

EXPERIMENTAL DETERMINATION THE COORDINATES OF MASS CENTER OF AN AGRICULTURAL ROBOT⁷

Prof. Rosen Ivanov, DcS

Department of Engines and vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: +359 82 888527
E-mail: rossen@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Georgi Kadikyanov, PhD

Department of Engines and vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: +359 82 888526
E-mail: gkadikeyanov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Gergana Staneva, PhD

Department of Engines and vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: +359 82 888526
E-mail: glstaneva@uni-ruse.bg

Assist. Iliyana Minkovska, PhD

Department of Engines and vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: +359 82 888526
E-mail: iminkovska@uni-ruse.bg

PhD. Stud. Georgi Ivanov,

Department of Agricultural Mechanization,
Agricultural University Plovdiv
Tel.: +359 882 447 568
E-mail: georgi.ivanov@rapidkb.com

Abstract: *The change of coordinates of the centre of gravity of a vehicle is a key factor in the loss of stability in motion. A standard methodology was used to determine the coordinates of the centre of gravity by lifting and measuring the forces acting on a robot intended for agricultural activities. The values of the center of gravity are determined experimentally according to the established methodology of cars.*

Keywords: Mass Centre, Terrain, Robot, Agriculture

JEL Codes: L62

ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременното земеделие започват да се използват все повече технологии, които налагат използването на автономни машини за извършването на различните операции. В обществото тези машини са познати с името – „земеделски роботи”. Поради особеностите на терените на земеделските площи, а именно че понякога тези терени са пресечени, земеделските роботи могат да представляват опасност хора в близост до тях или за апаратурата, с която са оборудвани, ако възникне загуба на устойчивост (Moroney, P., Doyle,

⁷ Докладът е представен на научна сесия на 27 октомври 2023 с оригинално заглавие на български език: ОПИТНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА КООРДИНАТИТЕ НА ЦЕНТЪРА НА ТЕЖЕСТТА НА ЗЕМЕДЕЛСКИ РОБОТ

М., & Mealy K., 2002). Земеделските работи обикновено се разработват на базата на вседеходи, които се използват за спорт и забавления (Gustafsson, T., & Eriksson A., 2013).

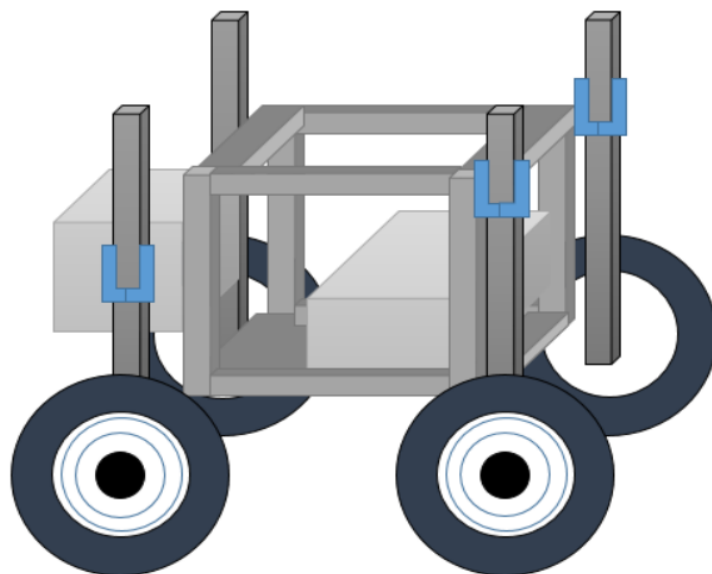
Подобно на вседеходите, възникването на инциденти, обикновено се поражда от загуба на устойчивост при различни пътни условия и терени (Minkovska, I., 2016.) Това налага проучвания относно устойчивостта на земеделските работи, предназначени за движение по различни терени и условия, както и влияещите им фактори. Центъра на тежестта влияе на устойчивостта. В случай на изместване на центъра на тежестта, поради различни оборудвания на земеделския робот, устойчивостта на превозното средство в различни експлоатационни условия се променя.

Целта на настоящото изследване е опитно да се определи хоризонталната и вертикалната координати на центъра на тежестта на робот предназначен да извършва земеделски дейности.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Опитно определяне на координатите на центъра на тежестта на робот предназначен за селско стопански дейности

Според (Minkovska, I., 2016.), основните проблеми при управление на транспортни средства по пресечени терени или пътища извън републиканската пътна мрежа се оказва че са свързани с устойчивостта. Те могат да бъдат: унасяне, преобръщане и свличане (Angelov, B., 1996). Проучванията (Ivanov R., Roussev, R. & Ilchev P., 2006, 2007) показват още, че инциденти или предпоставки за такива са се случвали при движение в завой. Загубата на устойчивост при земеделските работи най-често може да бъде изразена с унасяне и преобръщане на страни.



