

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.11 – МР.1994«С»2022.12.30. 076 ПЗ

НУБІП України

СІДЕЛЬНИК АРТЕМ РУСЛАНОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

ІНСТИТУТ ДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет
НУБІП України

УДК 631.372-027.45

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
(назва кафедри)
менеджменту імені М. П. Момотенка

Вячеслав БРАТШКО

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

2023 р.

2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення експлуатаційних показників сільськогосподарських тракторів
працюючих на газоподібному паливі

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, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

Вячеслав БРАТШКО
(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
к.т.н., доц. каф.
(науковий ступінь та вчене звання)

Валерій ШЕНКО
(ім'я, прізвище)

Виконав:

Артем СІДЕЛЬНИК
(ім'я, прізвище)

КИЇВ – 2023

НУБІП України

Механіко-технологічний факультет
НУБІП України

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

НУБІП України

Д.т.н., проф. Іван РОСОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я, прізвище)

« » 2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

НУБІП України

Артему СІДЕЛЬНИКУ
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

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

НУБІП України

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення експлуатаційних показників сільськогосподарських тракторів працюючих на газоподібному паливі

затверджена наказом ректора НУБІП України від «30» грудня 2022 р. № 1943 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи науково-технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по експлуатаційних показників сільськогосподарських тракторів працюючих на газоподібному паливі

НУБІП України

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задач дослідження
2. Теоретичний розрахунок значень експлуатаційних показників сільськогосподарських тракторів працюючих на газоподібному паливі
3. Методика експериментальних досліджень експлуатаційних показників сільськогосподарських тракторів працюючих на газоподібному паливі
4. Результати експериментальних досліджень, техніко-економічна ефективність виконаних досліджень

НУБІП України

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Валерій ШЕНКО
(підпис) (ім'я прізвище)

Завдання прийняв до виконання Артем СІДЕЛЬНИК
(підпис) (ім'я прізвище)

НУБІП України

ЗМІСТ	
ВСТУП.....	6
1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Застосування газомоторного палива в тракторних дизелях	8
1.2 Способи забезпечення сільськогосподарської техніки газомоторним паливом.....	12
1.3 Висновки до розділу.....	23
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ГАЗОВИХ БАЛОНІВ НА ТРАКТОРІ ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,4	24
2.1 Загальна характеристика трактора ЮМЗ-8244	24
2.2 Визначення розташування центра тяжіння трактора.....	27
2.3 Визначення розташування центра тяжіння газобалонного обладнання	33
2.4 Оцінка граничних статичних кутів стійкості трактора ЮМЗ-8244	36
2.5 Оцінка впливу газобалонного обладнання на тягово-зчінні характеристики трактора.....	46
2.6 Висновки до розділу.....	50
3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	51
3.1 Загальні положення.....	51
3.2 Методика експлуатаційних випробувань.....	51
3.3 Методика експериментальних досліджень стійкості трактора	53
3.4 Висновки до розділу.....	55
4 РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ ТРАКТОРА ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,43 ГАЗОБАЛОННИМ ОБЛАДНАННЯМ	58
4.1 Результати експлуатаційних випробувань трактора ЮМЗ-8244, оснащеного газобалонним обладнанням	58
4.2 Результати експериментальних випробувань трактора ЮМЗ-8244 на стійкість.....	61
4.3 Висновки до розділу.....	62

НУБІП України

5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	63
---	--	----

5.1	Стійкість трактора, як чинник забезпечення безпеки під час роботи на схилах.....	63
-----	--	----

НУБІП України

5.2	Аналіз процесів формування пожежонебезпечних і аварійних ситуацій під час обслуговування газобалонного обладнання.....	67
-----	--	----

5.3	Екологічна безпека.....	68
-----	-------------------------	----

5.4	Висновки до розділу.....	69
-----	--------------------------	----

НУБІП України

6	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РІЗНИХ СПОСОБІВ ЗАПРАВКИ ТРАКТОРА ГАЗОПОДІБНИМ ПАЛИВОМ.....	70
---	--	----

6.1	Обґрунтування способу заправки трактора газоподібним паливом.....	70
-----	---	----

6.2	Висновки до розділу.....	76
-----	--------------------------	----

НУБІП України

	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	77
--	------------------------	----

	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
--	---------------------------------	----

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Основний енергоносіє під час виробництва сільськогосподарської продукції – дизельне паливо, яке використовується для всіх тракторних, комбайнових і більшості автомобільних двигунів.

На тлі зростання цін на бензин і дизельне паливо використання природного газу дозволить скоротити витрати сільськогосподарських підприємств.

Практика показала, що переведення техніки на газомоторне паливо на 30% знижує експлуатаційні витрати, а капітальні вкладення в газобалонне обладнання окупаються за 1-1,5 року. На сьогодні проєктуються і вже вводяться в експлуатацію нові газові заправки для потреб агропромислового комплексу.

Однак такі заправки доступні не для всіх підприємств через їх віддаленість.

Для вирішення цієї проблеми використовуються пересувні газові заправки, які не завжди зручні для селянських (фермерських) господарств. Тому вдосконалення системи газопостачання та подачі газоподібного палива тракторам в сільському господарстві є сьогодні актуальним завданням.

Для агропромислового комплексу України перспективним способом переведення тракторів на роботу на газоподібному паливі є використання газодизельного циклу. Основними причинами, що стримують переведення сільськогосподарської техніки на газомоторне паливо, є недостатня кількість автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС) і їх віддаленість від споживача. Тому вдосконалення доставки заправки техніки газом, особливо для селянських (фермерських) господарств з невеликою кількістю тракторів, вимагає додаткових досліджень.

Мета роботи – підвищення ефективності експлуатації тракторів тягового класу 1,4, оснащених газобалонним обладнанням, шляхом удосконалення технологічного процесу заправки газом.

Завдання дослідження:

НУБІП України

1. Провести аналіз використання тракторів тягового класу 1,4 під час роботи на газомоторному паливі.

2. Теоретично обґрунтувати оптимальне розміщення газових балонів на тракторі.

НУБІП України

3. Оцінити експериментально ефективність використання трактора, оснащеного паливною апаратурою, що працює за дизельним та газодизельним циклами.

4. Удосконалити схему технологічного процесу заправки шляхом розробки знімного касетного модуля для газових балонів.

НУБІП України

5. Розробити комплекс заходів щодо попередження виникнення травм під час роботи тракторів на схилах.

6. Визначити економічну ефективність пропонованих розробок.

Об'єкт дослідження – трактор ЮМЗ-8244, оснащений газобалонним обладнанням з можливістю роботи за газодизельним циклом.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ІСТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Застосування газомоторного палива в тракторних дизелях

Сьогодні є технічна можливість переведення на газомоторне паливо основних моделей тракторів і автомобілів, що використовуються в сільському господарстві.

Для сільського господарства найбільш простим і ефективним у використанні є спосіб переведення тракторних дизелів для роботи на газоподібному паливі за газодизельним циклом. При цьому спосіб практично не змінюється конструкція двигуна, зберігається серійна паливна апаратура, а головне – є можливість працювати як на дизельному паливі, так і на його суміші зі стисненим (СПГ) або зрідженим (ЗПГ) природним газом.

Розроблено технічну документацію на переобладнання для роботи на газомоторному паливі за газодизельним циклом тракторів К-701, 700А, Т-150К, ДТ-75, МТЗ-80/82, ЮМЗ-6, ЛТЗ-55 [10, 15, 17].

Газомоторне паливо є основним видом палива під час роботи дизеля за газодизельним циклом і як наслідок, поліпшуються умови змащення тертьової пари «циліндр - поршневі кільця», оскільки незгоріле дизельне паливо не змиває оливу зі стінок циліндрів. Зменшується нагароутворення в камері згоряння головки блока циліндрів і на поршнях, оскільки скорочується кількість вуглецевих відкладень. Помітно знижується сумарна токсичність відпрацьованих газів. При правильно обраному режимі роботи на газовому паливі рівень створюваного двигуном шуму знижується на 3-8 дБ, та й сам двигун починає працювати м'якше [10, 13].

Газ – високоякісне паливо з октановим числом близьким 105. Тому ні на одному режимі роботи двигуна не виникає детонація. Застосування газу помітно знижує порівняно із бензином сумарну токсичність відпрацьованих газів.



Рисунок 1.1 – Сільськогосподарські трактори з газобалонним обладнанням

Більш ніж втричі зменшується кількість токсичного окису вуглецю CO в 1,6 рази – вміст канцерогенних вуглеводнів CH , що складаються з частинок незгорілого палива. Концентрація окису азоту NO і двоокису NO_2 , що утворюються в процесі горіння суміші кеню та азоту під час роботи двигуна на газі знижуються в 1,2-1,4 рази [1, 14, 30].

Поряд з перерахованими перевагами газобалонного трактора слід зазначити і ряд властивих йому недоліків, а саме: неможливість запуску двигуна в холодну пору року на газі; зниження потужності двигуна на 7%; збільшення металомісткості на 25-30 кг, балони займають місце [2, 30].

Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика дизельних і газодизельних тракторів К-701 і МТЗ-82 [5]

Показник	Марка трактора			
	К-701		МТЗ-82	
	Базовий	Газобалонний	Базовий	Газобалонний
1	2	3	4	5
Номинальне тягове зусилля, кН (тс)	50 (5)	50 (5)	14 (1,4)	14 (1,4)
Номинальна потужність двигуна, кВт (к. с.)	198,5 (270)	198,5 (270)	55,1 (75)	55,1 (75)
Експлуатаційна маса трактора, т	13,5		3,62	
- з стальними балонами				
- з металопластиковими балонами		14,7		3,81
Діапазон швидкостей, км/год	2,6-33,8	2,6-33,8	1,94-34,3	1,94-34,3
Витрата палива на номінальній потужності в дизельному режимі, кг/год	51,8	51,8	13,5	13,5
Те ж в газодизельному режимі, кг/год		10		2,6
Тривалість роботи на одній заправці паливом, годин:				
на транспортних роботах				
- в дизельному режимі	26,0	29,2	16,7	23,0
- в газодизельному режимі		10,5		10,5
на оранці				
- в дизельному режимі	15,0	22,0	10,0	13,6
- в газодизельному режимі		7,0		4,6
Кількість газових балонів/ємність одного балона, л	-	18/50	-	4/51

На тиск газу в балоні впливає температура навколишнього середовища, тому треба стежити, щоб він не перегрівався. Якщо балон повністю заповнений, то навіть незначне підвищення температури може призвести до різкого збільшення тиску [13, 30].

Результати проведеної оцінки показали, що збільшення маси трактора за рахунок встановлення балонів для СПП не призводить до підвищення щільності ґрунту високої вологості, що пояснюється збільшенням плями контакту шин з ґрунтом при зростанні навантаження на них, а також ефектом дилаксації, який призводить до роздавлювання ґрунту і зниження його твердості. Під час досліджень на стерні з вологістю фізичної стиглості ґрунту спостерігались незначне погіршення ґрунтових характеристик: збільшення твердості ґрунту на 7,8%, опору під час оранки на 2,4%, зниження коефіцієнта кришіння пласта на 3,9%. Дані незначні негативні ефекти усуваються у випадку комплектації трактора шинами більшого розміру (66x43,00 R-25) [22].

Встановлення балонів над кабіною газодизельного трактора МТЗ-82 зменшує в межах допустимого кут поперечної статичної стійкості на 2° – 33° і утруднює відкриття люка на даху для очищення повітряного фільтра системи нормалізації мікроклімату. Також варто відзначити, що встановлення балонів на даху ускладнює їх обслуговування [4].

Під час встановлення балонів на с.-г тракторах не збільшуються габарити тракторів, за винятком габариту за висотою при монтажі балонів на даху кабіни. З метою забезпечення в'їзду газобалонних тракторів у оборота тваринницьких ферм розроблена конструкція встановлення балонів на тракторах МТЗ, ЮМЗ без збільшення габаритних розмірів трактора за висотою.

Аналіз літературних джерел і досвід експлуатації тракторів К-700А, оснащених газобалонним обладнанням, дозволяє виявити основні переваги використання природного газу метану в тракторних двигунах [4, 12]

- зменшення витрати палива в 1,5-2 рази;
- поліпшення екологічних показників NO_x до 20%; CH_4 – до 30%; CO до 10%;

- можливість працювати як за дизельним, так і за газодизельним циклами

Перераховані переваги використання природного газу порівняно з дизельним паливом дозволяють переводити сільськогосподарську техніку для роботи на газомоторному паливі, що сприяє підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва.

Експлуатація сільськогосподарських тракторів, оснащених газобалонним обладнанням, має ряд недоліків:

- 1) невеликий час роботи на одній заправці;
- 2) тривалість заправки газоподібним паливом і недостатня кількість газозаправного обладнання, особливо АГНКС (автомобільні газонаповнювальні компресорні станції);
- 3) необхідність використання додаткових пересувних засобів заправки;
- 4) створення додаткової виробничої бази, що забезпечує безпеку експлуатації;
- 5) збільшення маси трактора за рахунок встановлення додаткового газобалонного обладнання.

Як видно з аналізу наявних недоліків, стримуючим фактором використання газомоторного палива в с. г. є газопостачання тракторної техніки.

1.2. Способи забезпечення сільськогосподарської техніки газомоторним паливом

Сьогодні основними способами забезпечення автотракторної техніки газовим паливом є

- заправка стисненим природним газом (СПГ) на АГНКС (автомобільні газонаповнювальні компресорні станції);
- наповнення пересувного автомобільного газового заправника (ПАГЗ) на АГНКС і доставка його до місця роботи тракторів;
- будівництво міні АГНКС у сільській місцевості;
- скраплення газу на АГНКС і транспортування його до споживача.

АГНКС – це газова автомобільна компресорна станція, призначена для заправки легкових автомобілів, автобусів, с.г техніки та інших видів транспортних засобів, двигуни яких переобладнані для роботи на газі. Вона приєднується до газопроводу, після чого тиск газу доводиться до 200 атм.

МініАГНКС зручні тим, що підключаються практично до будь-яких побутових газових мереж, малогабаритні і мають відносно невелику вагу, але вимагають досить великої пропускної здатності існуючих газових мереж [1, 25, 29]. Електроенергія, яку споживає міні компресор, цілком забезпечується звичайною електричною мережею у 220 В. Таким чином, підключити і використовувати метановий компресор можна в самих звичайних побутових умовах. Це дає можливість встановити газовий компресор у невеликих транспортних підприємствах, що займаються перевезеннями, на сільськогосподарських станціях техобслуговування.

Одним з рішень заправки машин природним стисненим газом в умовах недостатньої розвиненості мережі АГНКС є встановлення власних компактних газозаправних пристроїв. Компанія BRC FuelMaker (Італія) виробляє ряд таких побутових заправних пристроїв, які можуть встановлюватися скрізь, де є доступ до побутової газової труби і джерела електроенергії (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики побутових заправних пристроїв

Показники	Технічні характеристики	
	FMQ-8,36	FMQ-10
Габаритні розміри, мм	848x1228x813	848x1228x813
Маса, кг	263	263
Тиск на виході, бар	248	207
Напруга мережі, В	220	220
Споживання електроенергії, кВтгод	3,6	4,8
Витрата газу, м ³ /год	10,3	13,6
Шум від роботи, дБ	66	66

Унікальність цих газозаправних пристроїв полягає в тому, що всі основні вузли – компресор, вентилятор, газозаправні агрегати, електронний блок

управління з програмним забезпеченням – розміщені в одному малогабаритному корпусі.

Одним із способів розширення можливості застосування газомоторного палива є заправка віддаленої від АГНКС техніки пересувними автогазозаправниками (ПАГЗ), призначеними для транспортування стиснутого природного газу і заправки ним автомобілів безкомпресорним способом на спеціально обладнаних майданчиках, а також для газифікації окремих підприємств. Технічні характеристики базових автопоїздів представлені в таблиці 1.3.

ПАГЗ є спеціальним транспортним засобом, до складу якого входять акумулятори газу, газозаправні колонки з комерційним обліком газу, система автоматичного управління заправкою автомобілів і додакове обладнання. ПАГЗ виконують на базі комплекту технологічного обладнання АГНКС.

ПАГЗи бувають двох типів – пасивного (рисунок 1.2) і активного (рисунок 1.3). ПАГЗ пасивного типу дозволяє перевозити більшу кількість газоподібного палива і має меншу вартість, як самого ПАГЗ, так і палива, що заправляється, ніж ПАГЗ активного типу. Проте ПАГЗ активного типу має в своєму складі компресор, який займає досить великий простір у вантажному відсіку, привід якого здійснюється від теплового двигуна, що працює, як правило, на тому ж газоподібному паливі, що дозволяє здійснювати заправку техніки тиском 20 МПа, в той же час, як заправка від ПАГЗ пасивного типу дозволяє заповнити балони с.-г техніки до тиску, що залежить від пропорційного співвідношення об'єму балонів ПАГЗ і об'єму балонів техніки, що заправляється.

Збільшення витрат на заправку прямо пропорційне витратам, пов'язаним із придбанням і експлуатацією ПАГЗ і обернено пропорційне кількості газу, що заправляється в газобалонні автомобілі за певний період часу. Вихідними даними для розрахунку є конструктивні параметри і ціна ПАГЗ, умови і організація їх експлуатації.

Серійне виробництво ПАГЗ розпочато в 1988 р Сумським машинобудівним науково-виробничим об'єднанням спільно з Одеським насосним заводом.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики заправних пристроїв

Параметр	КамАЗ-5410 з н/п 937001	КамАЗ-54112 з н/п 9385	МАЗ-54323 з н/п МАЗ-9397	МАЗ-64227 з н/п МАЗ-9389
Колісна формула	6x4+2	6x4+2	4x2+2	6x4+3
Навантаження на сідло- во-зчіпний пристрій, кН (кгс)	79,4 (8100)	107,8 (11100)	86,2 (8800)	144 (14700)
Повна маса, кг: напівпричепи	19100	26000	26800	38700**
автомобіля	26125	33325	34000	48000*
Маса вантажу, що пере- возиться (газобалонна установка і стиснений газ), кг	14500	20500	26100	32700
Навантаження на дорогу, кН (кгс) через шини передніх ко- ліс	38,6 (4175)	43,0 (4395)	58,8 (6000)	58,8 (6000)
через шини задніх коліс	101,4 (10960)	136,5 (13930)	98,0 (10000)	176,5 (18000)
через шини коліс напівп- ричепи	101,8 (11000)	141,0 (15000)	176,4 (18000)	235,2 (24000)
Габаритні розміри, мм: тягача	6180x2500x 2830	6180x2500x 2830	5980x2500x 3550	6570x2500x 3550
напівпричепи	9400x2500x 2040	10390x2500 x2090	11455x2500 x2145	12325x2500x 1495
Платформа напівпричепи, мм внутрішні розміри	9180x2320	10700x2320	11280x2420	12325x2500
завантажувальна висота	1450	1480	1450	1415
Об'єм газобалонної уста- новки при використанні балонів з відносною ма- сою 2,1 кг/дм ³ , м ³	5,5	7,3	7,3	13,2

Примітка: н/п - напівпричіп; ** - великоваговий; * - допустима маса



Рисунок 1.2 – Пересувний автогазозаправник пасивного типу



Рисунок 1.3 – Активний пересувний автогазозаправник мод. 1200К (з компресором)

За відомих параметрів СПГ (тиск, температура, склад) і технологічної схеми заправки (кількість секцій ПАГЗ, коефіцієнт спорожнення) об'єм газу, що заправляється в автомобілі за одну поїздку, визначається масою і габаритами газобалонної установки ПАГЗ, які, в свою чергу, обмежені вантажопідйомністю (з врахуванням повної маси, розподілу осевих навантажень) і допустимими габаритами базового шасі. Отже, з метою збільшення об'єму газу, що заправляється в балони за базові для ПАГЗ транспортних засобів (з враху-

ванням парку машин і характеристик дорожньої мережі) слід використовувати тягачі з напівпричепами максимальної вантажопідйомності, наприклад, такі, як ПАГЗ 2500-25 на базі автопоїзда в складі сідельного тягача КАМАЗ-54118 і напівпричепа ЧМЗАП-99874.

Продуктивність ПАГЗ і витрати на доставку газу споживачеві безпосередньо залежать від числа напівприцепів, що використовуються з одним ПАГЗ.

Пересувні газозаправники, пропоновані для забезпечення сільськогосподарської мобільної техніки СПГ, можуть бути поділені на три типи:

1. Пересувні автомобільні газозаправники (ПАГЗ), де газобалонні установки (ГБУ) встановлюються на кузовах автомобілів або ж на автомобільних прицепах (напівпричепах), а тягачем є автомобіль.

2. Пересувні тракторні газозаправники (ПТГЗ), де ГБУ встановлюється на тракторному причепі (напівприцепі), а тягачем є трактор.

3. Пересувні комбіновані газозаправники (ПКГЗ), де ГБУ встановлюється на автомобільному причепі (напівприцепі), а тягачем є трактор.

Всі перераховані вище типи пересувних газозаправників мають свої переваги і недоліки.

Перевага ПАГЗ порівняно із ПТГЗ і ПКГЗ – відносно висока середня технічна швидкість, недолік – слабка прохідність по ґрунтовим дорожкам.

