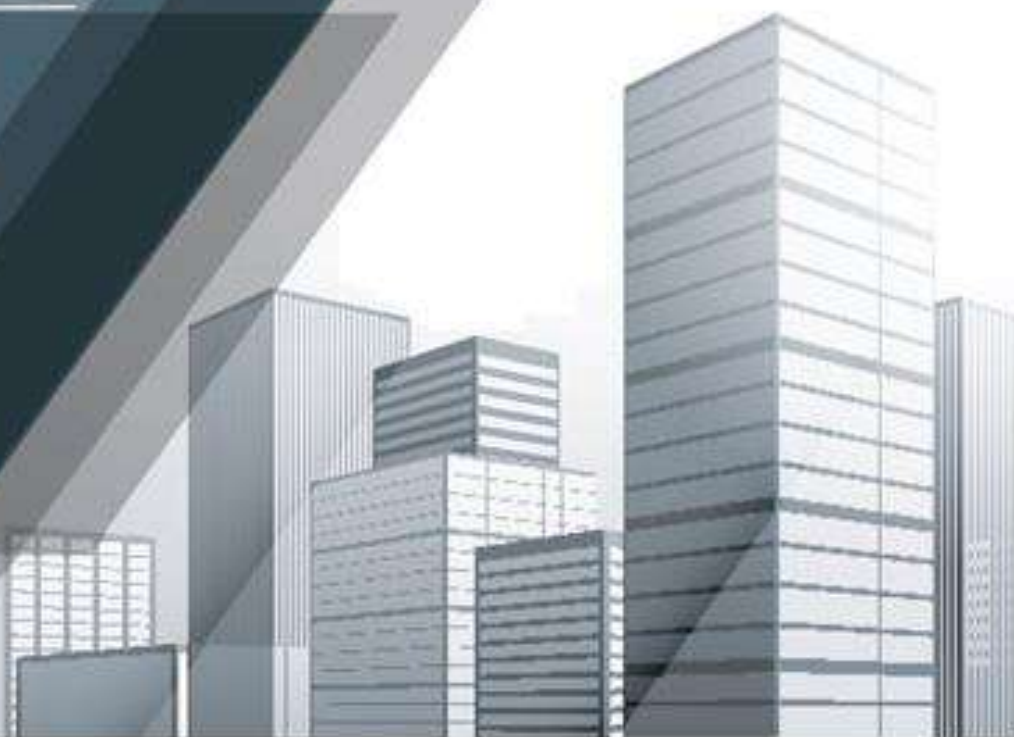


## **ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

**10-ї Міжнародної науково-технічної конференції**

**«ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ  
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ  
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»**



*20-22 листопада 2024 року, м. Харків*

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF RAILWAY TRANSPORT**

**Тези доповідей 10-ої Міжнародної  
науково-технічної конференції**

**«ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ  
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ  
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»**

**Abstracts of the 10th International Scientific and Technical Conference**

**«RELIABILITY AND DURABILITY OF RAILWAY TRANSPORT  
ENGINEERING STRUCTURES AND BUILDINGS»**

**Харків 2024**

**Kharkiv 2024**

**10-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 20-22 листопада 2024 р.: Тези доповідей. - Харків: УкрДУЗТ, 2024. - 225 с.**

**Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та будівельної галузі за трьома напрямками: залізниці, автомобільні дороги, промисловий транспорт і геодезичне забезпечення; будівельні конструкції, будівлі та споруди; будівельні матеріали, захист і ремонт конструкцій та споруд.**

**10th International Scientific and Technical Conference "Reliability and durability of railway transport engineering structures and buildings" Kharkiv, November 20-22, 2024: Abstracts. - Kharkiv: UkrSURT, 2024. - 225 p.**

**The proceedings include abstracts of presentations by researchers from higher education institutions in Ukraine and other countries, as well as representatives of enterprises in the transport and construction industries. The topics are organized into three main areas: railways, highways, industrial transport, and geodetic support; building structures, buildings, and facilities; and construction materials, including the protection and repair of structures and facilities.**

© Український державний університет залізничного транспорту, 2024

© Ukrainian State University of Railway Transport, 2024

- [3] Державний стандарт України. ДСТУ Б.В.2.1-3:2020 «Ґрунти. Вимірювання деформацій основ будинків і споруд». – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 35 с.
- [4] Кузьменко Т. І., Гончаренко О. В. Дослідження методів контролю точності вимірювань у будівництві. – Київ: Видавництво "Техніка", 2023. – 45 с.
- [5] Іваненко О. В., Сидоренко П. М., Гончарук Л. М. Геодезичний моніторинг у надзвичайних умовах // Журнал «Геодезія і картографія». – 2022. – № 4. – С. 24–30.
- [6] Михайленко І. П., Коваленко С. Г. Методика проведення геодезичних вимірювань при моніторингу будівель і споруд. – Київ: Мінрегіон України, 2020. – 38 с.
- [7] Державний стандарт України. ДСТУ Б.В.2.1-3:2020 «Ґрунти. Вимірювання деформацій основ будинків і споруд». – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 35 с.
- [8] Кузьменко Т. І., Гончаренко О. В. Дослідження впливу пошкоджень конструкцій на точність геодезичних вимірювань. – Журнал «Будівельні технології», 2023. – № 2. – С. 24–31.
- [9] Гончарук Л. М. Моделювання деформацій будівель на основі ітеративного підходу. – Київ: Видавництво "Техніка", 2023. – 42 с.