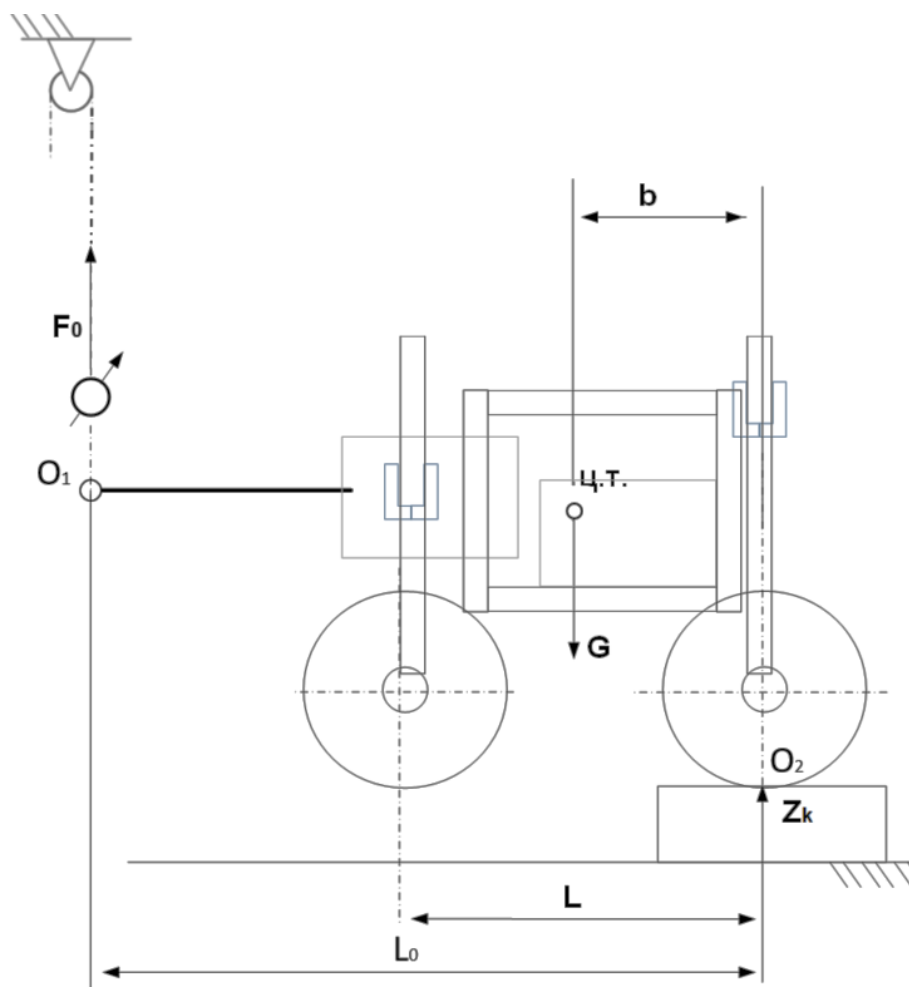
Фиг. 1. Общ вид на изследвания робот за земеделски дейности

Опитите са осъществени в лабораторни условия на територията на Русенски университет. Измерванията на за определянето на центъра на тежестта на робота са проведени, след като е снабден с всички необходими компоненти за нормална работа.

Чрез определяне на точните координати на центъра на тежестта (ц.т.) и неговото изместване в следствие на промяна на разположението на масата може да се определи как влияе на устойчивостта.

Използваната апаратура за измерване на силата на тежестта при определянето на координатите на центъра на тежестта е показана на фиг. 2. Силата на тежестта се измерва с тензометричен сензор с метален S-образен елемент с отслабено сечение. Точността му е $\pm 1\text{N}$. За определяне на надлъжната координата на ц.т. "b" под задните колела на робота се

поставя платформа с не голяма височина (до 30 mm). Задните колела по отношение на посоката на движение се застопоряват, за да не се въртят, както и допълнителни съоръжения осигуряващи неподвижна позиция на машината. Предната част се повдига с кран и подвижна стрела, така че робота да заеме хоризонтално положение. Въжето за повдигане винаги остава вертикално, като се самонагажда.



Фиг. 2. Графично представяне на уредбата за опитното определяне на надлъжната координата на центъра на тежестта.