Перевага ПКГЗ в порівнянні з ПТГЗ – можливість при його комплексному використанні з ПАГЗ обходитися без перекачування в нього газу від

ПАГЗ. Цей процес проводиться в такий спосіб: заправлений на автомобільній газонаповнювальній компресорній станції (АГНКС) ПАГЗ доставляє газове

паливо до доріг, що не дозволяють його експлуатацію, де причіп (напівпричіп) з ГБУ відчіплюється від автомобільного тягача і чіпляється до тракторного тягача. При цьому можна виділити чотири основні схеми заправки газо-

моторним наливом, які представлені на рисунку 1.4, а аналіз їх переваг і недоліків – в таблиці 1.4.

НУБІП України

Заправка с.-г техніки за схемою «а» проводиться безпосередньо АГНКС, куди техніка доставляється безпосередньо з місця роботи.

За схемою «б» заправка автотракторної техніки здійснюється від заправлених на АГНКС пересувних автогазозаправників (ПАГЗ). ПАГЗи використовуються за умови, що дорога на всій ділянці шляху має тверде дорожнє покриття. Заправка автотракторної техніки в ньому випадку проводиться на обладнаних майданчиках, куди вона і доставляється з місця роботи.

У відповідності зі схемою «в» заправка сільськогосподарських машин відбувається від балонних модулів (БМ), які в свою чергу заправляються від ПАГЗ, що доставляють стиснений природний газ від АГНКС.

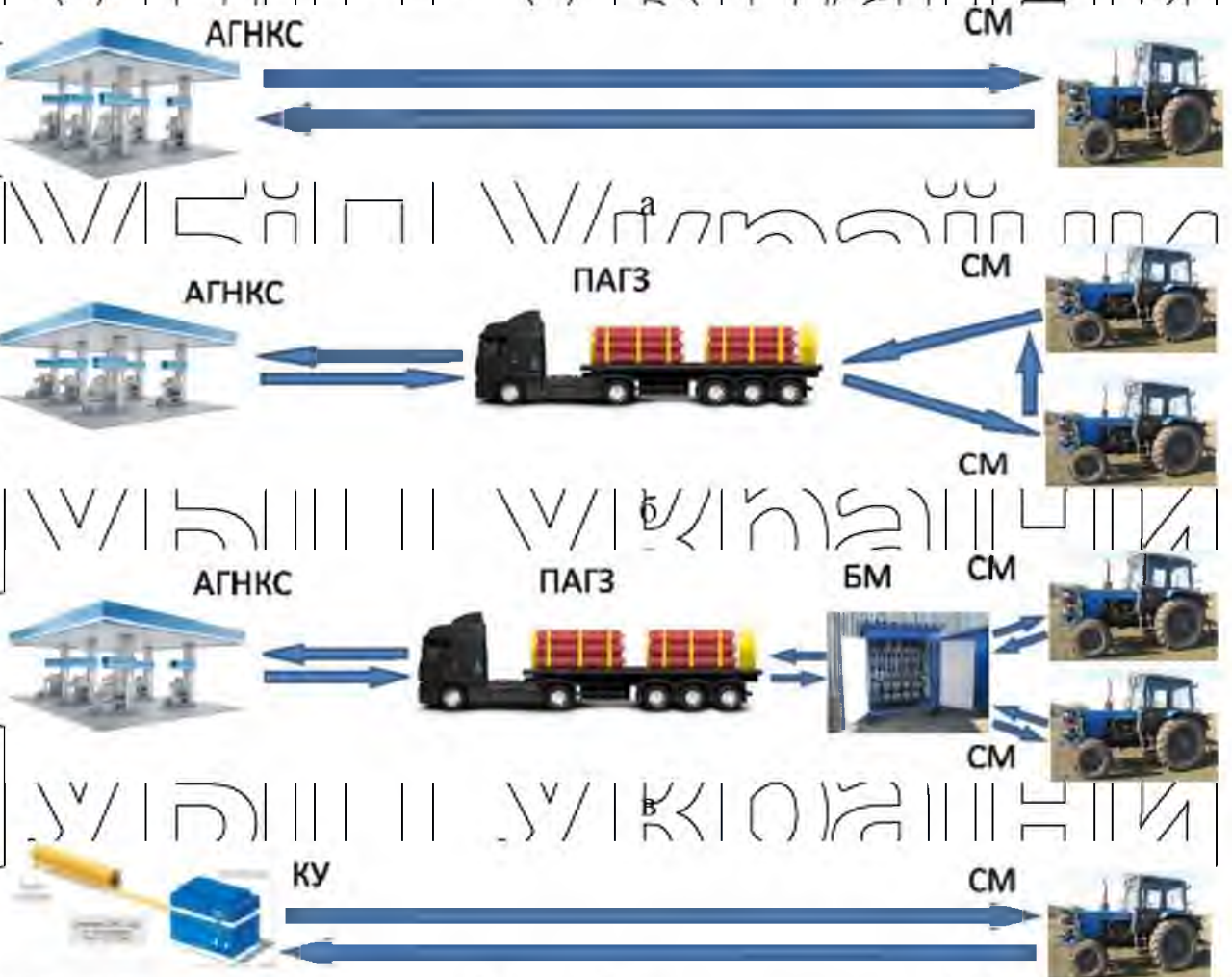


Рисунок 1.4 – Основні схеми заправки сільськогосподарської техніки стисненим природним газом

Заправка автотракторної техніки за схемою «г» проводиться від компресорної установки (КУ), яка підключена до системи центрального газопостачання.

Таблиця 1.4 – Аналіз схем заправки сільськогосподарської техніки

Назва і короткий опис схеми	Переваги	Недоліки
Схема «а». Заправка сільськогосподарських машин (СМ) за цією схемою проводиться безпосередньо на автомобільних газових наповнювальних компресорних станціях (АГНКС), куди СМ переганяють з місця роботи	Висока продуктивність і пропускну здатність	Віддаленість від основних місць експлуатації сільськогосподарської техніки
Схема «б». За цією схемою заправка СМ проводиться від заправлених АГНКС пересувних автогазозаправників (ПАГЗ). ПАГЗи використовуються за умови, що дорога на всій ділянці шляху має дорожнє покриття. Заправка СМ в цьому випадку проводиться на обладнаних майданчиках куди вони, і доставляються з місця роботи	Близькість до основних місць експлуатації сільськогосподарської техніки	Низька продуктивність і пропускну здатність, неповна заправка (у випадку з використанням пасивного ПАГЗ), додаткові витрати на заправку
Схема «в». Заправка сільськогосподарських машин проводиться від багаторічних модулів (БМ), які в свою чергу заправляються від ПАГЗа, що підвозить стиснений природний газ від АГНКС	Висока продуктивність і пропускну здатність	Віддаленість від основних місць експлуатації сільськогосподарської техніки
Схема «г». Заправка СМ за даною схемою може здійснюватися від компресорної установки (КУ), яка підключена до системи центрального газопостачання	Близькість до основних місць експлуатації сільськогосподарської техніки	Низька продуктивність і пропускну здатність

Особливість роботи сільськогосподарської автотракторної техніки полягає в тому, що заправка тракторів газомоторним паливом повинна проводитися безпосередньо в полі. У міру закінчення запасу палива трактори заправляються від пересувних заправників на краю поля.

При цьому слід враховувати ту обставину, що споживання палива має два піки, які спостерігаються у весняний і осінній періоди роботи. У ці періоди навантаження на трактор зростає в кілька разів, тобто потреба в паливі залежить від сезонності. Із збільшенням кількості с.-г техніки зростає потреба у паливі в піковий період, що обумовлює нерівномірне завантаження паливозаправного обладнання. Виходом з цього положення є придбання мініАГНКС, за умови, що у сільськогосподарського підприємства є 15-20 тракторів.

Таким чином, невеликим селянським (фермерським) господарствам економічно нецільно купувати ПАГЗ і переобладнувати трактори для роботи на газомоторному паливі. До недоліків ПАГЗ також можна віднести:

- тривалість заправки на АГНКС до 6 год;
- в балонах для зберігання стисненого природного газу пересувного газозаправника з безкомпресорним відбором газу залишається невикористаним до 50% об'єму його заправки [25];
- за невеликої кількості газобалонних тракторів заправне обладнання (ПАГЗ) використовуються лише на 5-7% від своїх можливостей.

Відомо безліч розробок з використання ПАГЗ. Аналіз показав, що трактори марок К-700, К-700А, Т-150К, МТЗ- 80/82, ЮМЗ-6, ЛТЗ-55, в основному складають тракторний парк більшості сільгосп підприємств, на одній заправці стисненим природним газом тиском 20 МПа можуть працювати в газодизельному режимі на оранці 4,5-7 год. Цього недостатньо для роботи в полі на одній заправці повний світловий день.

Для збільшення часу роботи тракторів на одній заправці СПГ до 11-13 год використовують пересувні газозаправники з робочим тиском газу в блоці посудин 32 МПа з подальшою заправкою балонів тракторів також тиском 32 МПа.

Таким чином, використання в сільському господарстві всіх вищевказаних типів пересувних газозаправників при наявності АГНКС дозволяє вирішити проблему забезпечення МТМ господарства СПГ незалежно від дорожніх і кліматичних умов, проте собівартість застосування газу дещо зростає.

Для забезпечення переведення техніки для роботи на газоподібному паливі в селянських (фермерських) господарствах в першу чергу для тракторів тягового класу 1,4 необхідні нові розробки.

Характерною відмінністю між тракторами, що працюють на дизельному паливі і на природному газі в газодизельному режимі, є, в першу чергу, наявність балонів із стисненим природним газом (метаном), що зберігаються під тиском близько 20 МПа, які кріпляться, як правило, на даху трактора [26].

Температура, за якої працює газобалонне обладнання, може коливатися від -40 до +45 °С.

Серед інших особливостей модифікацій тракторів із газодизельною апаратурою можна відзначити збільшення загальної маси трактора на 130-150 кг (додається маса газобалонного обладнання), збільшення габаритних розмірів трактора за висотою приблизно на 0,5 м.

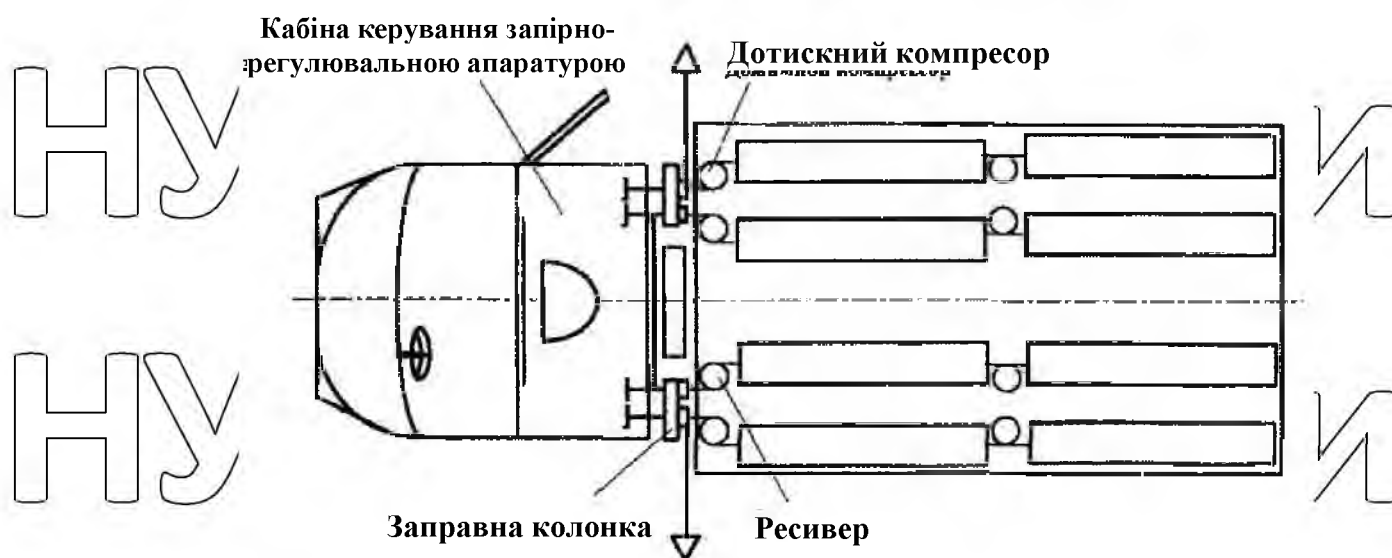
У випадку встановлення газових балонів змінюється положення центра тяжіння трактора (як правило, висотна координата центра тяжіння трактора зростає). Це може негативно позначитися на стійкості трактора і призвести до

його перекидання в процесі експлуатації. Тому під час встановлення на трактор додаткового обладнання у вигляді газових балонів необхідно провести дослідження з оцінки граничних кутів стійкості трактора.

Іншим недоліком під час використання газобалонних тракторів є значна тривалість заправки природним газом, що скорочує продуктивність праці в цілому. Спроби скоротити час на заправку і збільшити час роботи трактора на одній заправці намагалося багато дослідників.

Для спрощення організації заправки транспортних засобів стисненим природним газом і збільшення радіусу дії транспортних засобів, що працюють на газі, а також з метою підвищення ефективності використання пересувного газозаправника розроблений новий спосіб заправки. Він включає в себе придбання пересувного газозаправника із заправною колонкою на місце збору транспортних засобів, що працюють на стисненому природному газі, і запра-

вку транспортних засобів СПГ через заправну колонку з використанням дотискного компресора, який змонтований на ходовій частині, на якій також змонтовані ресивер, додаткова заправна колонка і двигун внутрішнього згоряння, що працює на стиснутому природному газі і служить приводом дотискного компресора, що має, щонайменше, два вхідних і два вихідних колектори з вузлами підключення пересувних газозаправників з безкомпресорним відбором стисненого природного газу (рисунк 1.5) [27].



Рисунк 1.5. Схема заправної газової колонки

Для усунення низької ефективності пересувних газозаправників, пов'язаної з тим, що спорожнення балонів під час заправки споживачів відбувається до 50% від початкового об'єму, пропонує спосіб заправки стисненим природним газом, що включає в себе спорожнення попередньо заповнених стисненим природним газом балонів високого тиску в 40 МПа, згрупованих в першу, другу і третю секції з робочим тиском 20, 25 і 40 МПа відповідно. При цьому природний газ подають у циліндри першого ступеня компресора; стислий, охолоджений природний газ подають в другу і наступні ступені компресора, і охолоджений і стислий до тиску 40 МПа природний газ подається у металеві балони високого тиску, після чого їх можна спорожнити до тих пір, поки тиск в балонах не впаде до мінімальної величини, необхідної для заправки

природним газом емностей споживачів, після спорожнення балонів всіх секцій до мінімально можливого тиску включають компресор і починають перекачування природного газу в металеві балони високого тиску. На рисунку 1.6 представлений такий газозаправник.

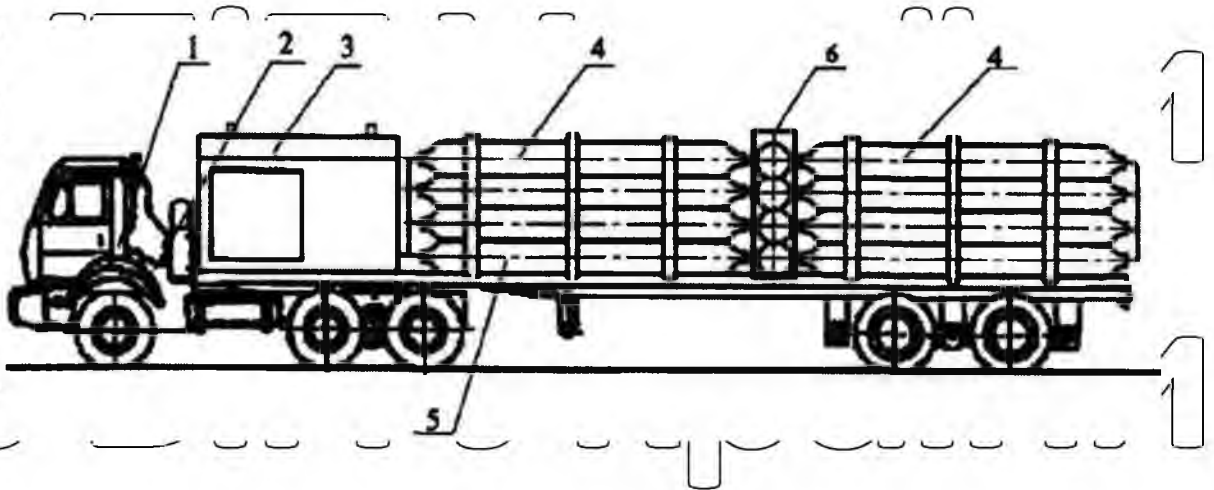


Рисунок 1.6 – Газозаправник, що працює за принципом ступінчастої заправки

1.3. Висновки до розділу

1. Проведений аналіз показав, що переведення техніки на газомоторне паливо на 30% зменшує експлуатаційні витрати, а капітальні вкладення в газобалонне обладнання окупаються за 1-1,5 року.

2. У літературних джерелах є технічна документація та рекомендації з використання газомоторного палива для тракторів К-700А і К-701. Для колісних тракторів тягового класу 1,4 таких досліджень проведено недостатньо.

Тому метою даної роботи є підвищення ефективності використання тракторів тягового класу 1,4, оснащених газобалонним обладнанням, шляхом вдосконалення технології заправки газом.

3. Сьогодні основними причинами, що стримують переведення сільськогосподарської техніки на газомоторне паливо, є недостатня кількість АГНКС і їх віддаленість від споживача.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ГАЗОВИХ БАЛОНІВ НА ТРАКТОРІ ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,4

У процесі виконання різних сільськогосподарських робіт трактор повинен працювати без перекидання на ухилах різної величини. Дана властивість трактора регламентується значеннями граничних статичних кутів, поздовжнього і поперечного ухилів, на яких трактор має можливість стояти в загальмованому стані. Поряд з цим ці кути є визначальними параметрами для оцінки поздовжньої і поперечної стійкості трактора. За [9] регламентується значення кута поперечної статичної стійкості для тракторів тягових класів 0,9 і більше, який повинен бути не меншим 35° .

Встановлення додаткового обладнання у вигляді газових балонів та іншого обладнання для роботи за газодизельним циклом може значно змінити значення вищевказаного кута, що, в свою чергу, може порушити проїздатність трактора в цілому і призвести до його перекидання.

У свою чергу для визначення теоретичних значень статичних кутів стійкості необхідно знати розташування центра тяжіння трактора.

2.1. Загальна характеристика трактора ЮМЗ-8244

Трактори серії ЮМЗ 8000 призначені для виконання різних с.-г робіт з навісними, напівнавісними і причіпними машинами і знаряддями [18].

Крім того, вони можуть бути використані для виконання трудомістких робіт в агрегаті з бульдозерами, екскаваторами, навантажувачами, ямокопачами, а також на спеціальних транспортних роботах і для приводу різних стаціонарних сільськогосподарських машин.

Вони є універсальними сільськогосподарськими тракторами класу 1,4 тс (14 кН).

Трактори мають напіврамну конструкцію. Їх озов складається з напіврами, корпусів муфти зчеплення, коробки передач і заднього моста. Дизель спереду еластично закріплений на передньому брусі, а ззаду жорстко з'єднаний з корпусом муфти зчеплення.

Силова передача трактора має муфту зчеплення, понижуючий редуктор і коробку передач, задній міст з автоматичним блокуванням диференціала і задній ВВП з двошвидкісним незалежним і синхронним приводами.

Трактори ЮМЗ-8244 оснащені переднім ведучим мостом і механізмами приводу. Рульове управління тракторів складається з гідросиловача і рульової трапеції. Привід переднього ведучого моста здійснюється від коробки передач. Передній міст шарнірно з'єднаний з переднім брусом для забезпечення коливання моста в поперечній площині. Передбачена безступінчаста зміна колії передніх і задніх коліс за допомогою гвинтових механізмів. Для збільшення зчпних якостей і поліпшення керованості на передній брус трактора можуть бути встановлені додаткові вантажі. Є можливість установки до 10 додаткових вантажів масою 20 кг кожен [18].

Шини тракторів можуть мати різні розмірності. Вибір шин того чи іншого розміру залежить від умов експлуатації і характеру виконуваних сільськогосподарських операцій. Розміри і застосовність передніх і задніх шин різних розмірів представлена в таблиці 2.1 [18].

На практиці найчастіше зустрічається поєднання шин: передніх – 11,2-20, задніх – 15,5R38.

Колія трактора може змінюватися від 1350 до 1850 мм по керованим колесам і від 1400 до 2100 мм по ведучим колесам.

Для встановлення коліс на ширину колії 1500-1600 замість 1350-1500 мм (або навпаки) необхідно відвернути гайки кріплення обода колеса до диска і повернути колесо так, щоб кронштейни обода пройшли через прорізи в диску. Залежно від необхідної ширини колії встановлюють відповідне взаємне розташування обода колеса стосовно диска.

Таблиця 2.1 – Варіанти поєднання передніх і задніх шин трактора ЮМЗ-8244 [18]

Задні шини	Передні шини				
	8,3-20	11,2-20 (11,2R20)	13,6-20	360/70R20	16,0-20
18,4R30	+	+	-	-	-
18,4R34	-	+	-	-	-
15,5R38	+	+	-	-	-
16,9R38	-	-	+	+	-
9,5-42	+	+	-	-	-
11,2R42	+	+	-	-	-

Примітка. «+» – поєднуються, «-» – не поєднуються.

Для отримання колії 1600-1800 мм необхідно зняти колеса з дисків і поміняти їх місцями. При цьому необхідно, щоб напрямок обертання шини залишався незмінним (за стрілкою, зазначеною на боковині).

Колія задніх коліс може бути встановлена відповідно до таблиці 2.2 [18].

