

УДК 629.366:662.76(066)

О.В. Захарчук, М.А. Демидюк, М.І. Захарчук
Луцький національний технічний університет
**ОЦІНКА СТІЙКОСТІ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА МТЗ-80 ПРИ РОБОТІ З
ГАЗОБАЛОННИМ ОБЛАДНАННЯМ**

Переведення мобільної техніки сільськогосподарських підприємств на природний газ дозволить значно скоротити витрати на паливо та підвищити ефективність роботи. Створення на базі дизелів газових двигунів, які мають найкращі економічні та екологічні показники, свідчить про переваги конвертації дизелів у газові двигуни з іскровим запалюванням. Однією з головних проблем переведення тракторної техніки на природний газ є розміщення необхідної кількості газових балонів без зміни експлуатаційних якостей і, в першу чергу, повздовжньої та поперечної стійкості. Було визначено координати центра ваги колісного трактора та касети з газовими балонами. В даному дослідженні касета з газовими балонами кріпиться в передній частині колісного трактора МТЗ-80 перед радіатором. Визначено граничний статичний кут підйому, граничний статичний кут схилу та граничний поперечний кут схилу. Встановлено, що розміщення газобалонного обладнання на колісному тракторі МТЗ-80 в його передній частині не призведе до значних змін параметрів стійкості. Всі граничні статичні кути стійкості відповідають технічним вимогам до трактора МТЗ-80. Таке компонування не збільшує центр ваги і не збільшує габаритні розміри по висоті колісного трактора.

Ключові слова: природний газ, газобалонне обладнання, центр ваги, кут стійкості.

О.В. Захарчук, Н.А. Демидюк, М.И. Захарчук
Луцкий национальный технический университет
**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА МТЗ-80 ПРИ РАБОТЕ С
ГАЗОБАЛЛОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ**

Перевод мобильной техники сельскохозяйственных предприятий на природный газ позволит значительно сократить расходы на топливо и повысит эффективность работы. Создание на базе дизелей газовых двигателей, которые имеют лучшие экономические и экологические показатели, свидетельствует о преимуществах конвертации дизелей в газовые двигатели с искровым зажиганием. Одной из главных проблем переоборудование тракторной техники на природный газ является размещение необходимого количества газовых баллонов без изменения эксплуатационных качеств и, в первую очередь, продольной и поперечной устойчивости. Были определены координаты центра тяжести колесного трактора и кассеты с газовыми баллонами. В данном исследовании кассета с газовыми баллонами крепится в передней части колесного трактора МТЗ-80 перед радиатором. Определен предельный статический угол подъема колесного трактора, предельный статический угол склона и предельный поперечный угол склона. На продольном подъеме в колесного трактора МТЗ-80 с установленным газобаллонным оборудованием увеличивается предельный статический угол подъема по сравнению с базисным на 14 %. На продольном склоне предельный статический угол склона уменьшается на 5,2 %. На поперечном склоне в колесного трактора с газобаллонным оборудованием предельный статический поперечный угол склона также уменьшается на 2 %. Установлено, что размещение газобаллонного оборудования на колесном тракторе МТЗ-80 в его передней части не приведет к значительным изменениям параметров устойчивости. Все предельные статические углы устойчивости соответствуют техническим требованиям к трактору МТЗ-80. Установки кассеты с газовыми баллонами в передней части трактора не увеличивает габариты трактора по высоте, что позволит беспрепятственный заезд в ворота ферм, теплиц, складов и других сельскохозяйственных сооружений.

Ключевые слова: природный газ, газобаллонное оборудование, центр тяжести, угол устойчивости.

