

УДК 621.878 УДК 629.11

УМОВА СКИДАННЯ ҐРУНТУ З ОСНОВНОГО ВІДВАЛА АВТОГРЕЙДЕРА

Канд. техн. наук О. С. Саяпін, канд. техн. наук С. М. Камчатна,
М. О. Литвиненко, А. А. Хлистун

УСЛОВИЕ СБРАСЫВАНИЯ ГРУНТА С ОСНОВНОГО ОТВАЛА АВТОГРЕЙДЕРА

Канд. техн. наук А. С. Саяпин, канд. техн. наук С. Н. Камчатная,
М. А. Литвиненко, А. А. Хлыстун

**THE CONDITION OF SOIL THROW-OFF FROM THE MAIN MOTOR GRADER
BLADE**

Ph.D. O. Saiapin, S. Kamchatna, M. A Litvinenko, A. A. Khlistun

У статті розглянуто процес скидання ґрунту з основного косопоставленого відвала автогрейдера, проаналізовано дослідження закордонних і вітчизняних учених у даній сфері. Отримано нерівність, що описує умову скидання ґрунту з косопоставленого відвала автогрейдера, визначено чисельні величини максимально припустимої величини кута захвату, при якому починається ковзання всього об'єму ґрунту з переміщенням його по відвалу в горизонтальній площині перпендикулярно до поздовжньої осі машини.

***Ключові слова:** кут захвату, косопоставлений відвал, математична модель роботи автогрейдера, скидання ґрунту, сили, що діють на ґрунт.*

В статье рассмотрен процесс сбрасывания грунта с основного косопоставленного отвала автогрейдера, проанализированы исследования зарубежных и отечественных ученых в данной области. Получено неравенство, описывающее условие сбрасывания грунта с косопоставленного отвала автогрейдера, определены численные величины максимально допустимой величины угла захвата, при котором начинается скольжение всего объема грунта с перемещением его по отвалу в горизонтальной плоскости перпендикулярно продольной оси машины.

Ключевые слова: *угол захвата, косопоставленный отвал, математическая модель работы автогрейдера, сбрасывание грунта, силы, действующие на грунт.*

The article considers the process of soil throw-off from the main oblique motor grade blade and the researches of home and foreign scientists in the given field have been analyzed. The inequation describing the condition of soil throw-off from oblique motor grade blade has been obtained, numerical values of maximum allowable nip angle magnitude at which slipping of all the amount of soil with its movement on a blade in horizontal plane perpendicularly to longitudinal axis of a car starts have been determined.

Key words: *nip angle, oblique blade, mathematical model of motor grader work, soil throw-off, forces affecting soil.*

Вступ. Для оптимізації роботи автогрейдера при провадженні робіт з улаштування залізничного земляного полотна необхідно виставляти основний відвал машини під визначеним кутом. Тому при розгляданні процесу скидання ґрунту з основного косопоставленого відвала автогрейдера необхідно враховувати взаємодію робочого органу з ґрунтом і взаємодію колісного руху з опорною поверхнею. У даній статті наведено розрахунки, за допомогою яких отримано нерівність, що описує умову скидання ґрунту з косопоставленого відвала автогрейдера, визначено чисельні величини максимально припустимого кута захвату, при якому починається ковзання всього об'єму ґрунту, який переміщується по відвалу в горизонтальній площині перпендикулярно до поздовжньої осі машини, для розробки ґрунтів з різними значеннями коефіцієнта тертя ґрунту по металу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питаннями оптимізації роботи землерійно-транспортних і землерійних машин займаються такі вчені, як Кононов О.А., Волков Д.П., Тепляков І.М., Ульянов Н.О. [1-4, 7, 8] та багато інших

науковців. На даний момент для оптимізації роботи автогрейдера при провадженні робіт зі спорудження земляного залізничного полотна розроблено різноманітні технологічні карти і пропонуються різні кути, під якими виставляються основний і допоміжний відвали. У даній статті наведено розрахунки та математичну модель, яка описує взаємодію масиву ґрунту, який утворюється під час розробки ґрунту, з поверхнею відвала автогрейдера, що дозволяє виставляти основний відвал машини під визначеним кутом.

Основний матеріал досліджень. Теоретичний розгляд роботи автогрейдера в тяговому режимі може бути представлено як опис двох основних явищ: взаємодія робочого органу з ґрунтом, який розробляється, і взаємодія колісного руху з опорною поверхнею. Можливість уточнення математичної моделі роботи автогрейдера з погляду урахування кута зарізання й визначення місця розташування точки прикладання рівнодіючих сил опору різанню ґрунту при копанні з різанням наведена в роботі [1]. У роботі [2] отримано деякі співвідношення, що дозволяють уточнити математичну модель

автогрейдера при розробці ґрунту основним косопостваленим відвалом з позиції місця розташування точки прикладання рівнодіючих сил опору переміщенню ґрунтами сил опору ковзанню ґрунту по відвалу.