Таблиця 2.2 – Встановлення колії задніх коліс трактора ЮМЗ-8244 (для шин 15,5R38)

Колія задніх коліс, мм	1350*	1400	1500	1600	1800	1900	2000	2100
Відстань від торця півосі до торця маточини заднього колеса, мм	безступінчато			безступінчато з перестановкою коліс				
	125	100	50	0	164	114	64	14

Примітка: * для шин 9,5-42 і 11,2R42.

Відповідно до таблиці 2.2 під час агрегування трактора з більшістю с-г знарядь рекомендується значення колії передніх і задніх коліс 1450 мм.

Експлуатаційна маса трактора з навісним обладнанням становить 4000 кг. Основні розміри трактора представлені на рисунку 2.1.

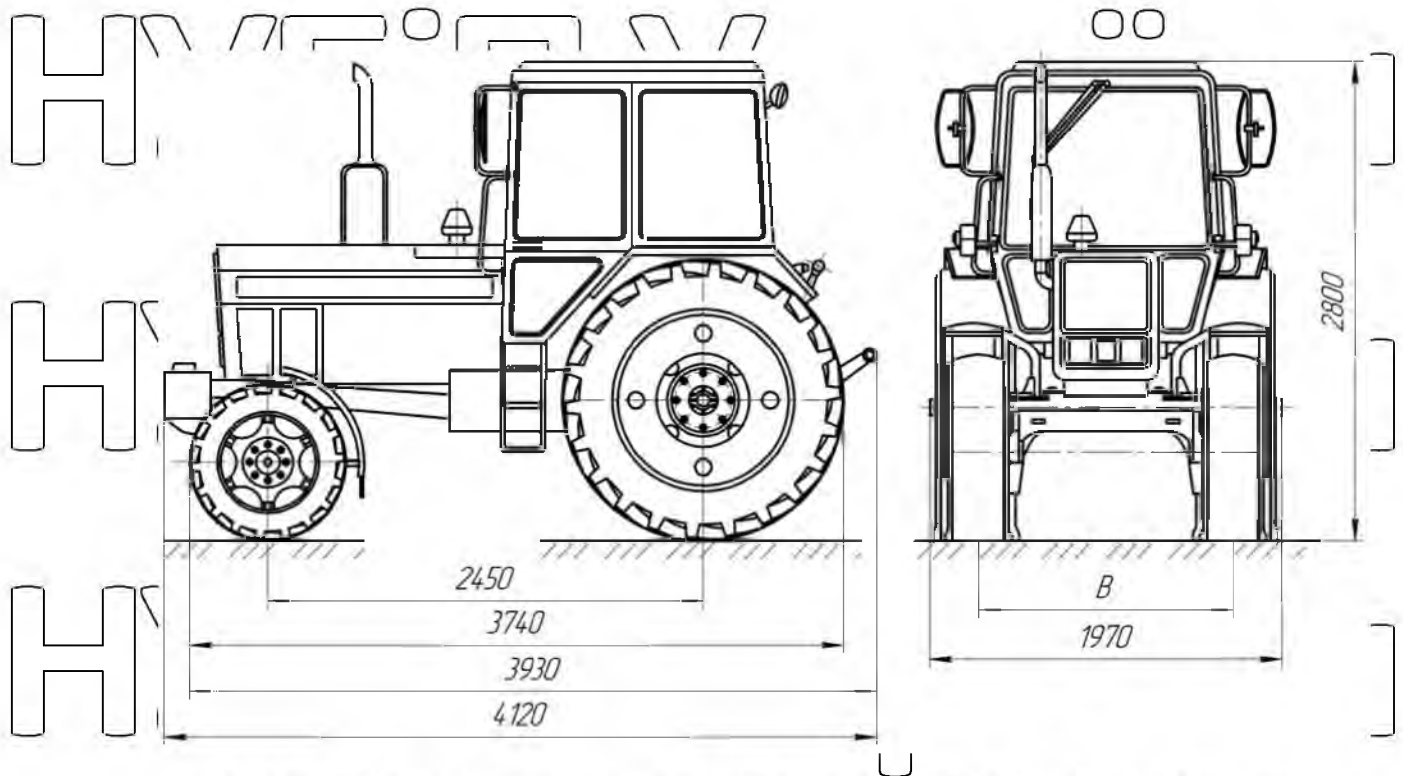


Рисунок 2.1 – Основні розміри трактора ЮМЗ-8244: B – колія трактора

2.2 Визначення розташування центра тяжіння трактора

Для визначення статичних кутів стійкості трактора необхідно знати координати його центра ваги. Методика визначення координат центра тяжіння сільськогосподарських тракторів регламентована ГОСТ 30750-2001 [6].

Даний спосіб визначення розташування центра тяжіння трактора полягає в наступному. Трактори, що подаються на випробування, повинні відповідати вимогам ГОСТ 7057-2001 [7]. Відповідно до [6] центр тяжіння визначають методом вимірювання реакції опор під час встановлення трактора в трьох положеннях: горизонтальному, похилому при піднятій передній (моторній) частині, похилому при піднятій кормовій (задній) частині. При цьому майданчик, на якому встановлено ваговий пристрій (платформні ваги), повинен мати тверду основу.

Для визначення горизонтальної поздовжньої координати вимірюють реакцію F_2 , зумовлену масою трактора m на передньому мості, і базу трактора a (рисунок 2.2).

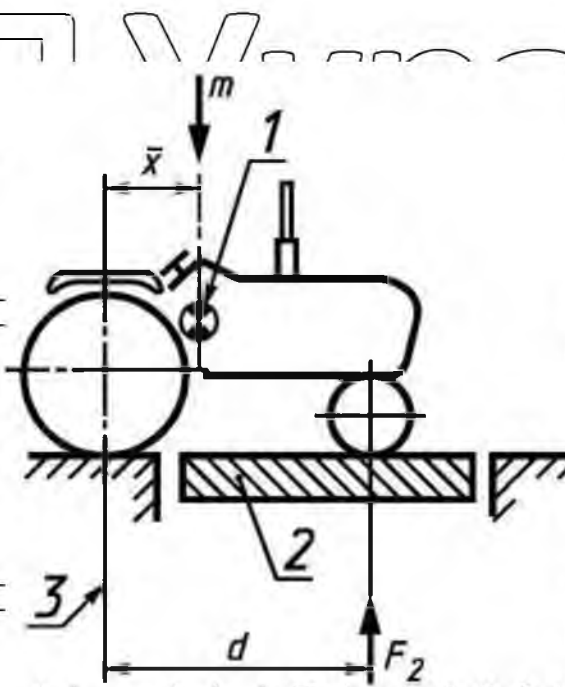


Рисунок 2.2 – Схема визначення поздовжньої горизонтальної координати

центра тяжіння трактора: 1 – центр тяжіння трактора; 2 – платформна вага;

3 – лінія відліку по вертикалі

Для визначення вертикальної координати h (рисунок 2.3) трактор підвищують під кутом $20-25^\circ$ до горизонталі з боку причіпного пристрою.

Вимірюють реакцію F_3 в місці контакту коліс з платформою ваги, після чого вимірюють відстань d_1 від місця контакту з платформою до лінії підвішування, після чого визначають відстань c від центра ваги до лінії підвішування за формулою [6].

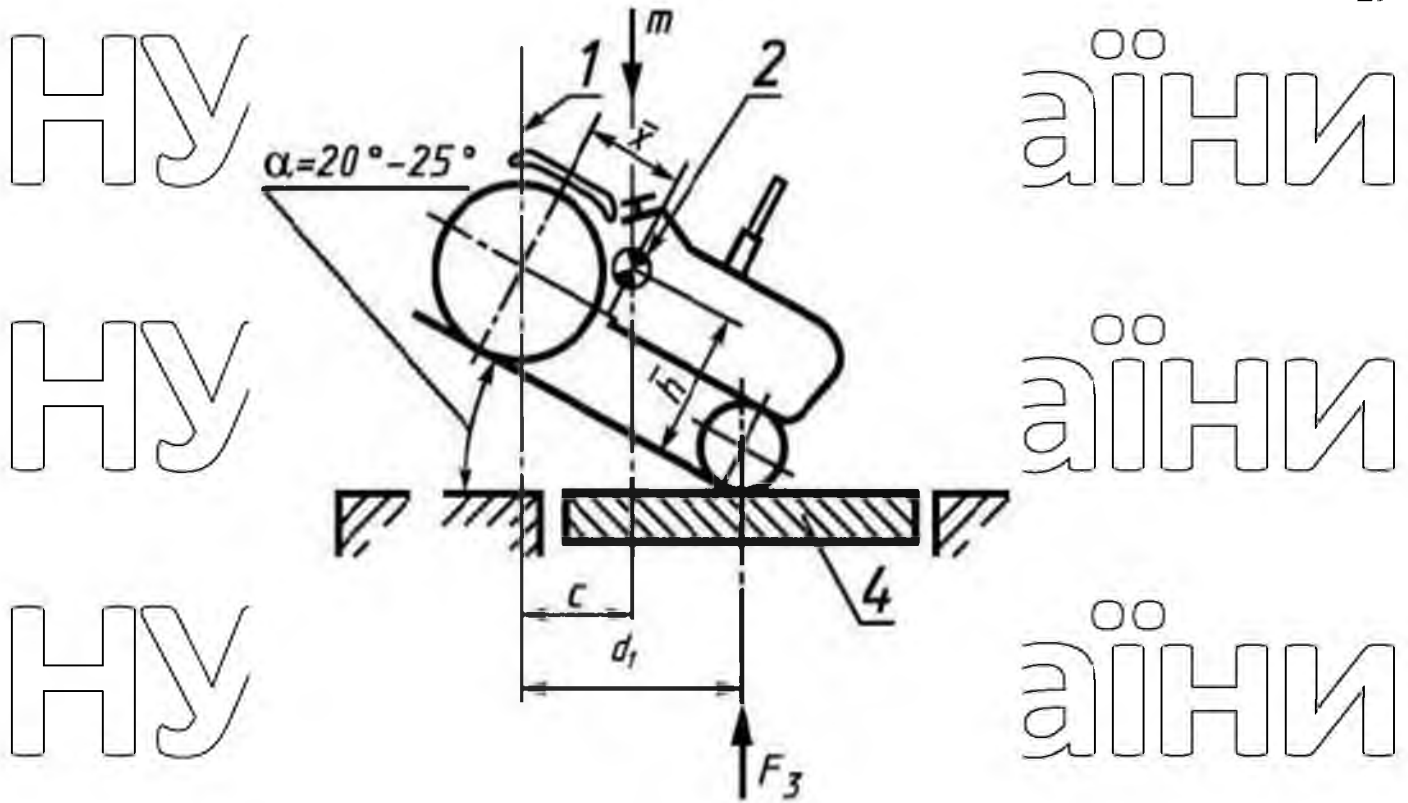


Рисунок 2.3 – Схема визначення вертикальної (висотної) координати положення центра тяжіння трактора

Після цього випробування повторюють, підвищуючи трактор з обох сторін; при цьому збереження кута підвісу трактора необов'язкове.

Координату \bar{h} визначають в точці перетину лінії, паралельної лінії осі підвісу на відстані c від неї, і перпендикуляра, проведеного на відстані x до лінії, паралельної координаті x , що проходить через крайні точки бази трактора.

Якщо результати випробувань не збігаються, координату \bar{h} усереднюють.

Для встановлення поперечної координати \bar{y} (рисунок 2.4) визначають навантаження F_4 і F_5 , що створюються колесами з лівої і правої сторін, після чого обчислюють відстань b положення центра тяжіння з використанням ширини колії d_1 [6]:

$$b = \frac{d_1 F_5}{m}, \quad (2.3)$$

де d_1 – ширина колі трактора, мм, F_5 – нормальне навантаження, що створюється колесами правого борта трактора, кг.

Поперечну координату центра тяжіння у розраховують за формулою:

$$y = \frac{d_1}{s} b, \quad (2.4)$$

де b – відстань від центра тяжіння до поздовжньої площини, що проходить через рушій трактора, встановлений на випробувальному майданчику, мм.

Таким чином отримують координати розташування центра тяжіння трактора. Положення центра тяжіння вказують у міліметрах від кожної з трьох базових площин.

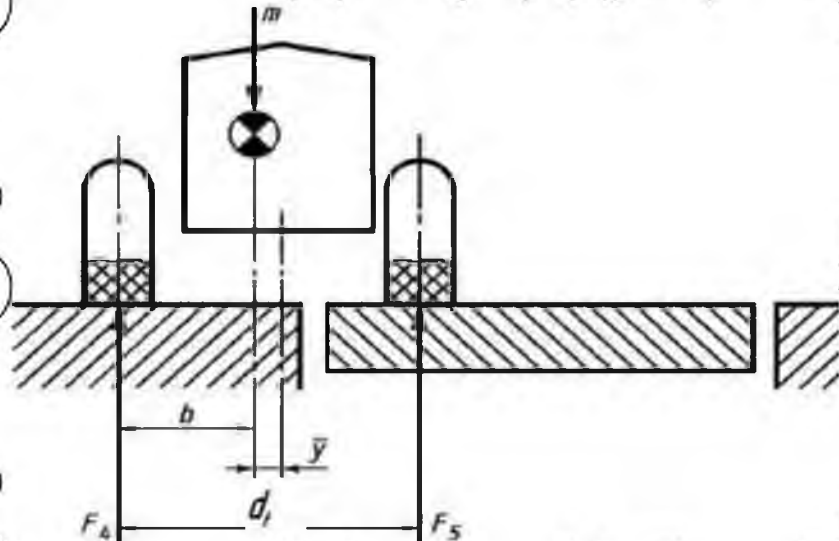


Рисунок 2.4 – Схема для визначення поперечної координати центра тяжіння трактора

Дана методика може бути використана під час визначення положення центра тяжіння трактора. Проте внаслідок її великої трудомісткості доцільно вертикальну координату центра тяжіння визначити аналітично.

Спочатку за формулою (2.1) необхідно визначити горизонтальну координату \bar{x} (див. рисунок 2.2) розташування центра тяжіння трактора. Для цього

за допомогою автомобільної ваги «Міра ВТП-10» слід визначити частину ваги F_2 трактора, що припадає на передню вісь трактора. Згідно з проведеннями замірами даний параметр склав $F_2 = 13710$ Н (1398 кг).

Координата x за формулою (2.1):

$$x = \frac{2450 \cdot 1398}{4000} = 856 \text{ мм.}$$

Для визначення вертикальної координати необхідно визначити реакцію, що діє на задню вісь трактора, який піднятий під кутом $20-25^\circ$. Для цього задні колеса трактора встановлювалися на спеціальну платформу, висота якої H (рисунок 2.5) разом з вагами становила 765 мм. Кут нахилу трактора α при цьому становив 25° .

Розглянемо рівновагу трактора в похилому положенні. Рівняння рівноваги буде виглядати наступним чином:

$$G_T(d_1 - c) - R_3 d_1 = 0, \quad (2.6)$$

де G_T – вага трактора, Н;

$$G_T = m \cdot g, \quad (2.7)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$$G_T = 4000 \cdot 9,81 = 39240 \text{ Н};$$

R_3 – реакція на задні колеса трактора з боку платформи, Н; d_1 – відстань в горизонтальній площині між осями трактора, який стоїть на платформі, мм.

Відстань d_1 визначиться з виразу:

$$d_1 = L \cdot \cos \alpha, \quad (2.8)$$

де L – колісна база трактора, мм; $L = 2450 \text{ мм}$ (див. рисунок 2.1).

З виразу (2.6) з врахуванням (2.8) отримаємо:

$$c = \frac{(G_T - R_3)L \cos \alpha}{G_T} \quad (2.9)$$

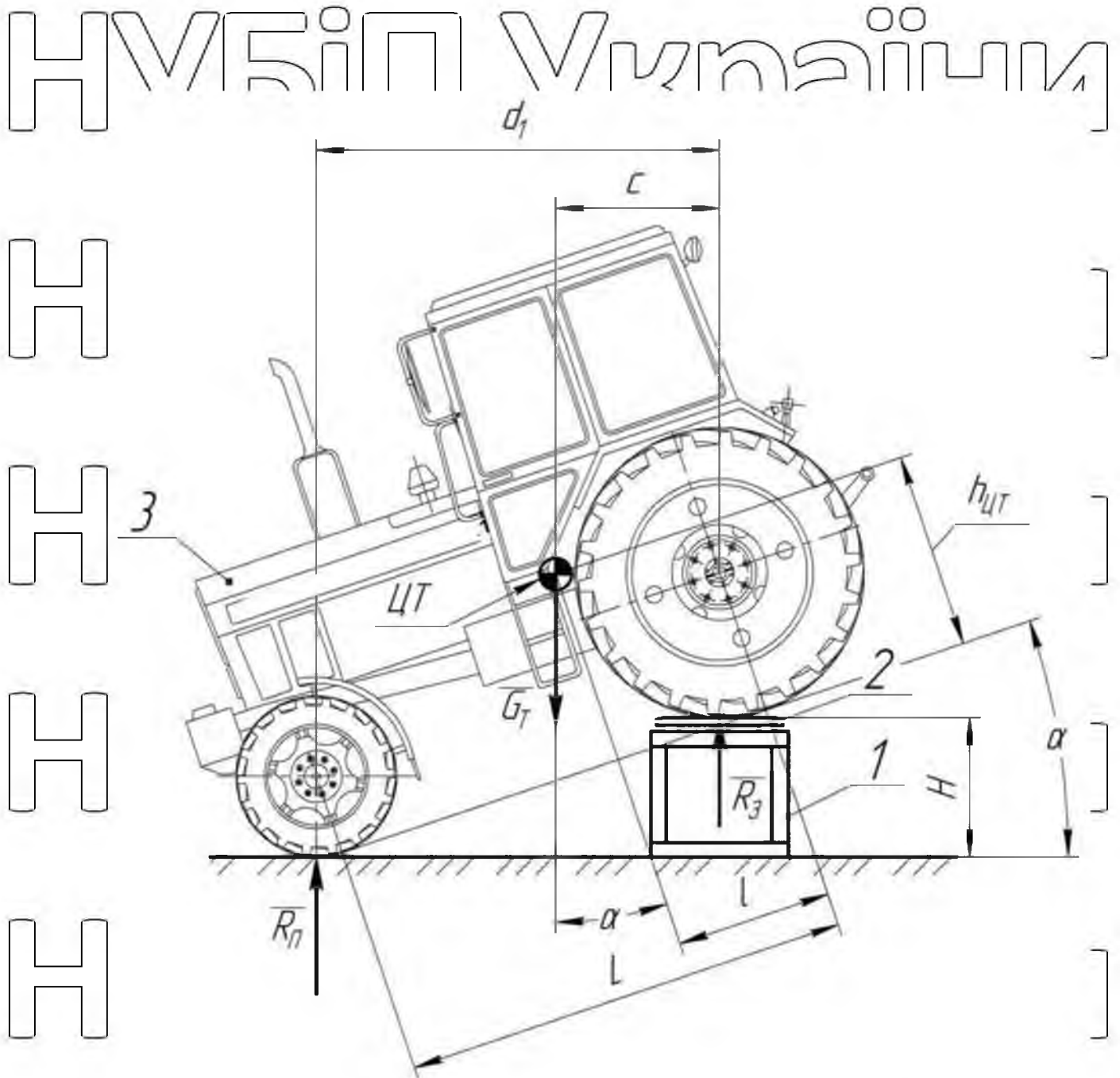


Рисунок 2.5 – Схема визначення розташування центра тяжіння трактора

ЮМЗ-8244; 1 – платформа; 2 – автомобільна переносна вага; 3 – трактор ЮМЗ-8244; ЦТ – центр тяжіння трактора

З врахуванням (2.9) вираз (2.5) приймає наступний вигляд:

$$h_{ум} = \left(\frac{(G_t - R_3)L}{G_t} - \bar{x} \right) \operatorname{ctg} \alpha \quad (2.10)$$

Реакцію на задні колеса R_3 визначали за допомогою автомобільної ваги 2 (див. рисунок 2.5), що встановлювалася на платформі 1. При цьому значення

реакції визначали з триразовою повторюваністю, після чого було взято середньоарифметичне значення реакції $R_3 = 17886 \text{ Н}$ (1823 кг).

Горизонтальну поперечну координату центра тяжіння y визначали за формулою (2.4). Для цього за допомогою автомобільної ваги визначали реакцію, що діє на праве колесо трактора, середнє значення якої склало 19797 Н (2018 кг). Після цього за формулою (2.3) визначали відстань b (див. рисунок 2.4):

$$b = \frac{1450 \cdot 2018}{4000} = 732 \text{ мм.}$$

Зміщення центра тяжіння відносно поздовжньої площини трактора \bar{y} визначали за формулою (2.4):

$$y = \frac{1450}{2} - 732 = 7 \text{ мм.}$$

Таким чином, центр тяжіння трактора ЮМЗ-8244 має такі координати:

- горизонтальна поздовжня координата (щодо задньої осі трактора) $\bar{x} = 856 \text{ мм}$;
- горизонтальна поперечна координата центра тяжіння (відносно поздовжньої площини симетрії трактора згідно рисунка 2.4) $y = 7 \text{ мм}$;
- вертикальна координата центра тяжіння $h_{\text{цт}} = 1024 \text{ мм}$.

2.3. Визначення розташування центра тяжіння газобалонного обладнання

Для переобладнання трактора ЮМЗ-8244 для роботи за газодизельним циклом були використані металокомпозитні балони БА 67.20.401/840 об'ємом 67 л. Довжина балона – 840 мм, діаметр балона – 401 мм. Маса порожнього балона становить 49,5 кг, маса балона, заправленого газом – 66,3 кг.