O. Zakharchuk, M. Demydiuk, M. Zakharchuk
Lutsk National Technical University
**ESTIMATION STABILITY OF A WHEELED TRACTOR MTZ-80 WHEN WORKING WITH
GAS EQUIPMENT**

Changing mobile technology for agricultural enterprises on natural gas will significantly reduce fuel costs and increase efficiency of work. Creation based on diesel gas engines which have the best economic and environmental indicators, demonstrates the benefits of converting diesel engines into gas engines with spark ignition. One of the main problems of re-engineering tractors on natural gas is the placement of the required number of gas cylinders without changes in performance and, firstly, longitudinal and lateral stability. There were identified the coordinates of the center of gravity of the tractor and cassette gas cylinders. In this research, the cassette gas cylinders is mounted in front of the wheel tractor MTZ-80 in front of the radiator. Determined by the maximum static angle of elevation of a wheel tractor, the limit static angle of slope and maximum cross slope angle. In the longitudinal rise in a wheeled tractor MTZ-80 with installed gas-cylinder equipment increases by 14% the maximum static angle of elevation in comparison with the basic one. On the longitudinal slope limit static angle decreases by 5.2 %. On the transverse slope in a wheeled tractor with gas cylinder equipment static limit of the transverse angle of the slope is also reduced by 2 %. It is established that the placement of the CNG equipment on the wheeled tractor MTZ-80 in the front will not lead to significant changes in stability parameters. All of the limiting static stability angles correspond to the technical requirements for tractor MTZ-80. Installing the cassette with gas cylinders into the front of the tractor does not increase the size of the tractor at a height that will allow a smooth check-in at the gate farms, greenhouses, warehouses and other agricultural buildings.

Keywords: natural gas, gas equipment, the center of gravity, the angle of sustainability.

Вступ. Основним енергоносієм при виробництві сільськогосподарської продукції є дизельне паливо, яке використовується в двигунах тракторів, комбайнів, автомобілів та інших техніці. В той час, коли ціни на нафтові палива безперервно зростають, ціна природного газу (ПГ) залишається меншою за ціну рідких моторних палив. Тому переведення мобільної техніки для роботи на більш дешевому ПГ дозволить значно скоротити витрати на паливо та підвищити ефективність роботи сільськогосподарських підприємств.

Аналіз основних досягнень і літератури. Переобладнання автотракторної техніки на ПГ відбувається наступними способами:

- переобладнання бензинових двигунів в двохпаливні бензогазові двигуни;
- переобладнання дизелів у газодизелі;
- конвертування дизелів у газові двигуни з іскровим запалюванням.

Переобладнання бензинових двигунів у газові є найбільш простим і дешевим. У даний час в сільському господарстві експлуатується певна кількість бензинових автомобілів (ГАЗ, ЗИЛ), які працюють на ПГ, але кількість таких автомобілів з кожним роком зменшується, у зв'язку із заміщенням бензинових двигунів дизелями на автомобільних заводах. Крім того, у процесі переобладнання бензинових двигунів у газові для роботи на природному газі, втрата потужності досить суттєва і становить близько 20 % [1].

Були зроблені спроби використання ПГ шляхом переобладнання дизелів у газодизелі (автомобілі КамАЗ, МАЗ та трактори К-700А, К-701, Т-150, МТЗ-80/82) [2, 3]. Але газодизелі, які працювали на суміші газу і дизельного палива, виявили ряд недоліків: значно складніша система живлення, зменшення терміну служби розпилювачів форсунок, неповне заміщення дизельного палива газом, необхідність зберігання запасів двох видів палива на мобільному засобі. Тому газодизелі не набули поширення на сільськогосподарській техніці.

Створення на базі дизелів газових двигунів, які мають найкращі економічні та екологічні показники, свідчить про переваги конвертації дизелів у газові двигуни з іскровим запалюванням [4, 5, 6, 7].

Однією з головних проблем переведення тракторної техніки на ПГ є розміщення необхідної кількості газових балонів без зміни експлуатаційних якостей і, в першу чергу, повздовжньої та поперечної стійкості.

У роботі [8] досліджувалась стійкість трактора РТМ-160 при роботі в газодизельному циклі. Збільшення вертикальної і зменшення горизонтальної координати центра ваги трактора не приводить до значних змін стійкості. Крім того, встановлення газових балонів сприяє покращенню тягово-зчіпних властивостей трактора.