Силата F_0 , приложена в точката на повдигане, се измерва с помощта на апаратурата (тензометричен сензор), включена в повдигащото въже. Надлъжната координата на центъра на тежестта се определя от условието за равновесие на робота спрямо т. O_2 по формулата

$$b = \frac{F_0 L_0}{G}, m, \quad (1)$$

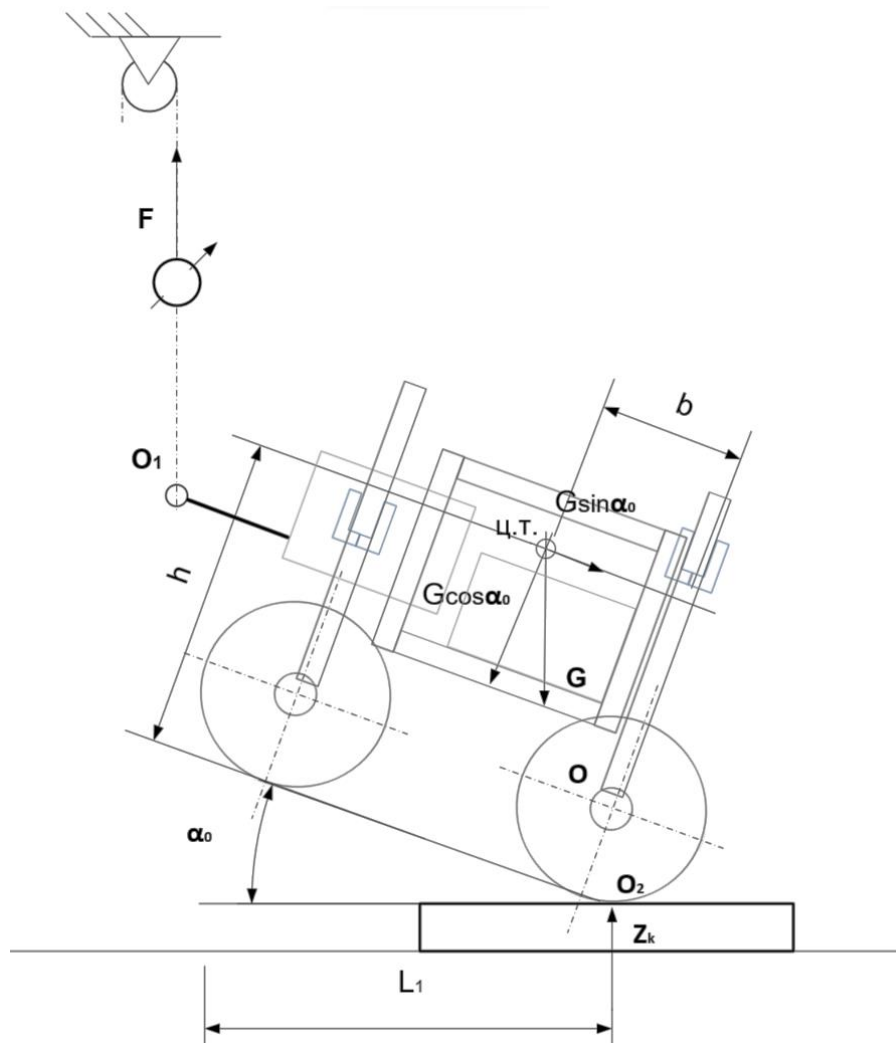
където L_0 е разстоянието от т. O_1 до оста на движещите колела, m ; G – силата на тежестта на трактора, kN .

За определяне на вертикалната координата на центъра на тежестта на робота предната част се повдига така, че робота да заеме наклонено положение спрямо хоризонталата под ъгъл $\alpha_0 = 20^\circ$. С помощта на измервателната апаратура от фиг. 2 се измерва силата F , приложена в точката на повдигане O_1 . Ъгълът на повдигане α_0 се измерва с помощта на ъгломер, монтиран надлъжно на машината. Височината h на ц.т. се определя от условието за равновесие на трактора спрямо т. O по формулата

$$h = r_K + \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha_0} - \frac{F L_1}{G \sin \alpha_0}, m, \quad (2)$$

където r_K е статичният радиус на движещите колела на трактора, m ; L_1 – разстоянието по хоризонталата от т. O_1 до оста на движещите колела, m .

Силата на тежестта G се определя, чрез претегляне на робота с помощта на измервателната апаратура от фиг. 2. Схемата на опитната установка за определяне на вертикалната координата на ц.т. е показана на фиг. 3.



Фиг. 3. Графично представяне на уредбата за опитното определяне на вертикална координата на центъра на тежестта.