Для кріплення балонів на тракторі використовувалася спеціальна знімна касета, що представляє собою збірну металеву конструкцію з труб квадратно-

го перетину з дожементами для кріплення балонів. Маса касети для встановлення балонів – 30,1 кг. У кожній касеті розміщували по два балони. Маса касети в зборі з балонами, повністю заправленими газом, дорівнює 162,6 кг.

Для закріплення знімної касети в передній частині трактора використовувалася спеціальна рама, виготовлена з кутників 45 x 45 x 5, оснащена спеціальним пристроєм для швидкого закріплення на ній касети. Маса рами становила 16,8 кг.

Для визначення положення центра тяжіння газобалонного обладнання, що включає касету і балони, використовувалася методика, викладена в [9].

Відповідно до даної методики координата центра тяжіння складальної одиниці, що містить декілька складових елементів, визначається з умови рівності моментів їх сил тяжіння відносно центра тяжіння всього агрегату. Схема розрахунку координат центрів тяжіння складальної одиниці, що містить окремі складові елементи, представлена на рисунку 2.6.

При цьому вираз для визначення відповідної координати центра тяжіння касети x_T , мм, в цілому запишеться наступним чином:

$$x_T = \frac{\sum (G_i x_i)}{\sum G_i}, \quad (2.11)$$

де G_i – вага i -го елемента, що входить до складу агрегату, Н; x_i – координата центра тяжіння i -го елемента по осі X , мм.

Значення другої координати y_T центра тяжіння складальної одиниці визначається аналогічно з врахуванням того, що необхідно розглянути рівновагу складальної одиниці, поверненої на 90° в будь-яку сторону. Розрахунок ведеться за формулою:

$$y_T = \frac{\sum (G_i y_i)}{\sum G_i}, \quad (2.12)$$

де y_i – координата центра тяжіння i -го елемента по осі Y , мм.

Аналогічно визначалося значення координати центра тяжіння складальної одиниці по третій осі Z (координата z_T) за формулою.

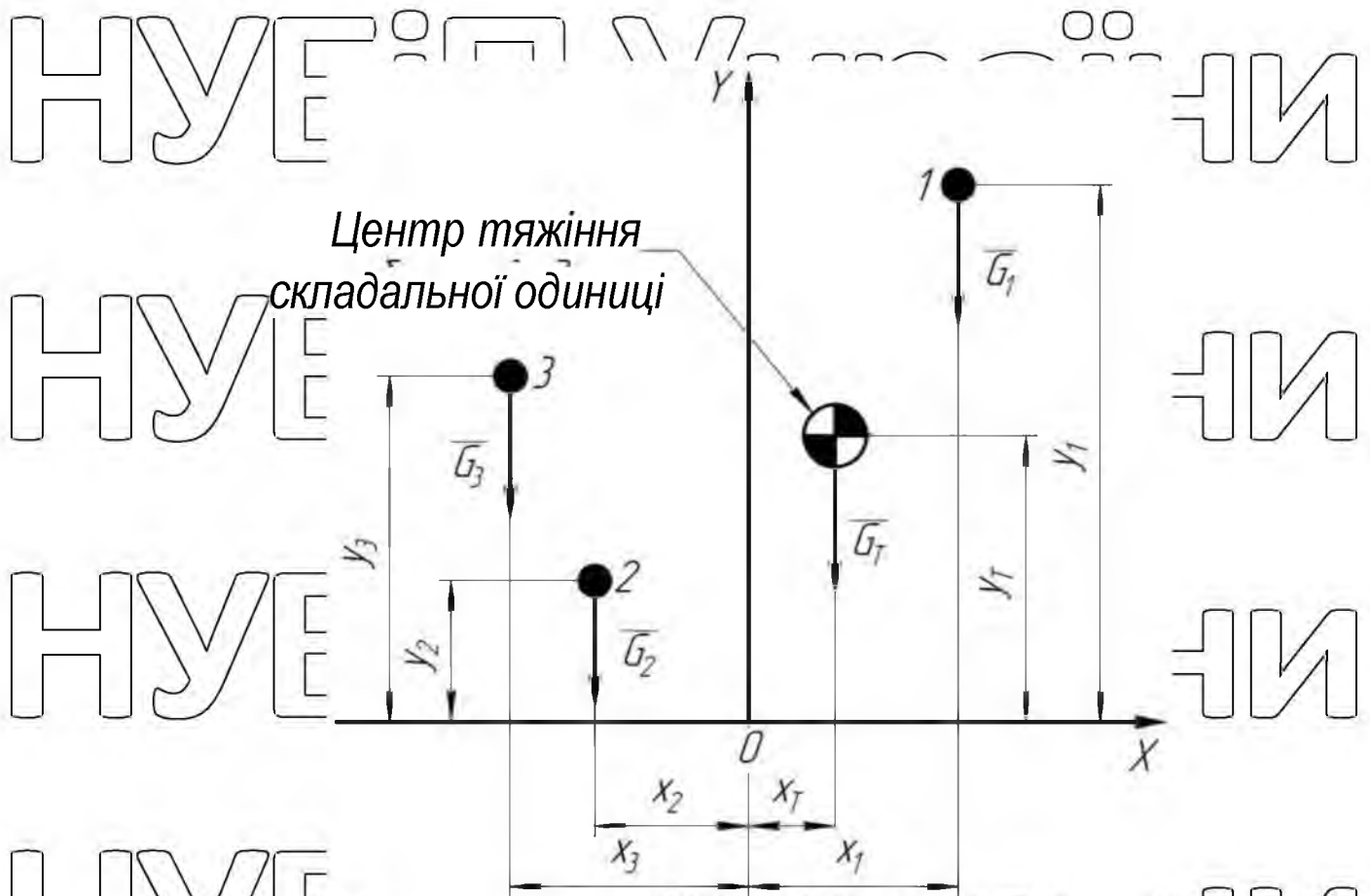


Рисунок 2.6 – Схема розрахунку координат центра тяжіння складальної одиниці

$$z_T = \frac{\sum (G_i z_i)}{\sum G_i} \quad (2.13)$$

У процесі визначення розташування центра тяжіння касети і рама розбивалися на більш прості елементи. В даному випадку масою газопроводів і газової паливної апаратури можна знехтувати через їх малу масу порівняно з іншими елементами. Результати визначення координат центра тяжіння змінної касети і рами представлені на рисунках 2.7 і 2.8 відповідно.

Таким чином, були визначені координати центрів тяжіння трактора і газобалонного обладнання, необхідні для проведення подальшого розрахунку граничних статичних кутів стійкості трактора.

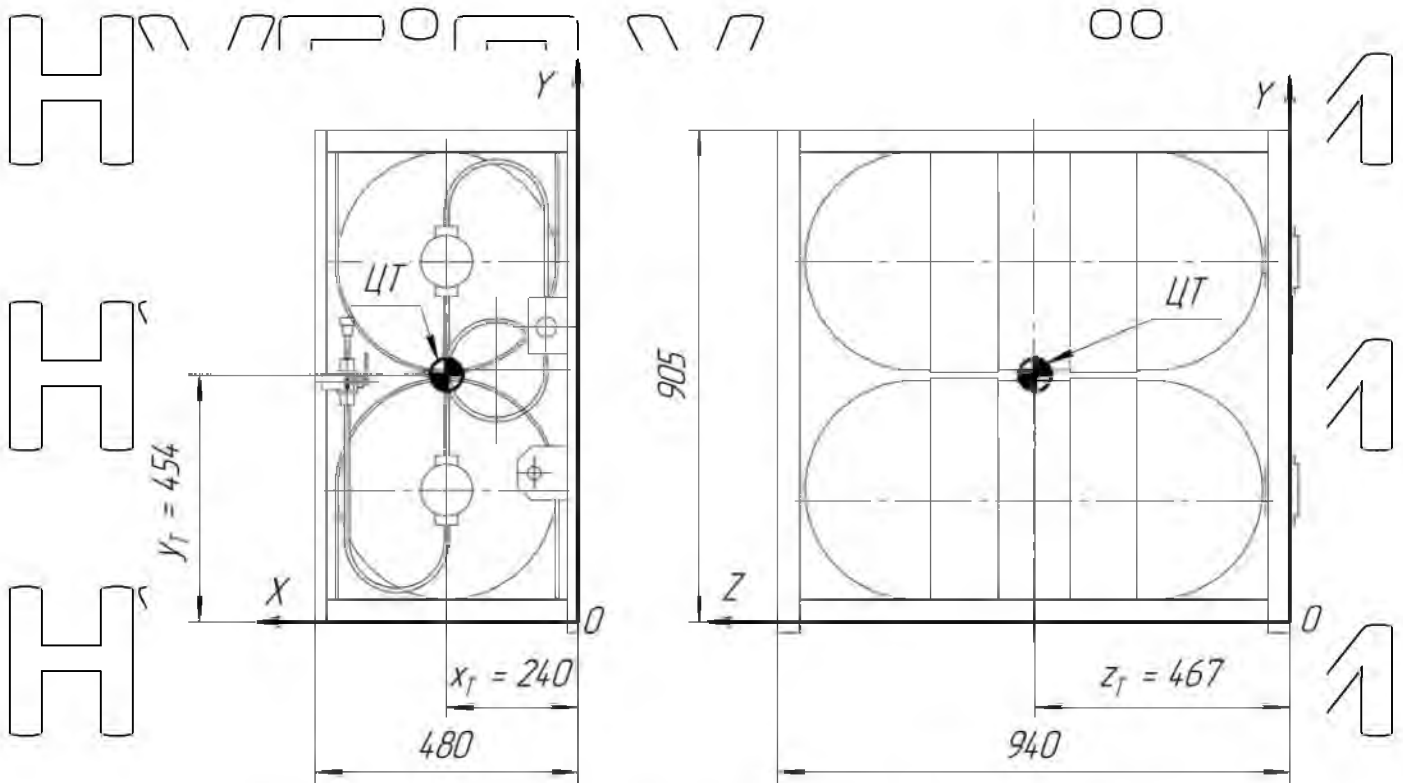


Рисунок 2.7 – Координати центра тяжіння змінної касети

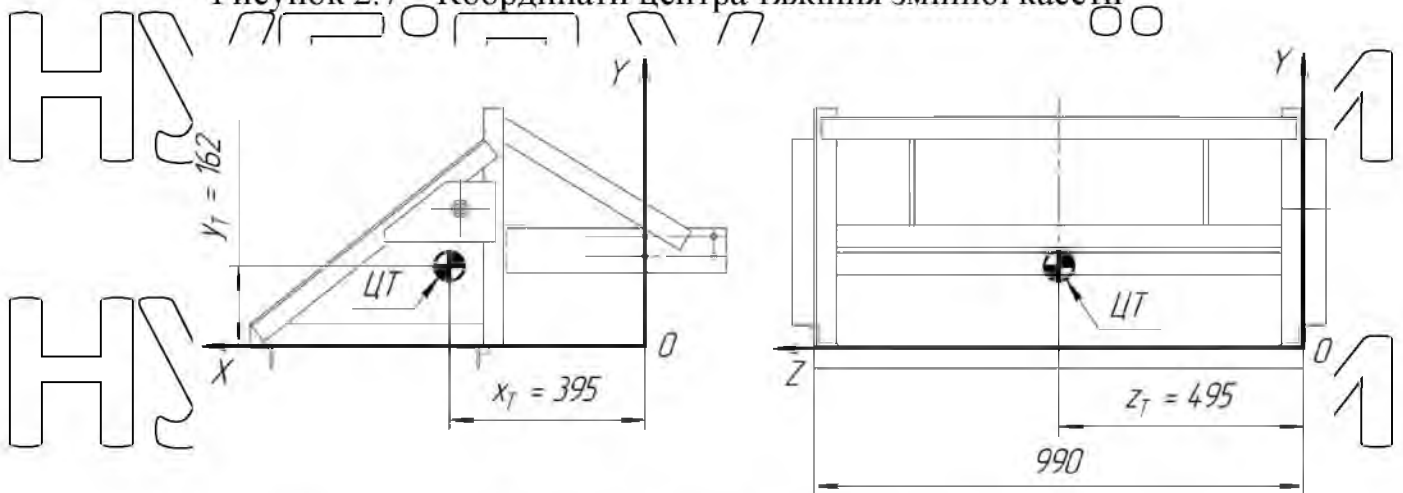


Рисунок 2.8 – Координати центра тяжіння рами

2.4 Оцінка граничних статичних кутів стійкості трактора ІСМЗ-8244

Як було зазначено вище, в процесі роботи трактор не повинен перекидатися. Встановлення додаткових газових балонів може значно вплинути на стійкість трактора в цілому внаслідок підвищення розташування центра тяжіння. Тому, встановивши на тракторі газобалонне обладнання, що має значну масу і габаритні розміри, постає питання його оптимального розташування

на тракторі. У деяких випадках встановлене газобалонне обладнання може призвести до порушення стійкості трактора і його перекидання.

Перекидання – це обертальний рух трактора відносно деякої осі, яка називається віссю перекидання. При цьому перекидаючий момент перевищує момент сил, які прагнуть повернути трактор у початкове положення [9]:

$$M_{пер} \geq M_{стаб} \quad (2.14)$$

де $M_{пер}$ – перекидаючий момент, Нм; $M_{стаб}$ – момент від сил, що прагнуть повернути трактор у початкове положення, Нм.

Розрізняють поздовжню і поперечну стійкість трактора. Поздовжня стійкість проти перекидання вперед або назад – це властивість трактора чинити опір перекиданню навколо поперечної осі перекидання [9]. При цьому, перш ніж відбудеться перекидання трактора, відбувається перерозподіл опорних реакцій між осями трактора до того моменту, коли одна з них стане рівною нулю. При цьому сумарний вектор сил тяжіння компонентів трактора проходить через вісь можливого перекидання.

Найбільший кут підйому, при якому загальмований трактор може стояти, не перекидаючись, називається граничним статичним кутом підйому $\alpha_{лімітід}$. Аналогічно найбільший кут ухилу, за якого загальмований трактор може стояти, не перекидаючись, називається граничним статичним кутом ухилу $\alpha_{лімітух}$, і найбільший кут поперечного ухилу, за якого загальмований трактор може стояти, не перекидаючись, називається поперечного ухилу $\beta_{лімітух}$.

Газові балони, призначені для зберігання необхідного запасу газу під час переобладнання тракторів для роботи за газодизельним циклом, на тракторах тягових класів 0,9-2,0 переважно встановлюються на даху кабіни трактора.

Така компоновка призводить до значного підвищення центра тяжіння трактора (внаслідок високого розташування балонів), що, в свою чергу, призводить до передчасного перекидання трактора.

Нами пропонується оснастити трактор змінною касетою з двома газовими балонами, яка встановлюється у передній частині трактора перед радіато-

ром за допомогою спеціальної рами, закріпленої на рамі трактора за допомогою 8 різьбових отворів. Така компоновка в меншій мірі збільшує центр тяжіння трактора в цілому. Балони при цьому практично не порушують оглядовість з місця водія і сприяють додатковому навантаженню передньої ведучої осі трактора, що в свою чергу сприяє зменшенню буксування передніх ведучих коліс. Тому доцільно провести порівняльну оцінку різного розташування балонів на тракторі.

Для цього спочатку розглянемо рівновагу трактора ЮМЗ-8244, оснащеного газобалонним обладнанням, і встановленого на підйомі (рисунк 2.9).

У загальному випадку на трактор діють сили тяжіння \bar{G}_T (сила тяжіння безпосередньо трактора), \bar{G}_K (сила тяжіння знімної касети) і, в разі встановлення знімної касети у передній частині трактора, \bar{G}_P (сила тяжіння рами, на якій встановлюється знімна касета).

Розглянемо рівновагу трактора, який стоїть на підйомі, відносно передбачуваної осі перекидання O' .

У випадку розташування балонів у передній частині трактора:

$$\sum M_{O'}(F_i) = 0; G_T h_{G_T} + G_K h'_{G_K} + G_P h_{G_P} - R_{\Pi} L = 0, \quad (2.15)$$

де h_{G_T} – плече прикладання сили тяжіння трактора \bar{G}_T , мм,

$$h_{G_T} = \bar{x} \cos \alpha_{\text{під}} - h_{\text{ЦТ}} \sin \alpha_{\text{під}}, \quad (2.16)$$

$\bar{x} = 1620$ мм; $h_{\text{ЦТ}} = 1239$ мм (розділ 2.1.1);

h'_{G_K} – плече прикладання сили тяжіння касети \bar{G}_K у випадку її встановлення у передній частині трактора, мм,

$$h'_{G_K} = l'_{\text{ЦТ}_K} \cos \alpha_{\text{під}} - h'_{\text{ЦТ}_K} \sin \alpha_{\text{під}}, \quad (2.17)$$

де $l'_{\text{ЦТ}_K}$ – горизонтальна координата центра тяжіння касети, встановленої в передній частині трактора, мм; згідно з замірами, проведеними безпосередньо на тракторі, і даними, представленими на рисунках 2.8 і 2.9, $l'_{\text{ЦТ}_K} = 3015$ мм,

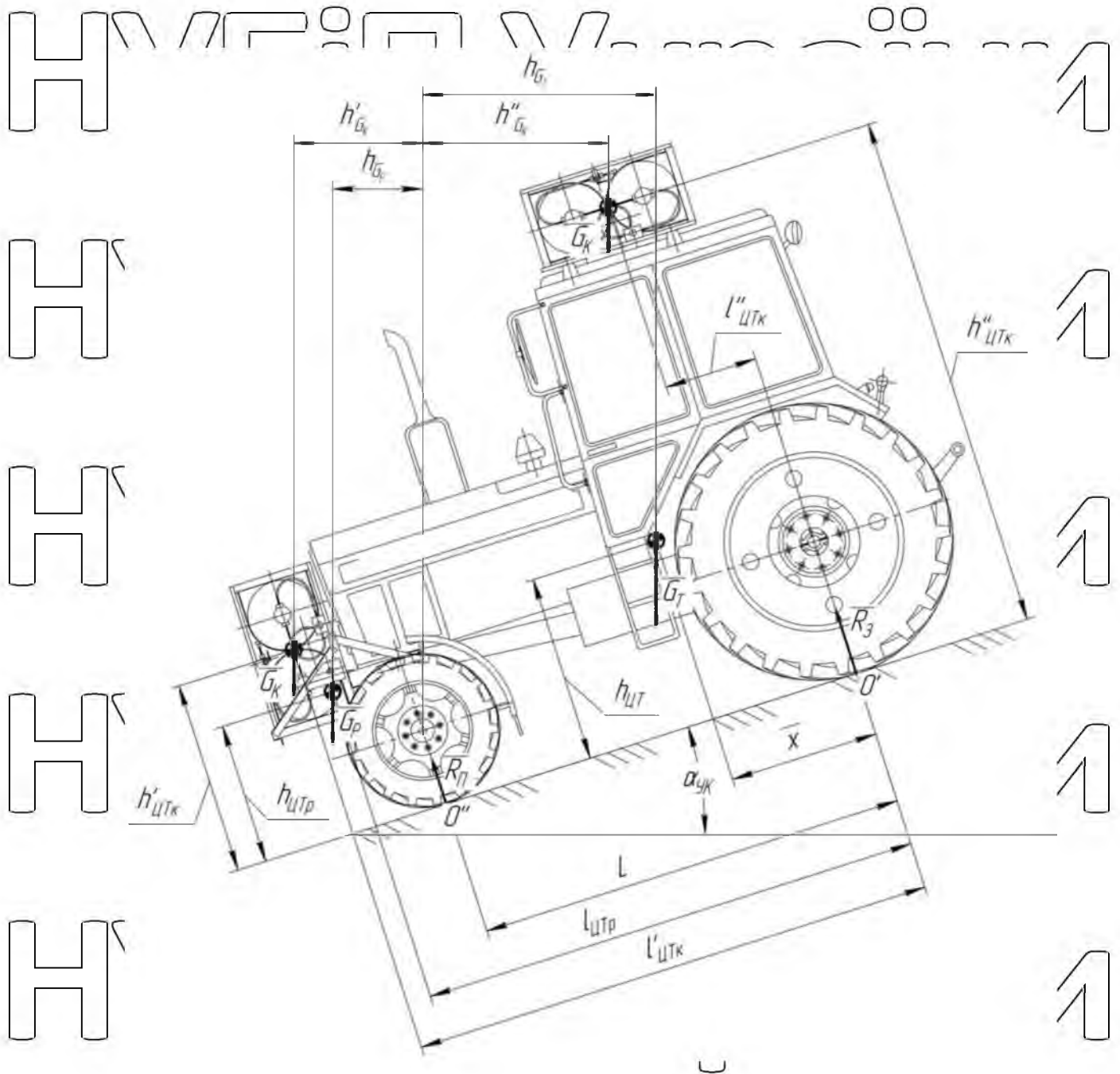


Рисунок 2.10 – Схема для визначення граничного статичного кута ухилу трактора ЮМЗ-8244 з різною компоновкою газобалонного обладнання

Рівняння рівноваги стосовно передбачуваної осі перекидання O'' у випадку розташування балонів у передній частині трактора матиме наступний вид:

$$\sum M_{O''}(F_i) = 0; -G_T h_{GT} + G_K h_{GK} + G_P h_{GP} + R_3 L = 0 \quad (2.23)$$