Газові балони при переобладнанні тракторів МТЗ-80/82 в більшості випадків можуть встановлюватись на даху кабіни трактора [9]. У роботі [10] виконувались дослідження стійкості газодизельного трактора МТЗ-82, при встановленні газових балонів над кабіною водія. Таке розташування балонів приводить до значного збільшення центра ваги трактора, внаслідок високого розташування балонів, що, в свою чергу, призводить до порушення стійкості колісного трактора і його перекидання. Так допустимий кут поперечної статичної стійкості зменшується на 2° до 33° . Також збільшуються габарити трактора по висоті, що може утруднювати в'їзд в ворота сільськогосподарських споруд.

Тому дослідження параметрів стійкості колісного трактора МТЗ-80 з газовими балонами є актуальною задачею.

Мета дослідження, постановка задачі. Метою дослідження є визначення стійкості колісного трактора МТЗ-80 з газовими балонами, які розташовуються в передній частині, під час руху в експлуатаційних режимах.

Результати дослідження. Для визначення статичних кутів стійкості колісного трактора необхідно знати координати його центра ваги. Координати центра ваги розраховуються згідно з ГОСТ 30750-2001 [11].

Згідно ГОСТ 30750-2001 центр ваги визначається методом вимірювання реакції опор при встановленні колісного трактора в трьох положеннях: горизонтальному, вертикальному похилому при піднятій задній частині та горизонтальному поперечному. Схеми для визначення координат центра ваги колісного трактора МТЗ-80 показані на рис. 1.

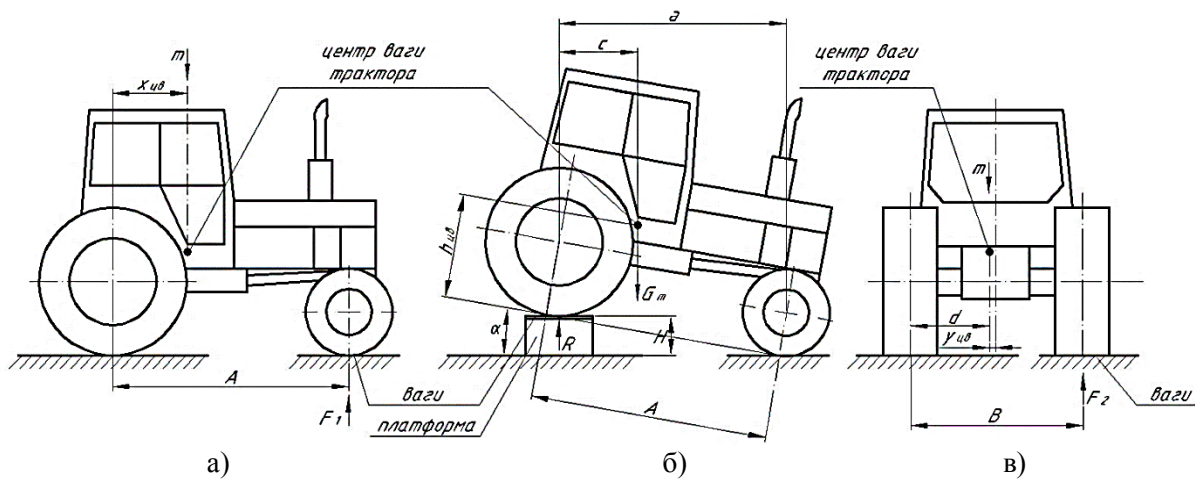


Рис. 1 – Схеми для визначення координат центра ваги колісного трактора МТЗ-80: а – горизонтальної поздовжньої координати; б – вертикальної координати при піднятій задній частині трактора; в – горизонтальної поперечної координати

Горизонтальна поздовжня координата (рис. 1, а) визначається по формулі:

$$x_{цв} = \frac{AF_1}{m}, \quad (1)$$

де A – база колісного трактора, мм;
 F_1 – навантаження на передню вісь, кг;
 m – маса трактора, кг.