UDC 531.31, 632.548

## ANALYTICAL SOLUTIONS OF SIMPLIFIED EQUATIONS OF A MATERIAL POINT IN BALLISTICS PROBLEMS FOR TRAJECTORIES OF MOTION WITH AN ANGLE INCLINATION TO THE HORIZON CLOSE TO 90<sup>0</sup>

**A. Zadorozhnyi<sup>1</sup>, PhD (Tech.), O. Stakhovsky<sup>2</sup>, DSc (Tech.),  
Y. Chovnyuk<sup>3</sup>, PhD (Tech.), S. Buhaievskyi<sup>4</sup>, DSc (Tech.),  
O. Shutovskyi<sup>3</sup>, PhD (Tech.),**

<sup>1</sup>*Military Institute of Tank Troops of the National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute" (Kharkiv)*

<sup>2</sup>*National Defense University (Kyiv)*

<sup>3</sup>*Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

<sup>4</sup>*Kharkov National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

The problems of external ballistics of a material point are classical. Such classical models, reflecting the concept of representing the characteristics of a material point, have been traditionally taught in textbooks on theoretical mechanics for many years in the section on the dynamics of a material point. But the interest in the modern world in solving theoretical problems is related not only to the educational process, but also to practical application in various fields of human activity. The range of application of both theoretical and practical results in scientific activity is very diverse. The use of research activities in the direction of ballistics can include calculations of the flight of a fractional component of a concrete mixture in a concomitant air flow, which is used in surface shotcrete technologies, equipment for transporting and spraying various Newtonian and Bingham liquids, which has further promising development of special equipment for the construction, chemical, and agricultural industries. Promising development of the study of particle dynamics of spray jets during fire extinguishing, calculations of the flight trajectory of projectiles to increase the accuracy of shooting in military affairs and in many other areas. Problems of ballistics of a material point are considered in courses of theoretical

mechanics [1], as well as in the special literature [2-6]. Unlike known studies, it is of interest to solve problems of ballistics of a material point within the limits of simplified equations of motion for trajectories that are close to 90° relative to the horizon, but still smaller than this value, to apply an analytical approach (i.e., to find the solution of such a problem in quadratures). Due to this, it can significantly shorten the calculations of the parameters of the trajectory of the material point, in particular, its horizontal length, flight time, etc.

However, unlike the above cited sources of literature, in this study, as in [1], for solving simplified equations of motion of a material point in ballistics problems for trajectories close to the 90° angle, but smaller than this value, an analytical approach was used and the solution of approximate equations of motion corresponding to such trajectories was found in quadratures, which allows to significantly simplify the algorithm for calculating the parameters of the trajectory of motion of this type.

Substantiation of a physical-mechanical and mathematical model that can adequately describe the parameters and features of the motion of a material point-particle moving along a trajectory with an angle of inclination to the horizon close to 90°, when the resistance of the external environment (air) quadratic to the speed of its movement is taken into account. The results obtained in the work can be further used to improve and refine engineering calculation methods in problems of external ballistics of a material point taking into account the quadratic (in terms of speed) resistance of the air environment, in many branches of modern science and technology.

- [1] Кучеренко С.І., Бурлака В.В., Тищенко Л.М. та ін. Теоретична механіка. Навчальний посібник. – Харків: ХНТУСГ, 2012. 568с.
- [2] Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. Функция Ламберта в задачах баллистики материальной точки. – Харьков: Издатель Савчук А.О., 2013. 204с.
- [3] Балістика крапель, які випаровуються при польоті/За редакцією В.П. Ольшанського. – Харків: ХНТУСГ, 2007. 304с.
- [4] Заика П.М., Мельник В.И., Анисеев А.И. Свободное движение материальной точки в спокойной изотропной газообразной среде. Вестник НТУ «ХПИ»: Динамика и прочность машин. – Х.: НТУ «ХПИ», 2001. Вып. 25. С. 153-164.
- [5] Ловейкін В.С., Човнюк Ю.В., Дитюк А.І. Дослідження дальності польоту частинок твердих мінеральних добрив шляхом моделювання. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2009. Вип. 39. С. 82-90.
- [6] Ольшанский В.П., Дубовик О.А. Вопросы внешней баллистики огнетушащих веществ. – Харків: Митець, 2005. 236с.