Вираз для визначення плеча прикладання сили тяжіння трактора h_{G_T} матиме вигляд

$$h_{G_T} = (L - l) \cos \alpha_{VX} + h_{ЦТ} \sin \alpha_{VX}. \quad (2.24)$$

Плече прикладання сили тяжіння касети h'_{i_k} визначиться з виразу:

$$h'_{i_k} = (l'_{ЦТ_K} - L) \cos \alpha_{VX} + h'_{ЦТ_K} \sin \alpha_{VX}. \quad (2.25)$$

Плече прикладання сили тяжіння рами визначиться наступним чином:

$$h_{G_P} = (l_{ЦТ_P} - L) \cos \alpha_{VX} + h_{ЦТ_P} \sin \alpha_{VX}. \quad (2.26)$$

Рівняння рівноваги трактора, що стоїть на ухилі, у якого газові балони розташовані на даху, має такий вигляд:

$$\sum M_{O''}(F_i) = 0, \quad -G_T h_{G_T} - G_K h''_{G_K} + R_z l = 0. \quad (2.27)$$

У разі розташування газових балонів на даху трактора плече h''_{i_k} прикладання їх сили тяжіння визначиться з виразу.

$$h''_{i_k} = (L - l''_{ЦТ_K}) \cos \alpha_{VX} - h''_{ЦТ_K} \sin \alpha_{VX}. \quad (2.28)$$

У момент перекидання трактора на ухилі реакція з боку опорної поверхні на задню вісь R_z дорівнює нулю. При цьому кут нахилу α_{VX} дорівнює граничному статичному кутку ухилу α_{limux} . Аналізуючи рівняння рівноваги (2.23) і (2.27) з

урахуванням (2.24-2.26), (2.28) отримуємо вирази для визначення граничних статичних кутів ухилу трактора, оснащеного газобалонним обладнанням:

Складемо рівняння моментів всіх сил, що діють на трактор, відносно осі перекидання A . Рівняння рівноваги трактора на поперечному ухилі у випадку розташування касети у передній його частині має наступний вигляд:

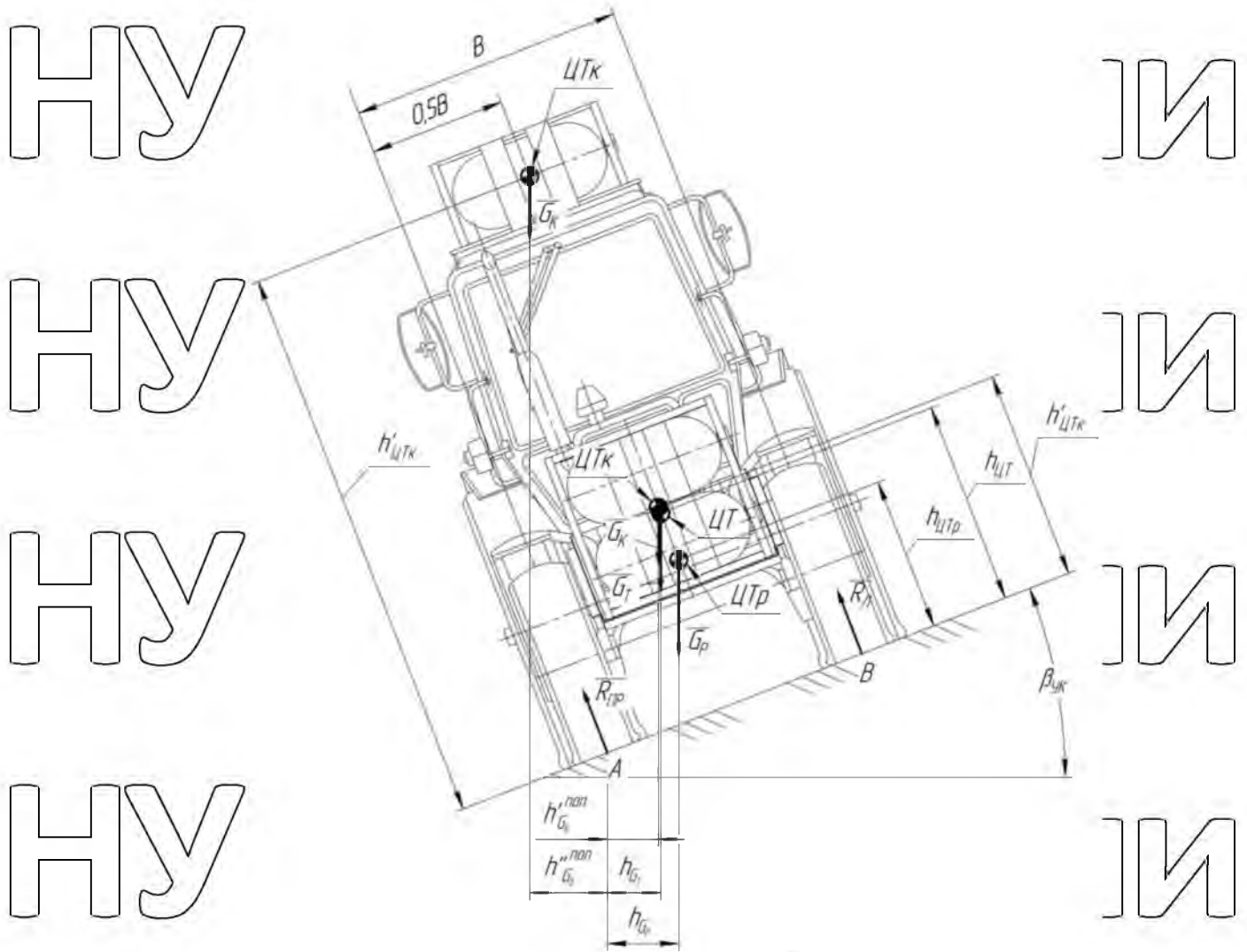


Рисунок 2.11 – Схема визначення граничного поперечного статичного кута ухилу трактора з різним компоюванням газобалонного обладнання

Отримані таким чином вирази (2.21), (2.22), (2.29), (2.30), (2.37) і (2.38) дозволяють визначити граничні статичні кути стійкості трактора для різного розташування газобалонного обладнання. Також за допомогою цих виразів можна визначити граничні статичні кути стійкості трактора без газобалонного обладнання, якщо прийняти масу змінною касети G_K і рами для їх встанов-

лення C_p рівними нулю. Результати розрахунку граничних статичних кутів стійкості трактора ЮМЗ-8244 представлені на рисунку 2.12.

З діаграми, представленої на рисунку 2.12, видно, що на поздовжньому підйомі встановлення знімної касети в передній частині трактора збільшує граничний статичний кут підйому $\alpha_{\text{лімПД}}$ з $39,9^\circ$ (базовий трактор) до $42,7^\circ$. У випадку встановлення ж газобалонів на даху трактора граничний статичний кут підйому зменшується до $37,4^\circ$ порівняно з базовим трактором.

Встановлення газобалонного обладнання на поздовжньому ухилі в будь-якому випадку призводить до зменшення, порівняно з базовим трактором ($\alpha_{\text{лімУХ}} = 57,3^\circ$), граничних статичних кутів поздовжнього ухилу: до $55,6^\circ$ у випадку встановлення знімної касети на даху трактора і до $53,8^\circ$ під час встановлення знімною касети на даху трактора.

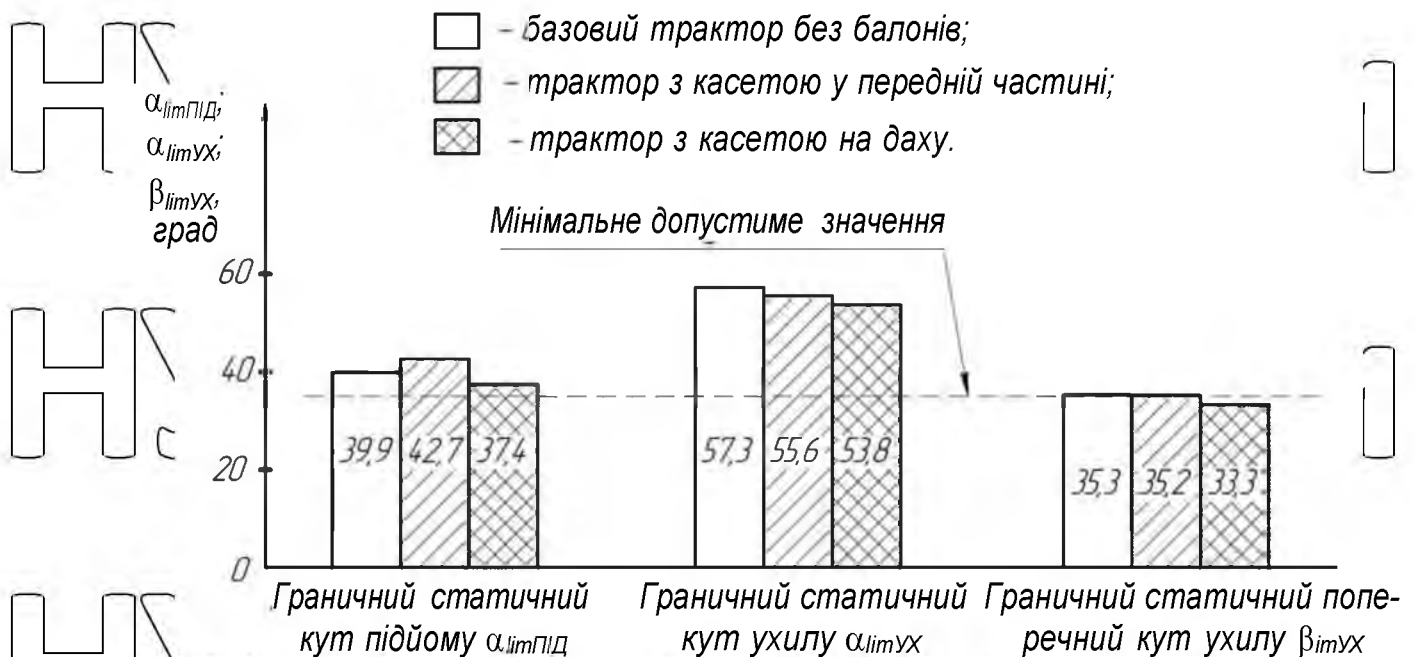


Рисунок 2.12 – Граничні статичні кути стійкості трактора ЮМЗ-8244 з різним компонуванням газобалонного обладнання

На поперечному ухилі у випадку встановлення знімної касети у передній частині трактора поздовжній статичний кут поперечного ухилу $\beta_{\text{лімУХ}}$ практично не змінюється порівняно з базовим трактором (кути рівні відповідно $35,3^\circ$ і $35,2^\circ$).

Під час встановлення знімної касети на даху трактора граничний статичний кут поперечного ухилу знижується до $33,3^\circ$, що не відповідає вимогам ГОСТ 12.2.019-2005, згідно якого даний показник не повинен бути меншим 35° .

2.5. Оцінка впливу газобалонного обладнання на тягово-зчіпні характеристики трактора

В процесі експлуатації трактора потужність двигуна витрачається на подолання втрат у вузлах трансмісії трактора, на подолання внутрішнього опору в колісному русії, на деформування ґрунту і т. д. При цьому значна частина потужності витрачається на буксування ведучих коліс трактора [3, 9, 27].

Дійсна швидкість руху трактора внаслідок буксування дещо менша теоретичної. У загальному випадку буксування δ визначається з виразу:

$$\delta = \frac{v_T - v_D}{v_T} \quad (2.39)$$

де v_T – теоретична швидкість руху трактора, м/с; v_D – дійсна швидкість руху трактора, м/с.

Буксування, як правило, призводить до зростання витрати палива. Встановлення газобалонного обладнання, що має значну масу, може позитивно впливати на тягово-зчіпні характеристики трактора внаслідок того, що цим забезпечується додаткове навантаження ведучих коліс трактора. Тому в даній роботі доцільно оцінити ступінь впливу газобалонного обладнання і місця його розташування на тягово-зчіпні показники трактора.

Під час виконання різного роду робіт колісні трактори працюють в режимі, за якого коефіцієнт буксування δ складає 10...30%. При цьому також висока ймовірність роботи трактора з $\delta > 30\%$ [5]. Буксування трактора в цьому випадку може бути визначене за емпіричною формулою [5]:

$$\delta \cong aP_j + bP_j^c, \quad (2.40)$$

де a, b, c – безрозмірні коефіцієнти, що залежать від типу трактора; для колісних тракторів $a = 0,13$; $b = 0,013$; $c = 8$ [5]; P_j – відносна сила тяги трактора.

Відносна сила тяги P_j може бути визначена з виразу [5]:

$$P_j = \frac{P_{ГКj}}{P_{КФj}}, \quad (2.41)$$

де $P_{ГКj}$ – частка сили тяги на гаку, яка припадає на відповідну вісь трактора, Н; $P_{КФj}$ – найбільша допустима за зчепленням з ґрунтом сила тяги, яка припадає на відповідну вісь трактора, Н.

Виходячи з того, що сила тяги, яка реалізується кожним рушієм трактора, знаходиться у прямій залежності від реакції з боку ґрунту на нього [3, 5], можна зробити висновок, що сила на гаку, створювана трактором в цілому і реалізована під час виконання конкретної с.-г операції складається з сил, що створюються кожним ведучим мостом окремо. При цьому сила тяги, створювана кожним ведучим мостом, знаходиться в прямій залежності від навантаження, що припадає на передню або задню вісь. Тоді частка сили тяги на гаку, що припадає на відповідну вісь трактора $P_{ГКj}$, Н, визначиться з виразу:

$$P_{ГКj} = \frac{Y_j}{G_T} P_{ГК}, \quad (2.42)$$

де Y_j – частка сили тяжіння трактора, яка припадає на відповідну вісь трактора, Н.

Сила тяжіння трактора, що припадає на відповідну вісь трактора, рівна реакції, що діє на вісь трактора з боку ґрунту. Таким чином можна записати:

$$Y_{jл} = R_{п}, \quad Y_{jз} = R_3, \quad (2.42)$$

де $Y_{п}$, Y_3 – частки сили тяжіння трактора, яка припадає відповідно на передню і задню осі трактора, Н; $R_{п}$, R_3 – реакції з боку ґрунту, що діють на передню і задню осі трактора, Н.

Реакції на кожну вісь з боку ґрунту можна визначити, розглянувши рівняння рівноваги трактора (рисунок 2.13).

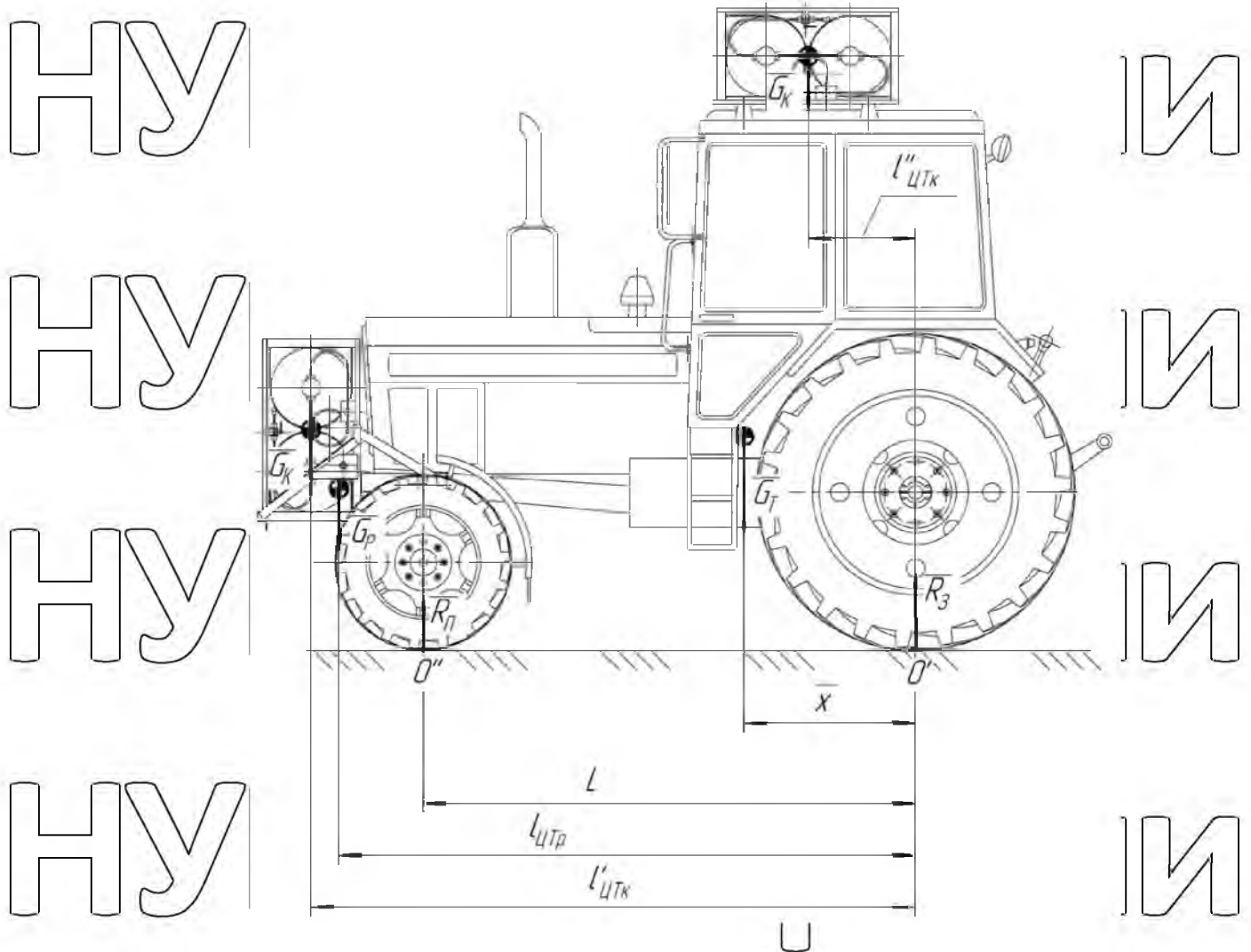


Рисунок 2.13 – Схема визначення реакцій з боку ґрунту на осі трактора

Рівняння рівноваги трактора для різного компонування газобалонного обладнання мають наступний вигляд:

- для штатного трактора (без газобалонного обладнання):

$$G_T \bar{x} - R_{\Pi} L = 0; \quad (2.43)$$

$$R_3 L - G_T (L - \bar{x}) = 0; \quad (2.44)$$

$$G_T \bar{x} + G_K l'_{\text{ЦТК}} - R_{\Pi} L = 0; \quad (2.47)$$

$$R_3 L - G_T (L - \bar{x}) - G_K (L - l'_{\text{ЦТК}}) = 0. \quad (2.48)$$

З представлених рівнянь рівноваги отримуємо вирази реакцій:

Таким чином можна визначити буксування ведучих коліс трактора для різних варіантів розташування газобалонного обладнання. Результати визначення буксування ведучих коліс представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Буксування ведучих коліс трактора ЮМЗ-8244 для різного компонування газобалонного обладнання, %

Розташування балонів	Буксування коліс для зусилля на гаку, кН						
	2	4	6	8	10	12	14
Серійний трактор	1,33	2,65	3,98	5,30	6,63	7,98	9,36
У передній частині трактора	1,27	2,54	3,80	5,07	6,35	7,63	8,94
На даху трактора	1,27	2,55	3,82	5,09	6,37	7,66	8,98

Як видно з таблиці 2.3, після встановлення газобалонного обладнання буксування трактора зменшується. За номінального тягового зусилля найменше буксування (8,94%) спостерігається у випадку встановлення знімної касети у передній частині трактора. Найбільше буксування – у серійного трактора без газобалонного обладнання (9,36%).

2.6. Висновки до розділу

1. Встановлено, що для трактора ЮМЗ-8244 газові балони найдоцільніше розташувати у передній його частині, оскільки в даному випадку всі кути статичної стійкості трактора відповідають нормативним вимогам.
2. Встановлення газобалонного обладнання на даху трактора небажане, оскільки в цьому випадку граничний статичний кут поперечного ухилу не відповідає вимогам нормативних документів.
3. Після встановлення знімної касети у передній частині трактора всі граничні статичні кути стійкості змінюються незначно, а на поздовжньому підйомі кут навіть збільшується, що дозволяє розширити можливості трактора під час роботи на пересіченій місцевості.
4. Встановлення газобалонного обладнання дозволяє зменшити буксування трактора на 0,4%. При цьому менше буксування спостерігається у випадку встановлення знімної касети у передній частині трактора.

НУБІП України

3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Загальні положення

Об'єктом дослідження був обраний трактор ЮМЗ-8244 з колісною формулою 4К4 – колісний, універсально-просапний, тягового класу Т4. Трактор ЮМЗ-8244 призначений для проведення сільськогосподарських і транспортних робіт із застосуванням різних навісних і причіпних агрегатів.

На тракторі встановлено чотиритактний дизельний двигун ММЗ Д-243-436 рідинного охолодження з безпосереднім уприскуванням палива, запуском від електростартера. Трактор обладнаний автоматичним блокуванням диференціалу заднього моста, двошвидкісним ВВП, додатковим редуктором КП, ходозменшувачем і пневматичними приводами гальм причепів.

Експериментальний трактор був оснащений газобалонним обладнанням. Дослідження проводили під час виконання основних сільськогосподарських робіт з використанням культиватора комбінованого КПК-4, а також під час виконання транспортних робіт в агрегаті з причепом 2ПТС-4,5.