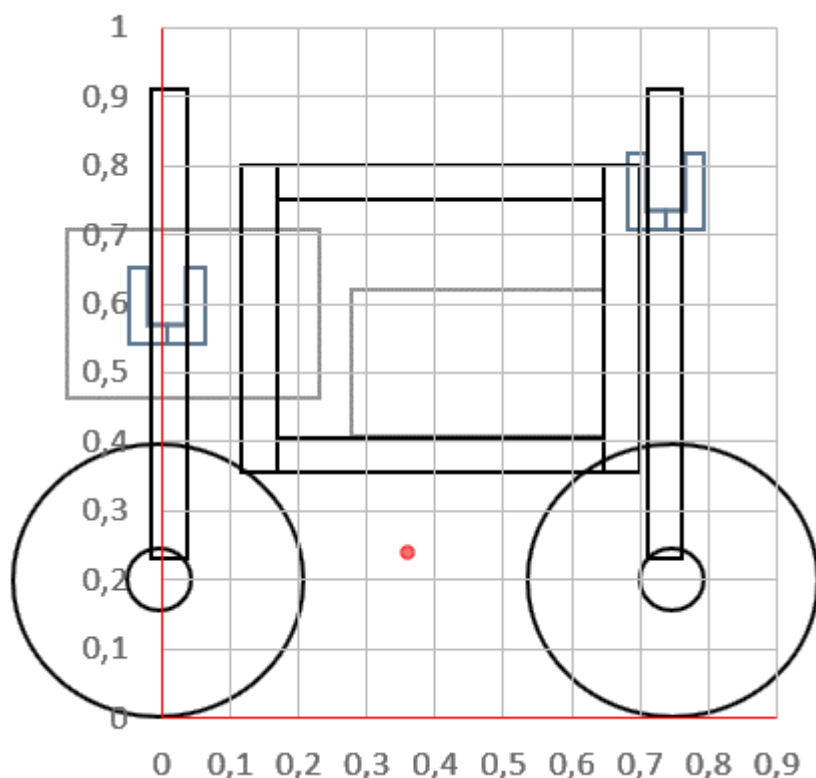
Представяне на получените резултати

Получените резултати от опитното определяне на центъра на тежестта на робот за земеделски дейности са обработени и представени таблично в табл.1 и графично на фиг. 4, като в таблицата са посочени основните параметри, необходими за определянето на координатите на центъра на тежестта.

Таблица 1. Резултати от опитно определяне координатите на центъра на тежестта

	G	F_0	F	B	H	F^*	b^*	h^*
	N	N	N	m	m	N	m	m
РОБОТ	1,066	0.402	0.368	0.36	0.24	0.368	0.33	0.21

Графично представяне на резултатите



Фиг. 4. Графично представяне на резултатите от опитното определяне на центъра на тежестта.

Мястото на центъра на тежестта представено на фиг. 4 е обозначено с червена точка, отговаряща на съответната стойност на хоризонталната и вертикалната координати. От графиката показана на фигурата се вижда, че точката на центъра на тежестта се намира в средната част на робота в надлъжно направление и ниско спрямо височината на робота.



Фиг. 5. Опитно определяне на центъра на тежестта на селскостопански робот в лабораторни условия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

След провеждане на опитите и анализиране на получените резултати е представена схематично позицията на центъра на тежестта. Определени са хоризонталната и вертикалната координати на центъра на тежестта. Тези резултати ще послужат за анализиране на устойчивостта при движение по различни терени на робота, предназначен да извършва земеделски дейности. От графиката показана на фиг. 4 се вижда, че положението на центъра на тежестта е в средната част на робота и е разположено ниско, в близост до

повърхността, което гарантира добри сцепни свойства, устойчивост при движение в завой, по път или терен с надлъжен или напречен наклон.

REFERENCES

Angelov, B. (1996). Regarding the influence of the distribution and size of the payload on the coordinates of the centre of gravity in automobiles, Veliko Tynovo, 50-54. (**Оригинално заглавие:** Ангелов, Б., 1996. Относно влиянието на разпределението и големината на полезния товар върху разположението на центъра на тежестта при леките автомобили. Велико Търново)

Gustafsson, T., & Eriksson, A. (2013). *Off-road vehicle fatalities: A comparison of all-terrain vehicle and snowmobile accidents in Sweden*. Sweden.

Ivanov R., Roussev, R. & Ilchev P. (2007). *The influence of the normal tire forces on the vehicle's critical speed*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, vol. 221, 13-23.

Ivanov R., Rusev, R. & Ilchev, P. (2006). *A laboratory investigation of tyre sliding grip coefficient*. Litvania, Research Journal" TRANSPORT", Vol 21, No3

Minkovska, I., (2016). Results of a statistical study of the ATV stability at moving in different operating conditions (**Оригинално заглавие:** Минковска, Ил. 2016. Резултати от статистическо изследване на устойчивостта на ATV при движение в различни експлоатационни условия Сб. Доклади на НТК "Транспорт, екология - устойчиво развитие")

Moroney, P., Doyle, M. & Mealy, K. (2002). *All-terrain vehicles—unstable, unsafe and unregulated a prospective study of ATV-related trauma in rural Ireland*. Ireland.