Вертикальна координата (рис. 1, б) при піднятій задній частині колісного трактора визначається по формулі:

$$h_{цв} = \left(\frac{(G_m - R) \cdot A}{G_m} - x_{цв} \right) \cdot \text{ctg} \alpha, \quad (2)$$

де G_m – вага трактора, Н;
 R – реакція на задні колеса трактора зі сторони платформи, Н;
 α – кут встановлення колісного трактора на платформі, град.

Для визначення горизонтальної поперечної координати необхідно визначити навантаження F_2 , яке створюється правим заднім колесом колісного трактора та розрахувати відстань положення центра ваги з використанням колії трактора:

$$d = \frac{B \cdot F_2}{m}, \quad (3)$$

де B – колія колісного трактора, мм;
 Горизонтальна поперечна координата (Рис. 1, в) визначається по формулі:

$$y_{цв} = \frac{B}{2} - d, \quad (4)$$

В результаті вимірювань отримані наступні значення координат центра ваги колісного трактора МТЗ-80:

- горизонтальна поздовжня координата центра ваги $x_{цв} = 855$ мм;
- вертикальна координата $h_{цв} = 1025$ мм;
- горизонтальна поперечна координата $y_{цв} = 7$ мм.

Для переобладнання колісного трактора МТЗ-80 для роботи на ПГ використовуються металопластикові полегшені балони БМПФ 50-20 об'ємом 50 л. Довжина балона 800 мм, діаметр – 335 мм, маса пустого балона 35,5 кг, маса заправленого балона 49 кг, робочий тиск 20 МПа.

Для кріплення балонів в передній частині трактора виготовляється спеціальна металева конструкція – касета. Маса касети для установки балонів – 30 кг. В касеті розміщується три балони. Маса касети з заправленими балонами рівна 177 кг.

В даному дослідженні касета з газовими балонами кріпиться в передній частині колісного трактора МТЗ-80 перед радіатором. Таке компонування не збільшує центр ваги і не збільшує габаритні розміри по висоті трактора.

Координати центра ваги касети з газовими балонами визначаються за формулами:

- координата центра ваги касети з газовими балонами по осі X:

$$x_{цв} = \frac{\sum (G_{ікб} \cdot x_{ікб})}{\sum G_{ікб}}, \quad (5)$$

де $G_{ікб}$ – вага і-го елемента, касети з газовими балонами, Н;

$x_{ікб}$ – координата центра ваги і-го елемента по осі X.

- координата центра ваги касети з газовими балонами по осі Y:

$$y_{цв} = \frac{\sum (G_{ікб} \cdot y_{ікб})}{\sum G_{ікб}}, \quad (6)$$

де $y_{ікб}$ – координата центра ваги і-го елемента по осі Y.

- координата центра ваги касети з газовими балонами по осі Z:

$$z_{цв} = \frac{\sum (G_{ікб} \cdot z_{ікб})}{\sum G_{ікб}}, \quad (7)$$

де $z_{ікб}$ – координата центра ваги і-го елемента по осі Z.

Схема визначення координат центра ваги касети з газовими балонами показана на рис. 2.

Для оцінювання граничних кутів стійкості колісного трактора МТЗ-80 при його роботі на ПГ необхідно розглянути його рівновагу на підйомі, на ухилі та на поперечному ухилі.

На рис. 3 показана схема для визначення граничного статичного кута підйому колісного трактора МТЗ-80. Перекидання відбувається, коли передні колеса колісного трактора повністю розвантажуються і нормальна реакція $R_3=0$.