3.2 Методика експлуатаційних випробувань

В процесі експлуатаційних випробувань за навантаження було використано культиватор комбінований КПК-4. Дане сільськогосподарське знаряддя дозволяє в ході обробки ґрунту забезпечити роботу двигуна трактора на номінальному режимі роботи.

Культиватор комбінований КПК-4 призначений для безвідвального обробки і передпосівного обробки ґрунту без обороту пласта на глибину від 4 до 16 см з твердістю ґрунту до 4,5 МПа. За один прохід КПК-4 виконує розпушування ґрунту, забезпечує подрізання коренів бур'янів, мульчування верхнього шару ґрунту стерньовими і рослинними рештками, додаткове подрібнення грудок зубевими дисками, вирівнювання поверхні ґрунту. Агрегат не

тільки здатний готувати ґрунт під посів зернових, але із застосуванням змінних робочих органів проводити основний обробіток ґрунту в осінній період на глибину 30 см і більше. Витрата дизельного палива - 8-10 л/га. На рисунку 3.1 представлений загальний вид культиватора КПК-4.



Рисунок 3.1 Культиватор комбінований КПК-4

У таблиці 3.1 представлені основні технічні характеристики культиватора комбінованого КПК-4.

Таблиця 3.1 Основні технічні характеристики культиватора комбінованого КПК-4

Параметр	Значення
Продуктивність, га/год	3,8-4,8
Ширина захвата, м	4,0
Спосіб агрегування	присіпний
Кількість плоскорізучих лан, шт.	9
Швидкість, км/год (не більше)	
- робоча	12
- транспортна	18
Маса зі змінними частинами, кг	2419
Габаритні розміри, мм (не більше)	5220x4300x1200

У процесі проведення експериментальних досліджень вимірювали і реєстрували такі параметри:

- 1) тиск газу в одному балоні, МПа;
- 2) довжину загону l , м;
- 3) глибину обробітку, см;
- 4) витрату дизельного палива, кг/год;
- 5) час проходження загону t , с;
- 6) витрату газоподібного палива, м³/год.

Випробування проводили на полі, що представляє собою ґрунт для обробітку зернових культур і належить УкрНДВГІТ ім. Л.Погорілого.

Відповідно до [7] дані випробування повинні відповідати наступним вимогам:

- 1) паливо, мастильні матеріали та спеціальні рідини, які використовуються під час випробувань, повинні відповідати інструкції з експлуатації трактора і мати паспорт та сертифікати;
- 2) засоби вимірювання, які застосовуються під час випробувань, повинні відповідати ДСТУ 8.513-2000;
- 3) наданий на випробування трактор повинен бути укомплектований запасними частинами, інструментом і приладдям відповідно до технічних умов для нього;
- 4) випробування проводять при нормальних значеннях факторів зовнішнього середовища за ДСТУ 15150-2001.

3.3 Методика експериментальних досліджень стійкості трактора

Газобалонне обладнання, яке встановлюється на трактор для забезпечення його роботи за газодизельним циклом, має значну масу і габаритні розміри. Будучи встановленим на трактор, таке обладнання може призвести до порушення вимог безпеки, а саме до порушення стійкості трактора. При цьому

регульовані граничні кути перекидання можуть не відповідати встановленим значенням.

Для оцінки граничних статичних кутів стійкості в ході досліджень проводили випробування трактора, оснащеного газобалонним обладнанням для роботи за газодизельним циклом, в ході яких визначали граничні кути поздовжньої і поперечної стійкості. В основу цих досліджень було покладено методику, описану в [6].

Для оцінки кутів поздовжньої і поперечної стійкості використовувалася металева платформа 6х3 м, оснащена рим-болтами по кутах. Рим-болти призначені для забезпечення можливості нахилу платформи в поздовжньому або поперечному напрямках за допомогою кранового підвісу вантажопідйомністю не менше 6 т; висота підйому – не менше 7 м.

Відповідно до вимог [6] перед проведенням випробувань поверхня платформи була висušена і очищена від бруду. Швидкість вітру під час проведення випробувань не перевищувала 5 м/с.

Трактор, що випробовувався, був повністю заправлений паливно-мастильними матеріалами, охолоджуючою рідиною. Заливні горловини баків і акумуляторів герметизувалися для запобігання витoku рідини при нахилі.

У ході експерименту на сидіння трактора містився вантаж масою 75 ± 5 кг для імітації тракториста, що сидить на ньому.

Під час випробувань на тракторі були увімкнуті стоянкове гальмо і нижча передача. Важіль виключення переднього моста перебував у положенні «Передній ведучий міст увімкнений».

Тиск у передніх шинах коліс становив $2,8 \pm 0,1$ кПа, задніх $1,6 \pm 0,1$ кПа. Самі колеса при цьому були очищені від бруду.

Для запобігання ковзання (поперечного зсуву) коліс при поперечному нахилі трактора на платформі були закріплені 4 бічні опори висотою $h_0 = 150$ мм кожна, що встановлювалися по зовнішнім торцях шин коліс в точках контакту їх із платформою.

Для запобігання ковзання трактора в поздовжньому напрямку навпроти кожного з коліс встановлювали упори висотою $h_{\text{упу}} = 400$ мм, жорстко закріплені на платформі болтами з гайками.

Для виключення перекидання трактора в положеннях платформи, коли кут поздовжньої або поперечної стійкості перевищить відповідне граничне значення, використовувалися гнучкі страхувальні елементи (ланцюги), одним кінцем вони закріплювалися на платформі, а іншим – на тракторі. Всього застосовано вісім страхувальних елементів – по два з кожного боку трактора, а також по два спереду і ззаду трактора.

З метою запобігання перевороту платформи разом з трактором внаслідок дії інерційних мас трактора, що виникають під час перекидання, передбачені страхувальні стропи, що закріплюються з одного боку за кронштейн платформи, а з іншого боку – за опору, жорстко закріплену на майданчику.

Значення кута нахилу платформи визначалося за допомогою виска і дерев'яного щита 400×400 мм, на якому робилися відмітки горизонтального положення, а також відповідного граничного кута нахилу платформи.

Перед початком випробувань трактор, підготовлений відповідно до зазначених вище вимог, встановлювали на платформі таким чином, щоб поздовжня вісь і напрямок руху коліс були паралельні осі поперечного нахилу платформи з відхиленням не більше $1,5^\circ$. Після цього під колеса встановлювали упори і жорстко фіксували їх на платформі. По торцях коліс встановлювали бічні опори і також жорстко закріплювали їх на платформі.

Момент перекидання трактора визначали за відривом відповідних коліс трактора від платформи: під час визначення граничного кута підйому відбувається відрив передніх коліс, граничного кута ухилу – відрив задніх коліс, граничного поперечного кута нахилу – відрив коліс, протилежних сторони, в яку відбувається нахил трактора.

Для визначення граничного статичного кута підйому трактора на щиті 7 (рисунк 3.2) за допомогою виска відзначали горизонтальне положення плат-

форми. Після цього крановим підвісом 5 з боку передньої частини трактора платформу 1 плавно піднімали, поступово послаблювали страхувальні стропи платформи 6, спостерігаючи при цьому за колесами трактора. У момент відриву передніх коліс від платформи на щиті з виском знову відзначали кутове положення платформи. Значення кута нахилу платформи в момент відриву передніх коліс трактора від платформи буде граничним статичним кутом підйому трактора $\alpha_{\text{лімід}}$. Експеримент проводили 3 рази. За оціночний показник брали мінімальний із врахованих кутів нахилу платформи відносно горизонтальної площини, при якому відбувається відрив передніх коліс від платформи.

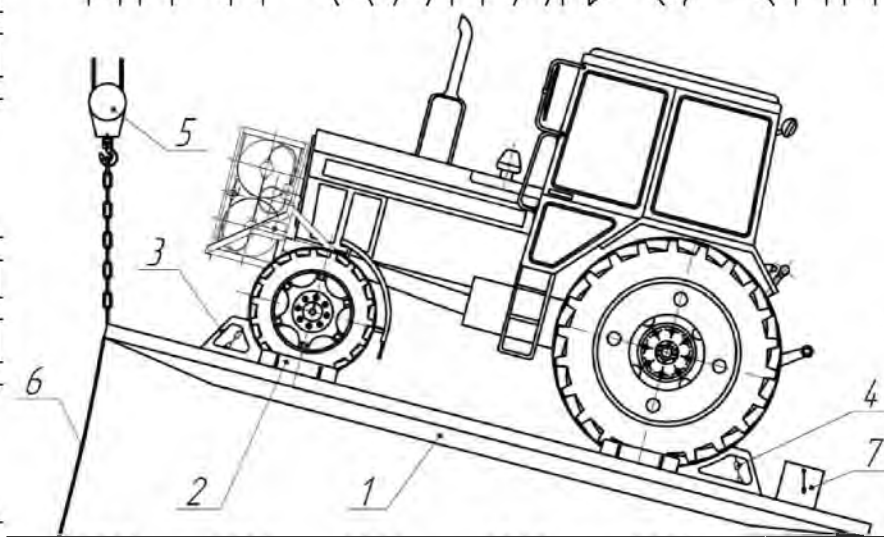


Рисунок 3.2 – Визначення граничного статичного кута підйому трактора ЮМЗ-8244 з газобалонним обладнанням: 1 – платформа; 2 – бічна опора; 3 – противідкатний упор; 4 – страхувальні ланцюги; 5 – крановий підвіс; 6 – страхувальна стропа платформи; 7 – дерев'яний щит з виском

Аналогічно визначали значення граничного статичного кута перекидання трактора на ухилі $\alpha_{\text{лімух}}$. Відмінність полягає в тому, що підйом платформи здійснювався зі сторони задньої частини трактора. При цьому підйом платформи здійснювався до того моменту, поки не відбувається відрив задніх коліс трактора від платформи (рисунок 3.3).

Для визначення граничного статичного кута поперечної стійкості $\beta_{\text{плат}}^{\text{плат}}$ платформу піднімали з правого і з лівого боків трактора. Підйом здійснювали до тих пір, поки не відбувався відрив обох коліс однієї сторони трактора (рис. 3.4).

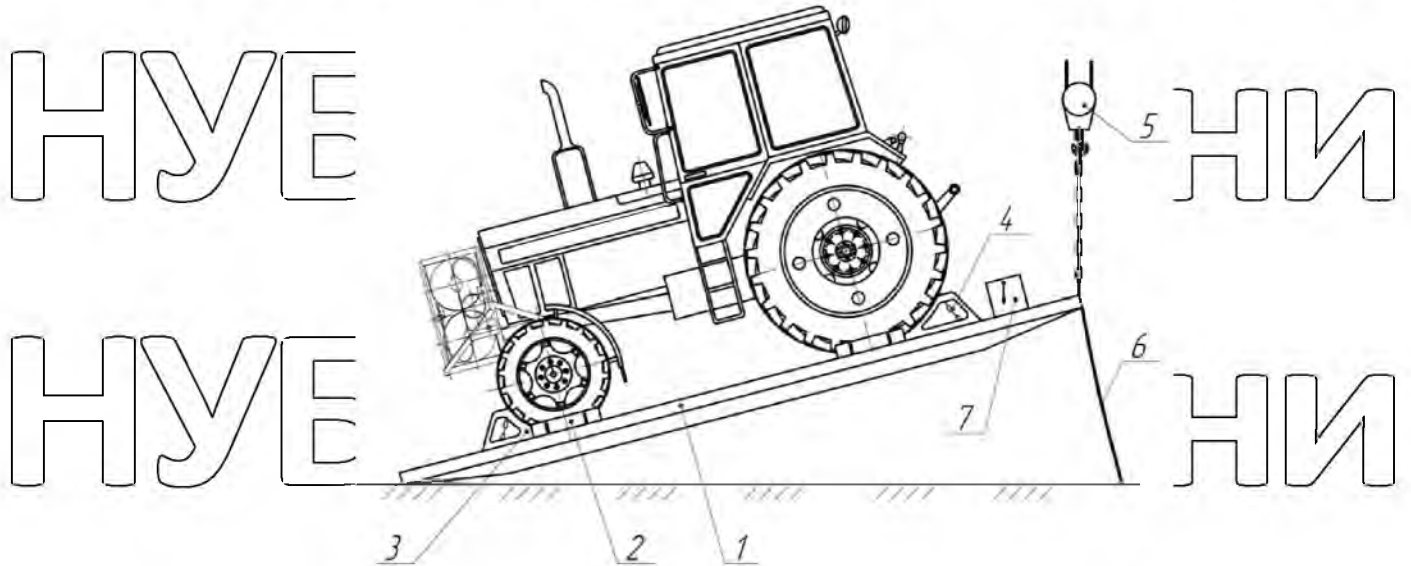


Рисунок 3.3 – Визначення граничного статичного кута ухилу трактора ЮМЗ-8244 з газобалонним обладнанням: 1 – платформа; 2 – бічна опора; 3 – противідкатний упор; 4 – страхувальні ланцюги; 5 – крановий підвіс; 6 – страхувальна стропа платформи; 7 – дерев'яний щит з виском

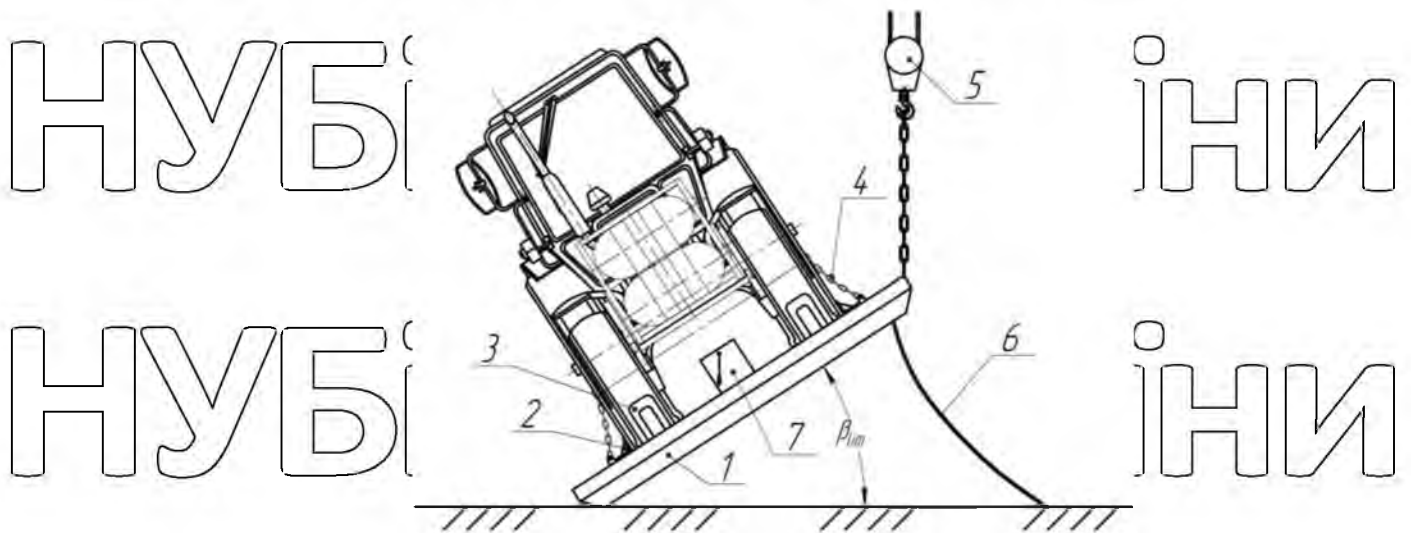


Рисунок 3.4 – Визначення граничного статичного кута поперечного ухилу трактора ЮМЗ-8244 з газобалонним обладнанням: 1 – платформа; 2 – бічна опора; 3 – противідкатний упор; 4 – страхувальні ланцюги; 5 – крановий підвіс; 6 – страхувальна стропа платформи; 7 – дерев'яний щит з виском

4 РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ ТРАКТОРА ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,4 З ГАЗОБАЛОННИМ ОБЛАДНАННЯМ

4.1 Результати експлуатаційних випробувань трактора ЮМЗ-8244, оснащеного газобалонним обладнанням

Для проведення експлуатаційних випробувань був обраний трактор ЮМЗ-8244 зі встановленою системою розподіленої подачі газоподібного палива за ежекційним принципом для роботи дизелів за газодизельним циклом, яка була виготовлена і скомплектована з серійних і дослідних виробів в УкрНДІВПІПГГ ім. Л.Погорідого. Загальний вигляд трактора ЮМЗ-8244, оснащеного системою розподіленої подачі газоподібного палива за ежекційним принципом, представлений на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд трактора ЮМЗ-8244, оснащеного газобалонним обладнанням

Експлуатаційні випробування проводили на полях, що належать УкрНДВГПТГ під час виконання сільськогосподарських операцій культивуації і транспортних роботах. Для запису параметрів роботи двигуна використовували програмний комплекс «Тракторінжект».

Перед початком проведення експерименту трактор прогрівався пробігом з метою забезпечення робочих температур технологічних рідин в системах двигуна і трансмісії. Час і шлях, на якому реєструють параметри в процесі випробувального заїзду, повинні бути достатні для забезпечення необхідної точності вимірювань. Трактор проходив вимірювану ділянку на певній переданні трансмісії під навантаженням, що дозволяє підтримувати середнє значення частоти обертання колінчастого вала двигуна і ведучих коліс на заданому рівні для кожного окремого заїзду.

Для проведення випробувань з визначення залежностей витрати палива від навантаження використовували сільськогосподарське знаряддя КПК-4, яке представляє собою культиватор. На рисунку 4.2 представлений процес обробки ґрунту машинно-тракторним агрегатом в складі трактора ЮМЗ-8244 і культиватора комбінованого КПК-4.



Рисунок 4.2 – Обробіток ґрунту машинно-тракторним агрегатом ЮМЗ-8244+КПК-4

Для проведення випробувань з визначення залежності витрати газоподібного і дизельного палива трактором ЮМЗ-8244 в транспортному режимі використовували тракторний причіп 2-ПТС-4,5, задіяний на перевезенні сіна.

Результати випробувань представлені в таблиці 4.1. Для проведення більш наочного порівняння та аналізу отриманих даних були побудовані діаграми витрат палива під час роботи за дизельним і газодизельним циклами, які представлені на рисунку 4.3.

Таблиця 4.1 – Показники роботи трактора ЮМЗ-8244

Показник	Базовий	Газобалонний
Експлуатаційна маса трактора, т	3,62	3,75
Діапазон швидкостей, км/год	1,89-33,4	1,89-33,4
Витрата дизельного палива, кг/год	11,4	4,3
Витрата газоподібного палива, м ³ /год	-	8,7
Витрата дизельного палива на транспортному режимі, кг/год	8,6	2,8
Витрата газу на транспортному режимі, м ³ /год	-	6,5
Транспортна швидкість, км/год	33	33
Кількість газових балонів/ємність балона, л	-	2/67

Таким чином, в результаті експлуатаційних досліджень було встановлено, що трактор ЮМЗ-8244 здатен працювати в режимах колісного ходу і в режимах близьких до номінальних за дизельним і за газодизельним циклами.

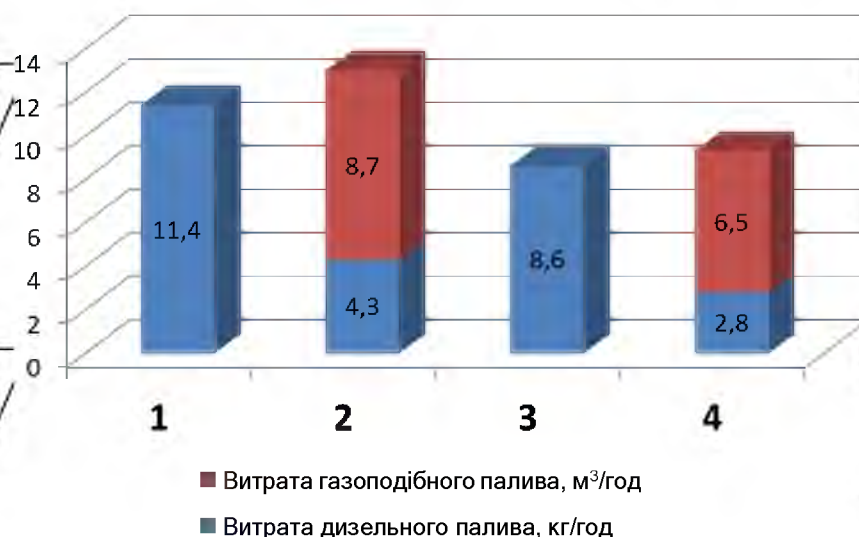


Рисунок 4.3 – Діаграма витрати палива під час роботи трактора ЮМЗ-

8244 за дизельним і газодизельним циклами: 1 - культивування за дизельним циклом; 2 - культивування за газодизельним циклом; 3 - транспортування за дизельним циклом; 4 - транспортування за газодизельним циклом

4.2 Результати експериментальних випробувань трактора ЮМЗ-8244 на стійкість

Крім того, в ході експериментальних досліджень відповідно до методики, викладеної в пункті 3.4, були визначені граничні статичні кути стійкості трактора ЮМЗ-8244, оснащеного газобалонним обладнанням для роботи за газодизельним циклом. Результати визначення граничних статичних кутів стійкості представлені в таблиці 4.2.

Розбіжність теоретичних та експериментальних значень граничних кутів перекидання в таблиці 4.2 визначали за формулою:

$$\delta = \frac{|\alpha_{ТЕОР} - \alpha_{ЕКСП}|}{\alpha_{ТЕОР}} 100\%, \quad (4.1)$$

де $\alpha_{ТЕОР}$, $\alpha_{ЕКСП}$ – теоретичне і експериментальне значення кута відповідно, °.

