та підйомних пристроїв, що гарантують безпечне виконання цих операцій.

Навішування навантажувача повинна проводитись на трактор, що оснащений вогнегасником і штиковою лопатою.

Перед навішуванням завантажувача на тракторі необхідно перевірити затяжку болтів передньої осі, кріплення переднього бруса до лонжеронів, лонжеронів до корпусу муфти зчеплення і болти, що з'єднують корпус муфти зчеплення з коробкою передач.

Перехідні кронштейни та панелі навіски кріпляться до лонжеронів трактора тільки термообробленими болтами, що входять в комплект завантажувача.

При навішуванні завантажувача не можна знаходитися між стрілами рами підйому.

Перед встановленням шлангів необхідно перевірити якість різьбових з'єднань.

Перед початком роботи гідросистеми необхідно перевірити:

- а) рівень робочої рідини в баку;
- б) стан місць від'єднання трубопроводів та гнучких шлангів;
- в) стан болтів, гайок та інших деталей.

Забороняється:

- виїжджати на несправному агрегаті;
- використовувати завантажувач не по призначенню;
- підіймати та перевозити людей на завантажувачі;
- підіймати вантажі, що перевищують встановленою технічною характеристикою вантажопідйомність;
- знаходитись під піднятим вантажем або робочим органом;
- при роботі агрегату з максимально піднятим вантажем проводити різке гальмування трактора, а також круті повороти;
- рух завантаженого агрегату зі швидкістю вище 11 км/год;
- експлуатувати завантажувач в транспортному положенні з відкритими вентилями гідроциліндрів підйому;
- рух зі швидкістю більше 5 км/год по ділянкам доріг, що має боковий уклін, великі нерівності і круті повороти;

Під час переїздів по дорогам з інтенсивним рухом транспорту, на лівій стороні агрегату обов'язково вішати прапорці, що вказують габарити машини.

При довготривалій зупинці не залишати блок-різак в піднятому положенні. Монтажні та ремонтні роботи проводити при опущеному робочому органі.

Слідкувати, щоб при повороті агрегату в радіусі розвороту не було людей і сторонніх перешкод.

Усі операції, пов'язані з технічним доглядом, заправкою агрегата паливо-мастильними матеріалами і регулюваннями, потрібно проводити тільки вдень при освітленому двигуні і опущеному робочому органі.

Заливання оливи в гідросистему проводити при втягнутих штоках гідроциліндрів.

Відкриті майданчики для збереження завантажувачів повинні знаходитись на місцях, що не піддаються затопленню і мати по периметру водовідвідні канали. Поверхня майданчиків повинна бути рівною, з нахилом 2-3° для стікання води, мати тверде суцільне або у вигляді окремих смуг (асфальтне, бетонне або із місцевих матеріалів) покриття, здатне витримати навантаження машин.

Завантажувачі слід зберігати з дотриманням інтервалів між ними для проведення профілактичних оглядів. Мінімальна відстань між навантажувачами в одному ряду повинна бути не менше 0,7м, а відстань між рядами – не менше 6м.

Місця зберігання завантажувачів повинні бути оборані смугою ширина якої не менше 3м, і забезпечені засобами пожежегасіння згідно вказівок пожежної інспекції. Паління в цих місцях забороняється. Для паління відводяться спеціальні місця.

При зберіганні завантажувача повинні бути прийняті міри, що запобігають перекидання і самовільне зміщення.

ВИСНОВКИ

1. Розраховані значення основних параметрів навантажувача і його робочого устаткування, взяті за основу при конструюванні його конструктивних елементів та при визначенні навантажень у небезпечних перерізах конструкцій.

2. Отримані результати проведеного комп'ютерного моделювання 3D моделей фронтального навантажувача з використанням програми Siemens NX, визначені коефіцієнти подібності для двох найбільш поширених випадків виконання навантажувачем робочих операцій: переміщення повного ковша по нерівній поверхні та зіткнення з перешкодою під час наповнення ковша.

3. При моделюванні нової несучої системи, виконавши зменшену її копію у відповідному масштабі та випробувавши її на навантаження засобами комп'ютерного моделювання Siemens NX, чи виконавши натурні випробування, можна визначити, які навантаження будуть впливати на модель з натуральними розмірами.