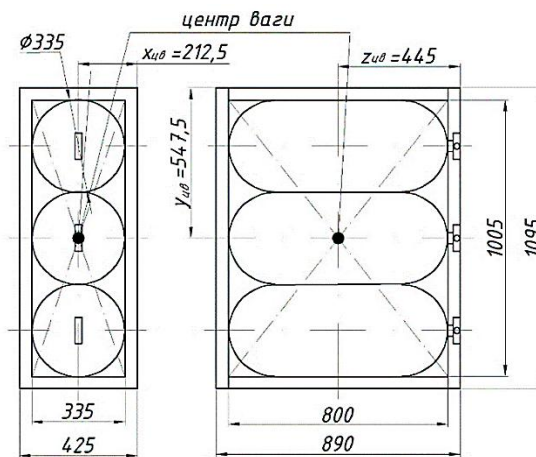


Рис. 2 – Координати центра ваги касети з газовими балонами

Граничний статичний кут підйому визначається за формулою:

$$\alpha_{нід} = \arctg \frac{G_m \cdot x_{цв} + G_{кб} \cdot x_{цвкб}}{G_m \cdot h_{цв} + G_{кб} \cdot h_{цвкб}}, \quad (7)$$

де G_m – сила тяжіння колісного трактора, Н;

$x_{цв}$ – горизонтальна поздовжня координата колісного трактора, мм;

$G_{кб}$ – сила тяжіння касети з газовими балонами, Н;

$x_{цвкб}$ – горизонтальна координата центра ваги касети з газовими балонами, мм;

$h_{цв}$ – вертикальна координата центра ваги колісного трактора, мм;

$h_{цвкб}$ – вертикальна координата центра ваги касети з газовими балонами, мм.

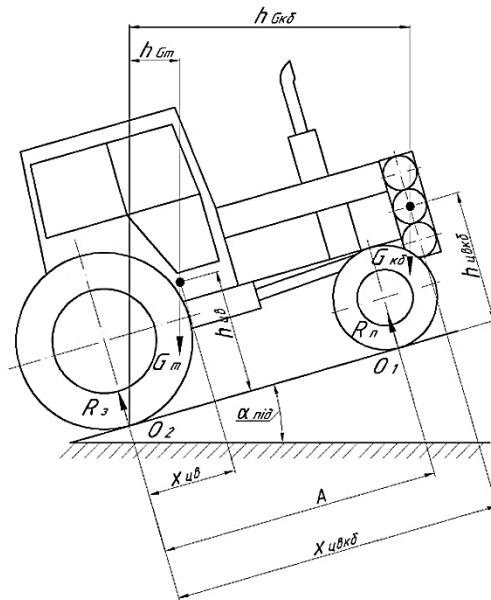


Рисунок 3 – Схема для визначення граничного статичного кута підйому колісного трактора МТЗ-80 з газовими балонами

Граничний статичний кут схилу визначається за формулою:

$$\alpha_{схил} = \arctg \frac{(G_m + G_{кб}) \cdot A - G_m \cdot x_{цв} - G_{кб} \cdot x_{цвкб}}{G_m \cdot h_{цв} + G_{кб} \cdot h_{цвкб}}, \quad (8)$$

де A – база колісного трактора, мм;

Граничний поперечний кут схилу визначається за формулою:

$$\beta_{схил} = \arctg \frac{0,5 \cdot B \cdot (G_m + G_{кб})}{G_m \cdot h_{цв} + G_{кб} \cdot h_{цвкб}}, \quad (9)$$

де B – колія колісного трактора, мм;

Вирази (7), (8), (9) дозволяють визначити граничні статичні кути стійкості колісного трактора МТЗ-80 при роботі на ПГ. Також за допомогою цих виразів визначались граничні статичні кути стійкості колісного трактора без касети з газовими балонами. Результати розрахунків граничних статичних кутів стійкості колісного трактора показані на рис. 4.

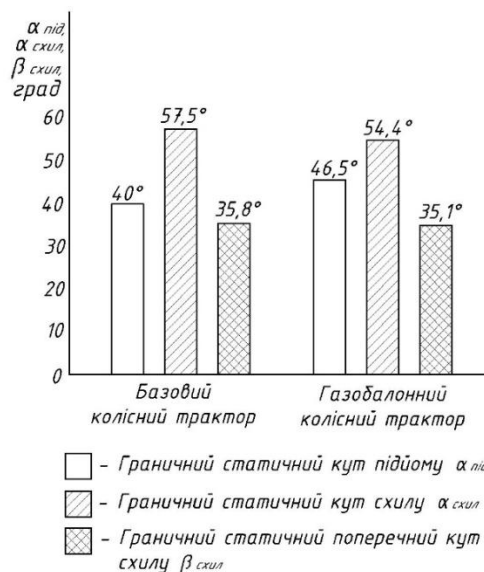


Рисунок 4 – Результати розрахунків параметрів стійкості колісного трактора МТЗ-80