При розробці ґрунту основним (косопостваленим) відвалом автогрейдера, як правило, відбувається не тільки відділення ґрунту від масиву, але й відведення його в бічний валик. Тому досить значним моментом є окремий докладний розгляд процесу скидання ґрунту з косопостваленого відвала

автогрейдера. На ґрунт, переміщуваний перед робочим органом під час руху машини в тяговому режимі, діють одночасно сила тертя $F_{тр}$, N , і сила скочування $F_{ск}$, N .

Схема розкладання сил, що діють на ґрунт, який переміщується перед відвалом автогрейдера, показано на рис. 1. Слід зазначити, що в даному розгляді не беруть участь сили опору різанню, опору ковзанню ґрунту по відвалу й опір переміщенню ґрунту, тому що їхню дію будемо вважати скомпенсованим силою тяги, яка створюється на робочому органі.

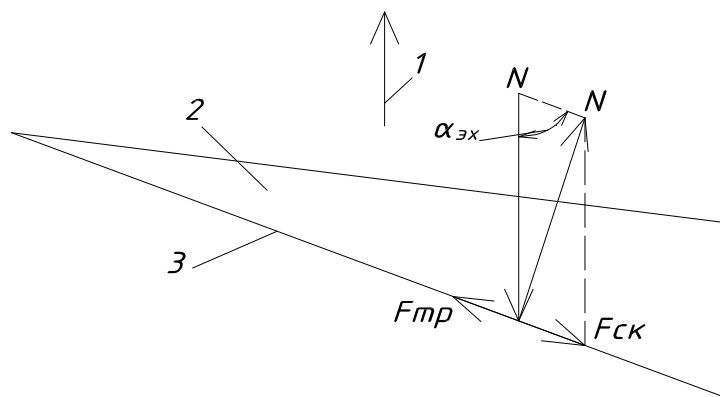


Рис. 1. Схема розкладання сил, що діють на переміщуваний перед відвалом автогрейдера ґрунт: 1 – напрямок руху автогрейдера; 2 – ґрунт; 3 – косопоствалений відвал

Сила тертя визначається за класичною формулою:

$$F_{тр} = \mu \times N_1, \quad (1)$$

де μ – коефіцієнт тертя;

N_1 – сила нормальної реакції опори (у цьому випадку відвала), N .

Сила скочування може бути знайдена (відповідно до рис. 1) з добутку

$$F_{ск} = N \times \cos \alpha_{εх}, \quad (2)$$

де N – сила, що діє на переміщуваний ґрунт у результаті руху машини, N ;

$\alpha_{εх}$ – кут захвату відвала, град.

Скидання ґрунту ковзанням усього вирізаного об'єму по відвалу буде здійснюватися за умови $F_{ск} > F_{тр}$. Таким чином, має виконуватися нерівність

$$N \times \cos \alpha_{εх} > \mu \times N_1. \quad (3)$$

З рис. 1 очевидно, що $N_1 = N \times \sin \alpha_{εх}$.

Тоді в результаті математичних перетворень одержимо формулу для умови скидання ґрунту:

$$\alpha_{εх} < \text{arcctg } \mu. \quad (4)$$

Для коефіцієнта тертя в розрахунках використовуються такі діапазони [3]:

- для тертя переміщуваного перед відвалом ґрунту по ґрунту $\mu = 0,5-0,7$;
- для тертя ґрунту по металу $\mu = 0,35-0,6$.

У нашому випадку більш цікавим представляється використання коефіцієнта тертя ґрунту по металу, що дозволяє за допомогою прирівнювання лівої й правої частин виразу (4) одержати чисельні значення кута захвату $\alpha_{Ех}$, які відповідають умові початку скидання ґрунту з косопоствавленого відвала автогрейдера. На рис. 2 наведено залежність максимально припустимого кута захвату, при якому починається ковзання переміщуваного ґрунту по відвалу, від коефіцієнта тертя ґрунту по металу.

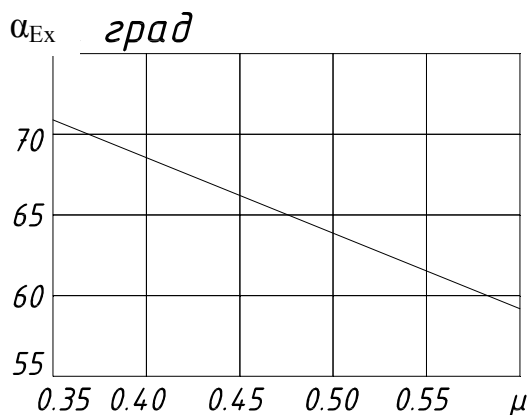


Рис. 2. Залежність максимально припустимого кута захвату, при якому починається ковзання переміщуваного ґрунту по відвалу, від коефіцієнта тертя ґрунту по металу

Як впливає з рис. 2, для ґрунтів (наприклад, умовно сипких з малою в'язкістю й вологістю) з низьким

коефіцієнтом тертя по металу скидання ковзанням по відвалу буде відбуватися при $\alpha_{Ех} < 70,71^\circ$, а з високим коефіцієнтом тертя по металу (наприклад, умовно в'язкий ґрунт) – при $\alpha_{Ех} < 59,04^\circ$.