4. З метою зменшення опору зануренню ковша у зерно ріжучі краї бічних стінок мають нахил щодо днища на кут $\beta=50\dots60^{\circ}$; кут загострення ріжучих країв приймається в межах $\delta=30\dots40^{\circ}$

5. Необхідні додаткові капіталовкладення, на розробку навантажувача окупляться на протязі сезону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Liang Sun, Zhen Gwen Yuan, Shumen Zhu. Research on Fatigue Life Prediction Method of Tractor Frame. Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2019. P. 358.
2. Adam Rehnberg. Vehicle dynamic analysis of wheel loaders with suspended axles. Royal Institute of Technology Vehicle Dynamics. Stockholm, 2008.
3. Dr. R. Rajappan, M. Vivekanandhan. Static and Modal Analysis of Chassis by Using Fea. The International Journal of Engineering and Science. 2013. Vol. 2. Issue 2. Pp. 63-73.
4. Teo Han Fui, Roslan Abd. Rahman. Statics and dynamics structural analysis of a 4.5-ton truck chassis. Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia. Jurnal Mekanikal, December, 2007. No. 24. Pp. 56 – 67.
5. Hemant B.Patil, Sharad D.Kachave, Eknath R.Deore. Stress analysis of automotive chassis with various thicknesses. Journal of Mechanical and Civil Engineering. 2013. Vol. 6. Pp. 44-49.
6. Roslan Abd Rahman, Mohd Nasir Tamin, Ojo Kurdi. Stress analysis of heavy-duty truck chassis as a preliminary data for its fatigue life prediction using fem. Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia. Jurnal Mekanikal , December . 2008. No. 26 Pp. 76-85.
7. Haval Kamal Asker¹, Thaker Salih Dawood and Arkan Fawzi Said. Stress analysis of standard truck chassis during ramping on block using finite element method. Journal of Engineering and Applied Sciences. June, 2012. Vol. 7, no. 6. Pp. 641-648.
8. Gillespie T.D., Karamihias S.M. Simplified models for truck dynamic response to road inputs. Heavy Vehicle Systems, International Journal of Vehicle Design. 2000. Vol 7, No 1. Pp. 52-63.
9. Blundell M., Harty D. The multibody systems approach to vehicle dynamics, Elsevier, 2004. P. 10.
10. Кухтов В.Г., Щербак О.В., Сумінов А.В. Удосконалення методів розрахунку несучої системи шарнірного тягача. Технічний сервіс

агропромислового, лісового та транспортного комплексів: наук. журнал. 2016. №5. С. 141-147.

11. Кухтов В.Г., Щербак О.В., Сумінов А.В. Розрахунок втомної довговічності несучих систем технологічних машин у nCode DesignLife. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: наук. журнал. 2018. №13. С.193-199.

12. Щербак О.В., Сумінов А.В., Хачатурян С.Л. Розробка методики проектування спеціалізованих машин на базі шарнірного тягача . Вісник ХНАДУ : зб. наук. пр. 2021. Вип. 95. С. 32-37.

13. Щербак О.В. Розробка раціональних параметрів з'єднувально-керуючого модуля фронтального навантажувача: дис. канд. техн. наук: спец. 05.05.04 / О.В. Щербак. Х., 2002. 120 с.

14. Щербак О.В., Сумінов А.В. Розробка раціональних параметрів несучої системи шарнірного тягача . Вісник ХНАДУ : зб. наук. пр. 2016. Вип. 73. С. 229-233.

15. Ветошкін А.Г. Нормативне і технічне забезпечення безпеки життєдіяльності. Навчально-практичний посібник: В 2-х ч. Ч.2. Інженернотехнічне забезпечення безпеки життєдіяльності/ А.Г. Ветошкін. - М.: Інфраінженерія, 2017. - 652 с.

16. . Калетнік Г.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність та жорсткість. Ч.І, ІІ: Підручник / Г.М. Калетнік, М.Г. Чаусов, В.М. Швайко, В.М. Пришляк та ін.; за ред. Г.М. Калетніка, М.Г. Чаусова. – К.: Хай Тек-Прес, 2011. – 616 с.

17. Калетнік Г.М Використання сучасних методів механіки для сільського господарства // Г.М. Калетнік, О.М Черниш, М.Г Березовий / Збірник наукових праць ВНАУ. - В.: Вінниця, 2011.Т1 (65).- С.8-18.

18. Булгаков В.М. Від класичних основ землеробської механіки до сільськогосподарських машин майбутнього / В.М. Булгаков, А.С. Заришняк, І.В. Головач // Механізація і електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2012. – Вип. 96. – С. 26-34.