З рис. 4, видно, що на поздовжньому підйомі в колісного трактора МТЗ-80 з встановленим газобалонним обладнанням збільшується граничний статичний кут підйому на 14 % з 40° – базовий колісний трактор до $46,5^{\circ}$ в газобалонного. На поздовжньому схилі граничний статичний кут схилу зменшується в порівнянні з базовим на 5,2 %, з $57,5^{\circ}$ до $54,4^{\circ}$. На поперечному схилі в колісного трактора з газобалонним обладнанням граничний статичний поперечний кут схилу також зменшується на 2 %, з $35,8^{\circ}$ до $35,1^{\circ}$.

Висновки. Таким чином, встановлення газобалонного обладнання на колісному тракторі МТЗ-80 в його передній частині не призведе до значних змін параметрів стійкості. Всі граничні статичні кути стійкості відповідають технічним вимогам до трактора МТЗ-80, які мають бути не менше 35° . Встановлення касети з газовими балонами в передній частині трактора не збільшує габарити трактора по висоті, що дозволить безперешкодний заїзд в ворота ферм, теплиць, складів та інших сільськогосподарських споруд.

Література

1. Луканин В.Н. Сравнительный анализ конвертации жидкотопливных двигателей в двигатели, питаемые природным газом / В.Н. Луканин, А.С. Хачиян, В.Е. Кузнецов // Экология двигателей и автомобиля. – М.: НАМИ. – 2001. – С. 97–103.
2. Лютко В. Применение альтернативных топлив в ДВС / В. Лютко, В.Н. Луканин, А.С. Хачиян. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 331 с.
3. Основенко Н.Е. Газобаллонный трактор / Н.Е. Основенко, Ю.В. Сиянко, А.Е. Попов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1992. – № 10. – С. 25–27.
4. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: монографія / В.П. Матейчик. – К.: НТУ, 2006. – 216 с.
5. Бганцев В.Н. Газовый двигатель на базе четырёхтактного дизеля общего назначения / В.Н. Бганцев, А.М. Левтеров, В.П. Мараховский // Мир техники и технологий. – 2003. – №10. – С. 74–75.
6. Абрамчук Ф.И. Опыт конвертации дизелей в газовые двигатели с искровым зажиганием / Ф.И. Абрамчук, А.М. Лавтеров // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2008. – №21. – С.86–92.
7. Гайворонский А.И. Перевод дизеля КАМАЗ–740,13–260 на газовое топливо / А.И. Гайворонский, Г.С. Савельев // Грузовик. – 2006. – №6. – С. 16–20.
8. Загородских Б.П. Устойчивость трактора РТМ-160 при работе в газодизельном цикле / Б.П. Загородских, Ю.А. Коцар, В.В. Володин, И.Д. Нагматулин, И.М. Коростышевский // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – №3 (21). – С. 45-46.
9. Савельев Г.С. Сельскохозяйственные тракторы, работающие на метане / Г.С. Савельев, А.Д. Шапкайтц, В.В. Подосинников, А.А. Медведев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – №5 (35). – С. 7–13.
10. Савельев Г.С. Технологии и технические средства адаптации автотракторной техники к работе на альтернативных видах топлива: автореф. дис. на соискание наук докт. техн. Наук / Г.С. Савельев. – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии. – 2011. – 43 с.
11. Тракторы сельскохозяйственные. Определение положения центра тяжести: ГОСТ 30750-2001 (ИСО 789-6-82). Введ. 01.11.2001. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 10 с. – (Межгосударственный стандарт).

Стаття надійшла до редакції 06.05.2016