Слід особливо зазначити, що скидання ґрунту в бічний валик можливий і при більших значеннях кута захвату, але в таких випадках він відбувається не в результаті ковзання всієї маси ґрунту по відвалу, а в результаті надлишкового набору піраміди [2, 4] ґрунту переміщення окремих частинок вирізаного об'єму без постійного зіткнення з відвалом і подолання сили тертя, обумовленої через коефіцієнт тертя ґрунту по ґрунту. Підтвердженням цьому може служити приклад розробки ґрунту відвалом при $\alpha_{Ех} > 90^\circ$ (коли піраміда перетворюється в призму [4] і переходимо до традиційної моделі), тому що навіть у варіанті $\alpha_{Ех} = 90^\circ$ з кінців відвала відбувається скидання надлишкового ґрунту, не пов'язане з ковзанням усього обсягу по відвалу в горизонтальному напрямку перпендикулярно до поздовжньої осі машини.

Висновки з дослідження й перспективи, подальший розвиток в даному напрямі. Отримано нерівність, що описує умову скидання ґрунту з косопоствавленого відвала автогрейдера.

Визначено чисельні величини максимально припустимого кута захвату, при якому починається ковзання всього об'єму переміщуваного ґрунту по відвалу в горизонтальній площині перпендикулярно до поздовжньої осі машини, для розробки ґрунтів з різними значеннями коефіцієнта тертя ґрунту по металу.

Список використаних джерел

1. Кононов, А. А. Уточнение математической модели автогрейдера при разработке грунта основным отвалом [Текст] / А. А. Кононов // Изв. вузов. Строительство. – 2006. – № 7. – С. 92-97.
2. Кононов, А. А. К вопросу моделирования работы автогрейдера при разработке грунта основным отвалом [Текст] / А. А. Кононов // Изв. вузов. Строительство. – 2006. – № 5. – С. 45-51.
3. Волков, Д. П. Машины для земляных работ [Текст]: учеб. для вузов / Д. П. Волков, В. Я. Крикун, П. Е. Тотолин [и др.]; под общ. ред. Д. П. Волкова. – М.: Машиностроение, 1992. – 448 с.
4. Тепляков, И. М. О разработке грунта основным отвалом автогрейдера [Текст] / И. М. Тепляков, А. В. Василенко, В. И. Енин [и др.] // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления: межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж: ВГЛТА, 2005. – С. 119-122.
5. ДБН В.2.8-12-2000. Будівельна техніка. Типові норми витрат пального і змашувальних матеріалів для експлуатації техніки в будівництві [Текст]: Затв. Держбуд України, наказ №9 від 12.01.2000 р. – К., 2000. – 62 с.
6. ДСТУ 3313-96. Автогрейдери. Термины и определения [Текст]. – К., 1996. – 38 с.
7. Ульянов, Н. А. Колесные движители строительных и дорожных машин [Текст] / Н. А. Ульянов. – М.: Машиностроение, 1982. – 279 с.
8. Kosolapov A.I., Kaderov M.Y., Kosolapova, S.A. Hybrid mining technology for marble deposit under severe climate conditions // Gornyi Zhurnal, Volume 2016, Issue 3, P. 33-37. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84964374809&origin=inward&txGid=A6CB598CC4D1CCAB34141FEB3BAED4ED.wsnAw8kcdt7IPYLO0V48gA%3a2#>.

Саяпін Олександр Сергійович, канд. техн. наук, доцент кафедри колії та колійного господарства Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-04. E-mail: sayapin09@ukr.net.

Камчатна Світлана Миколаївна, канд. техн. наук, доцент кафедри колії та колійного господарства Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-67. E-mail: kamchatnayasn@gmail.com.

Літвиненко Михайло Олександрович, магістр групи 30-VII-3См Українського державного університету залізничного транспорту.

Хлисту́н Анато́лій Анато́лійович, магістр групи 30-VII-3См Українського державного університету залізничного транспорту.

Saiapin Oleksandr, Ph.D., Associate Professor of «Track and Track Facilities» department, Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: sayapin09@ukr.net.

Kamchatna Svitlana, Ph.D., Associate Professor of «Track and Track Facilities» department, Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: kamchatnayasn@gmail.com.

Litvinenko Mukhailo, master Ukrainian State University of Railway Transport.

Khlistun Anatoly., master Ukrainian State University of Railway Transport.

Стаття прийнята 01.11.2016 р.