19. Калетнік Г.М. Технічна механіка [Текст] : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Калетнік Г.М., Булгаков В.М.; Черниш, О.М. та ін.. - К. : Хай-Тек Прес, 2011. - 340 с.
20. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін., за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
21. Економіка сільського господарства : навч. посіб. / [Збарський В.К. Бабієнко М.Ф., Кулаєць М.М., Синявська І.М., Хоменко М.П.] ; за ред. проф В. К. Збарського. К.: Агроосвіта, 2013. 352с.
22. Сільськогосподарські машини: підручник / [Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін.]; за ред. Д. Г. Войтюка. — Київ : Агроосвіта, 2015. — 679 с.
23. Агробізнес України – 2014 [Електронний ресурс] // Інфографічний довідник : [сайт]. – Режим доступу: <http://agrex.gov.ua/wp-content/uploads/Infografika-silskogo-gospodarstva-Ukrayini-vid-BakerTilly-ta-Latifundist.pdf>.
24. Екологічні проблеми землеробства : Підручник . [В.П.Гудзь., І.П. Рихлівський, М.Ф.Рибак та ін.] – Житомир : Полісся України , 2010 – 740с.
25. Сучасні системи землеробства України. Навчальний посібник. Вінниця : ФОП Данилюк В.Г., 2009.- 256с.
26. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 1 / [Рудь А. В., Бендера І. М., Войтюк Д. Г. та ін.] ; за ред. А. В. Рудя. – Київ : Агроосвіта, 2012. – 584 с.
27. Квашук О. В. Сучасні інтенсивні технології вирощування с.-г. культур / О. В. Квашук. – Кам'янець-Подільський : Абетка, 2008.
28. Халанський В. М. Сільськогосподарські машини / В. М. Халанський, І. В. Горбачов. - М. : Колос, 2006.
29. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів : навч. посіб. / В. О. Малащенко, В. В. Янків. Львів : Новий Світ-2000, 2013. 264с.

30. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2 / О.І. Сідашенко, та інші/ За ред. О.І.Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 491с

31. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей [Текст] / В.М. Сало, С.М. Лещенко, П.Г. Лузан, Ю.В. Мачок, Д.В. Богатирьов – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.

32. Сало В.М. Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві [Текст] / В.М. Сало, Д.В. Богатирьов, С.М. Лещенко, М.І. Савицький // Техніка і технології АПК – Дослідницьке: УКРНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2014 – № 10 (61) – С. 16-19.

33. Сало В.М. Аналіз процесів чизелювання ґрунтів з застосуванням різних комбінацій робочих органів [Текст] / В.М. Сало, С.М. Лещенко, В.А. Пашинський, Р.В. Ярових // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2015. – Вип. 45, Ч.1 – С. 126-132

34. Лещенко С.М. Технічне забезпечення збереження родючості ґрунтів в системі ресурсозберігаючих технологій [Текст] / С.М. Лещенко, В.М. Сало // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2013. – Вип. 43, ч.1 – С. 96-102.

35. Сучасні системи землеробства України. Навчальний посібник. Вінниця : ФОП Данилюк В.Г., 2009.- 256с.

36. Гудзь В.П., Примак І.Д., Будьонний Ю.В., Танчик С.П. Землеробство: Підручник. 2-е вид. перероб. та доп. За ред. В.П.Гудзя. - К.: Центр учбової літератури. 2010. 446с.

37. Екологічні проблеми землеробства : Підручник . [В.П.Гудзь., І.П. Рихлівський, М.Ф.Рибак та ін.] – Житомир : Полісся України , 2010 – 740с.

38. Солоха М. Спектральний аналіз урожайності / М. Солоха // FARMER. - 2011. - № 12 (Грудень). - С. 86-87.
39. Дем'яненко С. І. Інноваційне зростання – основа стабільності агропромислового комплексу / С. І. Дем'яненко // Наука та інновації. Сільськогосподарські і аграрні технології. – 2005. – Т. 1. – Вип. 1. – С. 87–98. (DOI: 10.15407).
40. Інноваційні трансформації аграрного сектора економіки : [монографія] / [О. В. Шубравська, Л. В. Молдован, Б. Й. Пасхавер та ін.] ; за ред. д-ра екон. наук О. В. Шубравської ; НАН України, Ін-т екон. та прогнозів. – К., 2012. – 496 с.
41. Крачок Л. І. Новітні технології в сільському господарстві: проблеми і перспективи впровадження [Електронний ресурс] / Л. І. Крачок // Сталий розвиток економіки. Міжнародний науково-виробничий журнал. – 2013. – № 3.
42. Стрип-тілл": шляхом проб і помилок [Електронний ресурс] // Український журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". – 2015. – № 2.
43. Циганенко М., Макаренко М. Система точного землеробства економить ваші гроші. Пропозиція. 2017. № 2. С. 56–60.
44. Петренко І. Точне землеробство – мода чи культ?. Агробізнес сьогодні». 28.07.2017. URL: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2556-tochne-zemlerobstvo-moda-chy-kult.html>