Таблиця 4.2 Зведена таблиця визначення статичних кутів поздовжньої і поперечної стійкості трактора ЮМЗ-8244, оснащеного газобалонним обладнанням

Комплектація		Граничний статичний кут підйому $\alpha_{підпд}$	Граничний статичний кут ухилу $\alpha_{пмух}$	Граничний статичний кут поперечної стійкості $\beta_{пмух}$
Трактор без газобалонного обладнання (базовий)	теорет., °	39,3	57,3	35,3
	експер., °	38,6	57,0	35,9
	δ , %	1,7	0,5	1,7
Трактор, оснащений газобалонним обладнанням (зі знімною касетою, встановленою у передній частині трактора)	теорет., °	42,7	55,6	35,2
	експер., °	41,5	54,1	34,2
	δ , %	2,8	2,5	2,8

Як показав проведений експеримент, значення граничних статичних кутів стійкості, отримані експериментальним шляхом і за допомогою аналітич-

них розрахунків досить близькі. Розбіжність не перевищує 2,8% (таблиця 4.2). Це є підтвердженням правильності проведених теоретичних розрахунків.

4.3 Висновки до розділу

1. Була розроблена, скомплектована і досліджена система розподіленої подачі газоподібного палива для трактора ЮМЗ-8244, яка показала можливість роботи як за дизельним, так і за газодизельним циклами під час виконання різних сільськогосподарських операцій.

2. Для підвищення ефективності використання тракторів ЮМЗ-8244, оснащених газобалонним обладнанням, доопрацьована система розподіленої подачі газу за ежекційним принципом. Експлуатаційними випробуваннями встановлено:

- трактор ЮМЗ-8244 здатний працювати на режимах близьких до номінального як за дизельним, так і за газодизельним циклами;

- запальна доза дизельного палива досягає 22%;

- під час обробітку ґрунту культиватором комбінованим КПК-4 витрата дизельного палива під час роботи за газодизельним циклом знижується в 4,7-4,9 рази, витрата дизельного палива під час роботи за дизельного циклом складала 11,4 кг/год, за газодизельним – 4,3 кг/год.

3. Статичні кути поздовжньої і поперечної стійкості трактора ЮМЗ-8244 знаходяться практично в допустимих межах. Розбіжність з теоретичними даними не перевищує 2,8%.

НУБІП України

5. СХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Стійкість трактора, як чинник забезпечення безпеки під час роботи на схилах

Збільшення випадків перекидання тракторів в останні роки зумовлено не тільки інтенсифікацією сільськогосподарських операцій, зростанням енергонасиченості і швидкості руху тракторів, збільшенням вантажопідйомності тракторних причепів при практично незмінній величині граничних кутів статичної стійкості тракторів, а й включенням в експлуатацію ділянок землі з сильно пересіченим рельєфом і більш широким використанням тракторів в лісовому господарстві і промисловому будівництві та сільськогосподарському виробництві [16].

На рисунку 5.1 представлено діаграму кількості перекидань колісних тракторів у сільському господарстві за видами робіт у відсотках.



Рис. 5.1 Кількості перекидань колісних тракторів у сільському господарстві за видами робіт

На прикладі трактора Т-150К з шарнірно-зчленованими рамами встановлено, що більше половини зареєстрованих дорожньо-транспортних пригод призводять до перекидання трактора або машинно-тракторного агрегату.

Проведений аналіз причин перекидання тракторів і тракторних поїздів дозволяє класифікувати найбільш часті випадки, виявити їх закономірність і кількість за порами року, доби і днями тижня, основні конструкційні та експлуатаційні причини, визначити наслідки аварій (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Основні причини, %, ДТП і перекидання колісних машин [24]

Причина	Трактор	Тракторний поїзд
Конструкційні якості трактора	6,0	8,8
Незручність в керуванні	5,5	0
Технічний стан	20,5	12,0
Відсутність жорсткого каркасу кабіни, пасків безпеки, огорожі	16,5	0
Втома водія	7,9	4,1
Алкогольне сп'яніння і порушення дисципліни	3,6	15,7
Низька кваліфікація	12,5	5,5
Порушення ПДР	3,5	13,1
Відсутність інструмента	7,0	0
Велика крутизна, малі радіуси повороту дороги	0	15,5
Поганий стан дороги (грязь, мікропрофіль)	3,0	22,4
Невідповідність технологічного процесу вимогам безпеки	4,9	0
Розпорядження керівництва	4,3	0
Нехтування нормами техніки безпеки, відсутність контролю за небезпечною роботою	1,8	0
Інші фактори	3,0	2,9

Небезпечні умови складаються як з зовнішніх об'єктивних умов, так і в результаті небезпечних дій людини, які найчастіше не відповідають вимогам професійної поведінки. На рисунку 5.2 наведені показники виробничого травматизму в сільському господарстві по Львівській області, при виконанні трактористами робіт на схилах.

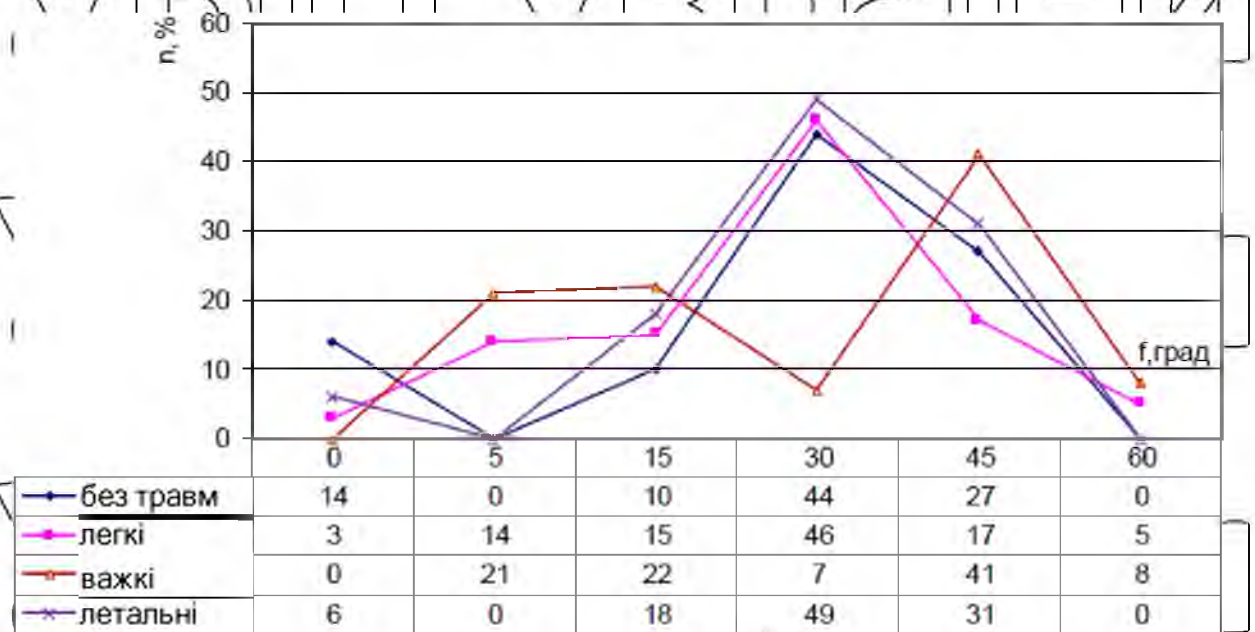


Рисунок 5.2 – Вплив крутизни схилу на характер травм отриманих оператором

Аналіз показав, що випадки перекидання тракторів можуть бути поділені на три класи:

1) порушення критеріїв статичної стійкості - 8 %. У цьому випадку неминучість перекидання зумовлюється становищем системи в просторі, а не дією сил інерції або ударів, пов'язаних зі значною швидкістю;

2) порушення критеріїв динамічної стійкості - 88 %. Неминучість перекидання визначається дією сил інерції і явищами ударів, пов'язаних зі значною швидкістю МТА, а не положенням, яке при малих швидкостях могло бути безпечним.

3) впливу сторонніх тіл - 4% (зіткнення, вітер, удари каміння, неправильне буксирування тощо).

Оскільки переважна більшість випадків перекидань пов'язана з порушенням динамічних критеріїв стійкості слід приділити особливу увагу уточненню понять динамічних явищ, за характерними ознаками, що викликали перекидання:

- порушення правил організації та виробництва сільськогосподарських робіт, а також правил маневрування і руху МТА (невідповідність швидкості руху в конкретних умовах – перевищення швидкості, відсутність перевіреного заздалегідь наміченого безпечного маршруту та ін.);

- втрата водієм пильності (зниження уваги і несвоєчасної дії щодо забезпечення запобіжних заходів, внаслідок перевтоми або сп'яніння, недостатньої кваліфікації тощо);

- технічні несправності сільськогосподарських і транспортних агрегатів, недотримання інструкцій з підготовки їх до роботи (несправність рульового приводу, збільшений зазор в зчпному пристрої, порушення балансування та ін.);

- схили різної рівності, одні близькі до похилої площини, інші представляють увігнуту поверхню, треті опуклу або ступінчасту. Для них характерна велика кількість мікронерівностей, западин або виступаючих каменів.

Крутизна схилу найбільше позначається на якості сільськогосподарських робіт, помітно знижується продуктивність. Тяговий опір робочих органів машин із збільшенням крутизни схилу зростає, а тягове зусилля колісної машини зменшується, як через перерозподіл опорних реакцій (погіршується зчеплення з ґрунтом), так і через необхідність компенсувати бічне сповзання агрегату під ухил.

Схили, крім інших впливів, помітно знижують запас стійкості колісної машини. Слід зазначити, що крутизна схилів ($5-25^\circ$), де проводяться транспортно-технологічні операції, є основною причиною перекидання (рис. 5.3).

Для районів з пересіченою місцевістю характерні дрібноконтурні ділянки, розділені необроблюваними землями. Це викликає підвищення обсягу

транспортних робіт на одиницю оброблюваної площі (перевезення добрив, наєіння, уречаю та ін.). Вони виконуються на високих швидкостях, що спри-
яє виникненню динамічних явищ, крім того в сиру погоду різко виникає небез-
пека бічного ковзання колісної машини.

5.2 Аналіз процесів формування пожежонебезпечних і аварійних ситуацій під час обслуговування газобалонного обладнання

Розробка та впровадження ефективних заходів запобігання аварійних і пожежонебезпечних ситуацій можливі лише при завчасному виявленні тих небезпек, з яких починаються процеси їх формування.

Аналізу передують обстеження територій, будівель, споруд, об'єктів, робочих місць і оцінка відповідності вимогам стандартів, правил протипожежної безпеки, встановлення розбіжностей з проектом, технічними умовами, вимогами інструкцій заводу-виготовника, умовами експлуатації тощо. Одночасно визначають і фіксують наявність і характер небезпечних чинників (наявність умов горіння, джерел запалювання, вибухонебезпечних речовин тощо), включаючи також і ті, які можуть виникнути в процесі життєдіяльності, під час аварійних та інших травмонебезпечних ситуацій. При цьому визначають небезпечні рівні, певні значення чинників [16].

Після цього для кожного небезпечного чинника визначають умови (небезпечні), за яких він може діяти на людину. При цьому для кожної небезпечної умови за допомогою логічних взаємозв'язків ведеться пошук небезпечної дії людини у побуті чи оператора на виробництві (тієї, що вже відбулась, або, що може статися), інших умов, що можуть мати певний зв'язок з першою умовою, а також встановлюють чинники, які утворюють небезпечні ситуації. Для того щоб можна було стежити за розвитком небезпечних подій за таблицею, всі події, що фіксують у ній, мають певні номери і схематичні позначення з відповідними індексами. Це дає змогу після обговорення подій побудувати

НУВБІП УКРАЇНИ

логічну модель аналізу процесу формування та виникнення можливих небезпек у вигляді пожежонебезпечних та аварійних ситуацій.

Таблиця 5.2 – Аналіз процесів формування пожежонебезпечних і аварійних ситуацій

Вид робіт, робоче місце	Небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація		
Ремонт газового обладнання трактора	Малий досвід роботи НУ1. Частково несправний засіб НУ2.	Ремонт паливної апаратури НД1. Наявність відкритого вогню НД2.	Загоряння газу НС1. Вибух НС2.	Пожежа П. Травма Т. Аварія А.	Інструктаж з безпеки робіт працівників без стажу. Контроль безпеки стану робіт з паливно-мастильними матеріалами
Схема-модель процесу:	НУ2 → НУ1 →	НД1 → НД2 →	НС1 → НС2 →	Т, А	

5.3 Екологічна безпека

На сьогоднішній день Україна прагне стати членом Європейського союзу, а як відомо одним з найважливіших напрямків політики Європейських країн є охорона навколишнього середовища, що є невід'ємною частиною європейського інтеграційного процесу. Використання стисненого природного газу в якості моторного палива для автомобілів та тракторів є безпечним та екологічним видом моторного палива, визнаного багатьма передовими країнами Європи та світу, це практичний крок для поліпшення екологічної ситуації в Україні [28].

Природний газ є самим екологічним та чистим із всіх видів палива, на відміну від бензину та дизельного палива продукти згоряння метану є нетокси-

чними, при його згорянні в камері двигуна в атмосферу виділяються нешкідливі для організму людини вуглекислий газ та вода. Також головною відмінністю метану від інших палив є безпека. Балони для метану не мають зварних швів та виконанні з суцільної сталі або з композитних матеріалів (сучасний

пластик та синтетичні волокна). Заводи-виробники тестують їх на різні впливи: випробування тиском, що перевищує їх робочі параметри, падіння з висоти, екстримально високі температури.

Противники метану часто оперують аргументом про те, що природний газ нібито найбільш вибухонебезпечний.

Це ствердження досить легко спростувати, оскільки для вибуху або займання необхідна суміш повітря і пального в певній пропорції. Метан легше повітря і не здатний утворити суміш в відкритому просторі – він просто випаровується. Завдяки цій властивості і високому порогу займання метан віднесений до найвищого – четвертого класу безпеки серед горючих речовин. Для порівняння, у бензині – третій клас, а у пропан-бутану – другий [28].

5.4 Висновок до розділу

Неухильне дотримання правил техніки безпеки, моделювання можливих травмонебезпечних ситуацій сприятиме попередженню виникненню аварійних ситуацій на виробництві.

НУВІП України

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РІЗНИХ СПОСОБІВ ЗАПРАВКИ ТРАКТОРА ГАЗОПОДІБНИМ ПАЛИВОМ

6.1 Обґрунтування способу заправки трактора газоподібним паливом

Внаслідок того, що на сьогодні в Україні мережа АГНКС не достатньо розвинена, перед с.г організаціями постає питання заправки техніки стисненим природним газом. У випадку значної віддаленості господарства від АГНКС витрати на заправку можуть значно знизити економію від застосування СПГ, оскільки при цьому витрачаються додаткові кошти на переміщення трактора до АГНКС, а також знижується зміна продуктивність. Цю проблему можна вирішити шляхом використання пересувних газозаправників. Знизити витрати на заправку газом також можна за умови використання схеми заправки, представленої на рисунку 6.1, в основу якої покладено використання знімних касетних модулів.



Рисунок 6.1 – Схема заправки сільськогосподарської техніки стисненим природним газом на основі знімних касетних модулів

У той же час, якщо АГНКС знаходиться на незначній відстані від господарства, використання ПАГЗів і заправка за допомогою касетних модулів може бути нерентабельною, т. б. доцільнішим буде здійснювати заправку безпосередньо на тракторі на АГНКС. Тому необхідно для різних способів заправки визначити найоптимальніше значення віддаленості від АГНКС, за якого той чи інший спосіб заправки буде найоптимальнішим.

Для обґрунтування способу заправки тракторів СПГ необхідно визначити собівартість перевезення одного кубічного метра СПГ для даного способу.

Розглянемо різні способи заправки. За ПАГЗ виберемо модель 2500/32-4 (таблиця 1.3) на шасі КамАЗ-53229, який оснащений двигуном моделі 740.31.240 (Євро-2), потужністю 225 к. с. (165 кВт) при 2200 хв⁻¹. Витрата палива на 100 км шляху складає (в дизельному режимі) 26 л.

Для перевезення змінних касетних модулів використовуємо автомобіль ГАЗ-3302 («Газель»), оснащений двигуном УМЗ-4216 потужністю 107 к.с. (79 кВт) при 4000 хв⁻¹. Витрата палива (бензин) на 100 км шляху складає 15,5 л.

Також розглянемо переміщення трактора до АГНС своїм ходом. Витрата дизпалива в транспортному режимі для ЮМЗ-8244 становить 9,2 л/год.

Собівартість перевезення 1 м³ природного газу C_1 , грн, під час його доставки до споживача на транспортному засобі на базі будь-якого автомобіля може бути визначена за формулами:

Дані для розрахунку витрат на заробітну плату для різних способів заправки представлено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Дані для розрахунку витрат на заробітну плату

Показник	Спосіб заправки		
	ПАГЗ	касетний модуль	своїм ходом
U_{cp} , км/год	58	69	29,6
T_{AGHC} , год.	2,73	-	-
$T_{уб}$, год.	0,17	-	-
$T_{к}$, год.	-	0,37	-
T_{AGHC} , год	-	-	0,35
n , шт.	-	12	-

Таблиця 6.3 – Дані для розрахунку витрат на ремонт і ТО

Показник	Марка транспортного засобу		
	КамАЗ-53229	ГАЗ-3302	ЮМЗ-8244
H_p , грн.	1635	546	-
H_o , грн.	574	227	-
B , грн.	1090000	390000	805000
r , %	-	-	9,9
T_3 , год.	-	-	1012
U_{cp} , км/год	58	69	29,6

Таблиця 6.4 Дані для розрахунку витрат на амортизацію

Показник	Марка транспортного засобу		
	КамАЗ-53229	ГАЗ-3302	ЮМЗ-8244
H_B , %/1000 км	0,2	0,3	-
H_K , %/1000 км	0,2	0,2	-
B , грн.	1090000	590000	805000
a , %	-	-	9,1
T_z , год.	-	-	1012
U_{cp} , км/ГОД	58	69	29,6

Таблиця 6.5 Дані для розрахунку витрат на відновлення і ремонт шин автомобілів

Показник	Марка автомобіля	
	ГАЗ-3302	КамАЗ-53229
Модель и тип шин	185/75R16 радіальні	280-R508 радіальні
Вартість шин $U_{ш}$, грн.	2860	10290
Кількість шин $n_{ш}$, шт.	6	10
Норма відрахувань на 1000 км про- бігу $a_{ш}$, %	1,32	1,17

НУБІП УКРАЇНИ

Результати розрахунку витрат на заправку сільськогосподарських тракторів стисненим природним газом представлені на рисунку 6.2

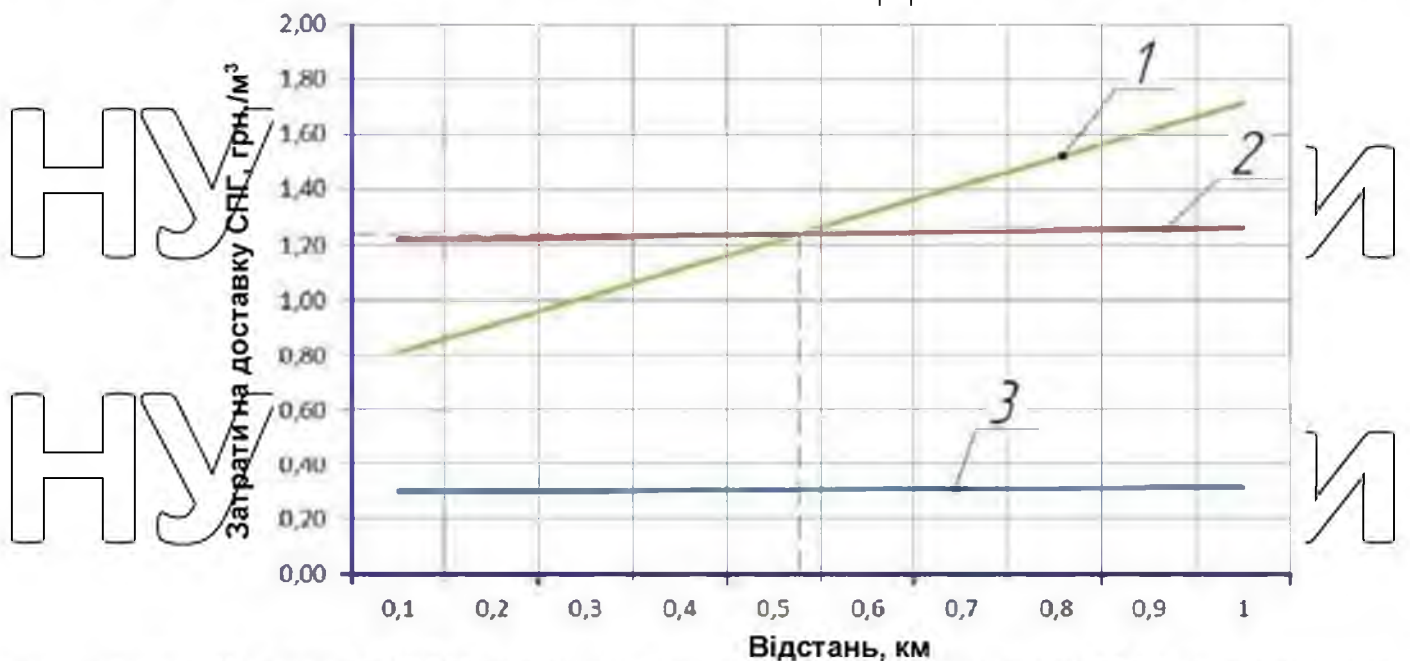


Рисунок 6.2 — Питомі витрати на доставку (транспортування) стисненого природного газу: 1 - заправка трактора ЮМЗ-8244 своїм ходом; 2 - заправка за допомогою касетних модулів; 3 - заправка за допомогою ПАГЗ

Провівши аналіз графічних залежностей, представлених на рисунку 6.2, можна зробити висновок про те, що використання ПАГЗ для заправки тракторів найдоцільніше, оскільки у цьому випадку витрати на заправку стисненим природним газом мінімальні. Проте за невеликої кількості техніки у господарстві ПАГЗ буде істотно недозавантаженим і, як наслідок, строк окупності витрат на його придбання перевищить нормативний строк його служби — 20 років.

У зв'язку з вищевикладеним можна зробити висновок, що для заправки тракторів у невеликих господарствах доцільно використовувати метод на основі касетних модулів. Якщо відстань до АГНКС не більша 530 м доцільно здійснювати заправку трактора ЮМЗ-8244 своїм ходом. Якщо відстань до АГНКС перевищує 530 м, то доцільнішою буде заправка трактора за допомогою касетних модулів.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

6.2 Висновки до розділу

1. Розроблено, виготовлено та досліджено знімний касетний модуль з двома балонами високого тиску загальною ємністю 134 л для зберігання стисненого природного газу, який встановлюється в передній частині трактора, сприяє поліпшення тягово-зчіпних показників трактора, і забезпечує тривалість роботи більше 4 год.

2. Запропоновано нову схему технологічного процесу заправки газових балонів з використанням знімних касетних модулів, яка дозволяє: скоротити час заправки на 20-25% в порівнянні з існуючими схемами (ПАГЗ і своїм ходом); використовувати для заправки автомобілі малої вантажопідйомності, які можуть обслуговувати до 9 тракторів одночасно.

3. Для заправки тракторів у невеликих господарствах доцільно використовувати метод на основі касетних модулів. Якщо відстань до АГНКС не більша 530 м доцільно здійснювати заправку трактора ЮМЗ-8244 своїм ходом. Якщо відстань до АГНКС перевищує 530 м, то доцільнішою буде заправка трактора за допомогою касетних модулів. Заправка за допомогою касетних модулів для трактора ЮМЗ-8244 доцільна, якщо віддаленість від АГНКС не більша 37 км, у випадку заправки від ПАГЗ – не більша 150 км.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі теоретичних і експериментальних досліджень газобалонного трактора ЮМЗ-8244 обґрунтовано розміщення газових балонів у передній частині трактора за допомогою знімних касет. Розроблено нову схему технологічного процесу заправки газових балонів з використанням знімних касетних модулів.

2. Отримано аналітичні вирази, що дозволяють визначити граничні кути стійкості трактора ЮМЗ-8244, оснащеного газобалонним обладнанням залежно від розташування газобалонного обладнання на тракторі. У випадку переднього розташування балонів граничні статичні кути підйому, поздовжнього і поперечного ухилів склали відповідно $42,7$; $55,6$; $35,2^\circ$; ці ж кути за умови встановлення балонів на даху трактора – $37,4$; $53,8$; $33,3^\circ$. Це свідчить про доцільність встановлення газових балонів спереду трактора. Встановлено, що за такого розташування балонів буксування трактора мінімальне і є меншим на $0,4\%$ порівняно із серійним трактором (при максимальному навантаженні на гаку).

3. Експлуатаційними випробуваннями встановлено: трактор ЮМЗ-8244 здатний працювати на режимах близьких до номінального як за дизельним, так і за газодизельним циклами; запальна доза дизельного палива сягає 22% ; під час обробки ґрунту культиватором комбінованим КПК-4 витрата дизельного палива під час роботи за газодизельним циклом знижується в $4,7$ - $4,9$ рази; витрата дизельного палива під час роботи за дизельним циклом становить $13,5$ кг/год, за газодизельним – $3,2$ кг/год.

4. Розроблено та досліджено знімний касетний модуль з двома балонами високого тиску загальною ємністю 134 л. для зберігання стисненого природного газу, який встановлюється у передній частині трактора, сприяє поліпшенню тягово-зчепних показників трактора і забезпечує тривалість роботи більше 4 год.

5. Запропоновано нову схему технологічного процесу заправки газових балонів з використанням знімних касетних модулів, яка дозволяє скоротити час заправки на 20-25% в порівнянні з існуючими схемами (ПАГЗ і своїм ходом); використовувати для заправки автомобілі малої вантажопідйомності, які можуть обслуговувати до 9 тракторів одночасно.

6. Під час переведення тракторів для роботи на природному газі на підприємствах АПК необхідно вибрати схему технологічного процесу заправки газом залежно від відстані до АГНКС, дорожніх умов і кількості тракторів.

Заправка за допомогою касетних модулів для трактора ЮМЗ-8244 доцільна, якщо віддаленість від АГНКС не більша 37 км, у випадку заправки від ПАГЗ – не більша 150 км.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Anders G. J. Innovations in power systems reliability. Springer. 2011. 361 p.
2. Delphi Diesel Systems, Publication № DDNX125(EN) Delphi Diesel Aftermarket Operations UK, 2012. 76 p.
3. Endrenyi J. Comparison of two methods for evaluating the effects of maintenance on component and system reliability. IEEE International Conference Probabilistic Methods Applied to Power Systems. 2014. P. 307–312.
4. Endrenyi J. The Present Status of Maintenance Strategies and the Impact of Maintenance on Reliability. A Report of the Probability Application Subcommittee. IEEE Transactions on Power Systems. 2011. Vol. 16. № 4. P. 638–646.
5. Ge H. Maintenance optimization for substations with aging equipment. a dissertation for the degree of Phd. Lincoln, Nebraska, 2010. 212 p.
6. Hampel R., Kurr D., Schefenadcer H. Elektronisches Messsystem zur digitalen Erfassung und Auswertung von Indikatordiagrammen. 2015. № 2. P. 33–38.
7. Latino M. A. Behavioral based reliability. Machinery Reliability Conference. 2020. April. <http://reliability.com/industry/articles/article36.pdf>.
8. Smykov S. V., Seregin A. A., Nikitchenko S. E., Kurochkin V. N., Valuev N. V. Hinged aggregate for technical maintenance of machines: Modeling, test-ing and conditions of application. Journal of Mechanical Science and Technology. 2018. Т. 32. № 8. С. 3807–3815.
9. Wegrzyn, J. Liquefied Natural Gas for Trucks and Buses. SAE Technical Paper Series. 2018. № 2000-01-2210.
10. Zehn Prozent Biokraftstoff für Alle. Verein Deutscher Ingenieure. VDI Nachrichten. 2015. Jg. 59. № 47. 8 p.
11. Hunt D. Farm power and machinery management. Tenth edition. Agricultural Engineering. 2013. Dubli. Vol. 3. P. 1703-1709.
12. Onwualu A. P., Akubuo C. O., Ahaneku I. E. Fundamentals of Engineering for Agriculture Immaculate Publications Limited. 2 Aku stree, Ogui New Layout, Enugu, Nigeria. 2006. 186 p.
13. Ojha T. P., Michael A. M. Principles of Agricultural Engineering. Vol. 1. Jain Brothers. New Delhi (sixth edition). 2012. 210 p.

14. Yohanna J. K., Ifem, J. L. C. Performance evaluation of field efficiency of farm machinery in Nasarawa and plateau state. Proceeding of the Nigerian Institution of Agricultural Engineers. 2013. P. 88-92.

15. Kepner R. A, Bainer R, Barger E. L. Principles of Farm Machinery, AVI Publishing Company Inc. Wester port. 2016. 208 p.

16. Oduma O., Igwe J. E., Ntunde D. I. Performance evaluation of field efficiencies of some tractor drawn implement in Ebonyi State. International Journal of Engineering and Technology. 2015. Vol. 5(4). P. 45-50.

17. Agricultural field machinery selection and utilization for improved farm operations in South-East Nigeria: A review. Available from: https://www.researchgate.net/publication/335951790_Agricultural_field_machinery_selection_and_utilization_for_improved_farm_operations_in_South-East_Nigeria_A_review [accessed Mar 02 2020].

18. William E. Crop – Machinery Management. Lower State University Extension and Outreach. Dept. of Economics, 2015. P. 641-732-5574.

19. Анікевич Д. В. Системи керування нормами внесення матеріалів в технологіях точного землеробства : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 2005. 36 с.

20. Аулін В. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія. Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. 370 с.

21. Аулін В. В., Гриньків А. В. Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану 248 транспортних засобів на основі теорії сенситивів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2016. №5. С. 109–116.

22. Аулін В. В., Гриньків А. В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. 2016. №2 (77). С. 36–41.

23. Аулін В. В., Гриньків А. В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної

техніки. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. 2016. №2 (77). С. 36–41.

24. Аулін В. В., Гриньків А. В. Теоретичне обґрунтування моментів контролю технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2017. №8. С. 9–20.

25. Аулін В. В., Гриньків А. В., Замота Ф. М. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості. Вісник інженерної академії України. 2015. №3. С. 66–72.

26. Аулін В. В., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Мартиненко О. Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Харків. 2015. Вип. 158. С. 252–262.

27. Аулін В. В., Лисенко С. В., Кузик О. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В. Триболофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки (технологіями триботехнічного відновлення) монографія. Кропивницький. 2016. 304 с.

28. Бабанін О. Б. Наукові основи вдосконалення технології контролю, діагностування та матеріально-технічного забезпечення при технічному обслуговуванні локомотивів: Дис... докт. техн. наук. 05.22.07 Рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Харківська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2001. 288 с.

29. Бабінок Г. В. Системне обґрунтування і розробка адаптивних способів забезпечення надійності гірничих виробок: Дис... докт. техн. наук 05.15.04 шахтне та підземне будівництво. Донбаський державний технічний університет. Дніпропетровськ, 2005. 522 с.

30. Біловод О. І. Підвищення надійності і обґрунтування параметрів процесу виробництва і відновлення розроблених дискових копачів бурякозбиральних машин автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Харків. 2008. 20 с.

31. Бірюков Д. С. Аналіз та оптимізація надійності складних систем з багатьма станами : автореф. дис... канд. техн. наук. 01.05.04. Київ: нац. ун-т імені Тараса Шевченка, Київ, 2009. 20 с.

32. Боднар Є. Б. Підвищення експлуатаційної надійності локомотивів шляхом впровадження раціональної системи утримування: Дис... канд. техн. наук 05.22.07 рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Харків, 2004. 161 с.

33. Бойко А. І. Тенденції розвитку вітчизняного сільгоспмашинобудування і проблем забезпечення надійності машин. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ: НАУ, 2004. Вип. 73. Ч. 2. С. 181–183.

34. Бойко Ю. Ф. Исследование и обоснование технологического процесса технического обслуживания трактора сельскохозяйственного назначения (на примере трактора Т-40А). Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.03 эксплуатация и ремонт сельскохозяйственных машины и орудий. Государственный всесоюзный научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка. Москва, 1977. 19 с.

35. Бондаренко В. В. Удосконалення технології технічного обслуговування та діагностування електрообладнання пасажирських вагонів: Дис... канд. техн. наук 05.22.07 рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2002. 194 с.

36. Боузаїєнне Меккі бен Салем. Удосконалення урахування впливу регіональних факторів на процес технічного обслуговування авіаційної техніки (на прикладі району Середземного моря): дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Національний авіаційний ун-т. Київ, 2006. 186 с.

37. Броди С. М., Цюгосян И. А. Вложенные стохастические процессы в теории массового обслуживания. Київ. Наукова думка, 1973. 127 с.

38. Адамчук В. В. Стан наукового забезпечення механізації сільського господарства в Україні. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Довідничке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. Вип. 13., кн. 1. С. 21–29.

39. Гуков Я. С. Наукове забезпечення формування державної політики стосовно відтворення та оновлення матеріально-технічної бази агропромислових підприємств. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2008. Вип. 92. С. 13–25.

40. Агєєва І. В. Розвиток системи інженерно-технічного обслуговування. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків, 2007. Вип. 54. С. 160–168.

41. Демко О. А. Вплив кваліфікації операторів на ефективність використання машин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2009. Вип. 134, Ч.2. С. 159–169

42. Васильєва Н. К. Економіко-математичне моделювання системного інноваційного оновлення аграрного виробництва : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук : 08.00.11 Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. Київ. 2007. 36 с.

43. Войтюк В. Д. Техніко-технологічний розвиток системи сервісу енергонасиченої сільськогосподарської техніки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Мелітополь, 2012. 39 с.

44. Волк М. О. Методи та засоби розподіленого імітаційного моделювання електронних систем: дис... канд. техн. наук 01.05.02 Математичне моделювання та обчислювальні методи. Харківський державний технічний університет радіоелектроніки. Харків, 1999. 189 с.

45. Волох О. П. Методика обґрунтування раціональних значень параметрів технічного обслуговування машин інженерного озброєння при їх використанні за призначенням: Дис... канд. техн. наук: 20.02.14 Озброєння і військова техніка. Військовий інженерний інститут Подільського державного аграрно-технічного університету. Кам'янець-Подільський, 2006. 175 с.

46. Грабко В. В. Методи і пристрої для технічної діагностики та автоматичного керування силовим електрообладнанням: дис... д-р техн. наук: 05.13.05 Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування. Вінницький національний технічний університет. Вінниця, 2004. 384 с.

47. Кузьмінський Р. Д. Системно-функціональні засади синтезу технологічних ліній і дільниць ремонту вузлів та агрегатів мобільної техніки рільництва : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11
Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Глеваха, 2013. 40 с.

48. Кухтов В. Г. Методи оцінки довговічності конструкцій шасі колісних тракторів: Дис... д-р техн. наук: 05.22.20
Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2006. 329 с.

49. Ларін О. М. Теоретичні основи оцінки працездатності шин легкового автомобіля в експлуатації: Дис... д-р техн. наук: 05.22.20
Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Академія пожежної безпеки України. Львів, 2001. 344 с.

50. Лобода А. В. Розробка організаційної структури забезпечення якості в автосервісі: Дис... канд. техн. наук: 05.13.22. Національний транспортний ун-т. Київ, 2004. 162 с.

51. Ложковський А. Г. Аналіз і синтез систем розподілу інформації в умовах мультисервісного графіка : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.12.02. Одес. нац. акад. зв'язку імені О.С. Попова. Одеса, 2010. 36 с.

52. Луханін М. І. Моделювання залізничних транспортних коридорів на базі поширених мереж Петрі: Дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Українська держ. академія залізничного транспорту. Харків, 2003. 163 с.

53. Мамонова Г. В. Багатоканальні системи обслуговування у схемі усереднення та дифузійної апроксимації : автореф. дис... канд. фіз.-мат. наук: 01.05.04. Київ. нац. ун-т імені Тараса Шевченка. Київ, 2007. 18 с.

54. Мартиненко В. Я. Механіко-технологічні основи підвищення ефективності робочих органів гичкозбиральних машин: Дис... д-ра техн. наук: 05.05.11. ВАТ "Тернопільський комбайновий завод". Тернопіль, 2000. 374 с.

55. Мартинишин Я. М. Організація ремонтно-технічного обслуговування в аграрних підприємствах України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук : 08.00.04 Економіка та управління підприємствами. Миколаїв, 2009. 37 с.

56. Мигаль В. Д. Вібраційні методи оцінки якості тракторів на стадіях проектування, виготовлення та експлуатації. Дис... д-р техн. наук: 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2003. 513 с.

57. Молодик М. В. Основні напрями досліджень з підвищення надійності сільськогосподарської техніки при експлуатації, відновленні і ремонті. Вісник аграрної науки. 2010. № 5. С. 110–113.

58. Молодик М. В. Оцінювання надійності машин при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2008. Вип. 92. С. 381–389.

59. Молодик М. В. Теоретичні передумови оцінки впливу технічного обслуговування і ремонту на надійність машин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ, 2010. Вип. 144, ч. 1. С. 75–80.

60. Молодик М. В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві: монографія. Кіровоград: Код, 2009. 180 с.

61. Молодик М. В. Оцінка надійності електрообладнання зернозбиральних комбайнів. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2010. Вип. 94. С. 419–425.

62. Морозов В. І. Вивчення якості роботи кормозбиральних машин. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Економічні науки. Харків: ХНТУСГ, 2017. Вип. 65. С. 166–171.

63. Норкін В. І. Стохастичні методи розв'язання задач неопуклого стохастичного програмування та їх застосування: Дис. докт. фіз.-мат. наук 01.05.01 Теоретичні основи інформатики та кібернетики. Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова. Київ, 1998. 250 с.

64. Парацій В. А. Стохастичне прогнозування довговічності металоконструкцій причіпних обприскувачів: Дис... канд. техн. наук: 05.05.11. Тернопільський держ. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2000. 122 с.

65. Пастушенко С. І. Розвиток наукових основ розробки сільськогосподарської техніки підвищеної енергоефективності: автореф. дис.

на здобуття наук. Ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ, 2004. 32 с.

66. Підгурський М. І. Методи прогнозування ресурсу несучих і функціональних систем бурякозбиральних комбайнів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2007. 36 с.

67. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Державної цільової програми реалізації політики в агропромисловому комплексі на період до 2020 року" №785 від 30.05.2007р.

68. Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2007 року № 1158 «Про затвердження Державної цільової програми розвитку українського села на період до 2015 року»

69. Пустовіт С. В. Підвищення ефективності роботи зернозбирального комбайна : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. С. В. Пустовіт. Вінниця, 2013. 19 с.

70. Пустовойтенко С. В. Забезпечення якості послуг в автосервісі на основі оптимізації виробничих процесів: Дис. канд. техн. наук: 05.13.22 Національний транспортний ун-т. Київ. 2002. 178 с.

71. Рибак Т. Прогнозування ресурсу роботи мобільних сільськогосподарських машин. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дбсидницьке, 2004. Вип. 7. С. 149-161.

72. Розора І. В. Моделювання випадкових процесів та полів із даною точністю та надійністю: Дис... канд. фіз.-мат. наук 01.01.05 теорія ймовірностей і математична статистика. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ. 2005. 126 с.

73. Савченко В. Б. Забезпечення надійності сільськогосподарських машин і технологічних комплексів: дис канд. техн. наук. 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Харківський державний технічний університет сільського господарства. Харків. 2001. 156 с.

74. Ткаліч О. П. Методика визначення оптимального періоду проведення технічного обслуговування повітряних суден вітчизняного

виробництва. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Національний авіаційний університет. Київ, 2007. 130 с.

75. Яцковський В. І. Удосконалення віброакустичного методу діагностування паливної апаратури автотракторних дизелів: Дис... канд. техн.

наук. 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Вінницький державний аграрний університет. Вінниця, 2006. 160 с.

76. Роговський І. Л. Обґрунтування періодичності профілактичних регулювань або замін деталей при технічному обслуговуванні сільськогосподарських машин. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків, 2003. Вип. 20. С. 346–352.

77. Роговський І. Л. Обґрунтування періодичності проведення профілактичних заходів технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків, 2003. Вип. 21. С. 366–373.

78. Роговський І. Л. Аналітичні дослідження обґрунтування періодичності технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград, 2003. Вип. 33. С. 209–215.

79. Роговський І. Л. Удосконалення технології технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь, 2003. Вип. 16. С. 123–127.

80. Роговський І. Л. Аналіз форм процесу технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Механізація виробничих процесів рибного господарства, промислових і аграрних підприємств. Керч, 2004. Вип. 5. С. 278–285.

81. Роговський І. Л. Фактична періодичність проведення технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків, 2004. Вип. 23. С. 338–342.

82. Роговський І. Л. Методичне обґрунтування періодичності технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Вісник Львівського

державного аграрного університету. Серія: агроінженерні дослідження. Дубляни. 2004. Вип. 8. С. 149–157.

83. Роговський І. Л. Показники технічного стану зернозбиральних комбайнів і послідовність їх визначення при технічному обслуговуванні. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2004. Вип. 73. С. 192–197.

84. Роговський І. Л. Аналітичне визначення факторів впливу на коефіцієнт готовності сільськогосподарських машин в системі їх технічного обслуговування. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград. Вип. 35. С. 224–228.

85. Роговський І. Л. Відмови зернозбиральних комбайнів в умовах рядової експлуатації та їх класифікація. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2005. Вип. 80. С. 200–206.

86. Роговський І. Л. Пристосованість до технічного обслуговування кормозбирального комбайна. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь. 2006. Вип. 36. С. 39–44.

87. Роговський І. Л. Безвідмовність складальних одиниць сільськогосподарських машин при поступових відмовах. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь. 2006. Вип. 37. С. 67–71.

88. Роговський І. Л. Сезонні показники експлуатаційної безвідмовності і ремонтпридатності зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2006. Вип. 101. С. 199–203.

89. Роговський І. Л. Методологічність технічного обслуговування при зберіганні сільськогосподарських машин. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь. 2006. Вип. 41. С. 112–118.

90. Роговський І. Л. Опінювання пристосованості до технічного обслуговування зернозбирального комбайна. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2006. Вип. 9. Кн. 2. С. 236–241.

91. Роговський І. Л. Оцінка безвідмовності газорозподільного механізму зернозбирального комбайна "Славутич" і періодичність його регулювання при технічному обслуговуванні. Механізація і електрифікація сільського господарства. Глеваха. 2006. Вип. 90. С. 135–142.