МОДЕЛИРАНЕ НА БУЛДОЗЕРНО ГРЕБЛО В ЗАВИСИМОСТ ОТ ФУНКЦИОНАЛНИ И ПРОИЗВОДСТВЕНИ ИЗИСКВАНИЯ

гл. асистент д-р Николай Рачев

Технически Университет - София

кат. „Основни и технически средства за конструиране“

Резюме. Профилът и формата на булдозерното гребло са от съществено значение за правилната работа на машината. Съществуват различни приложения на греблата, което обуславя техните работните натоварвания и производителност и поставя специфични изисквания към геометричните, кинематичните и силовите им характеристики. Геометричните параметри на греблото играят важна роля за оптималното му използване в различни производствени и почвени условия. В работата е предложен геометричен анализ на булдозерно гребло с цел предотвратяването на евентуални усложнения на функционалността и работните натоварвания на машината.

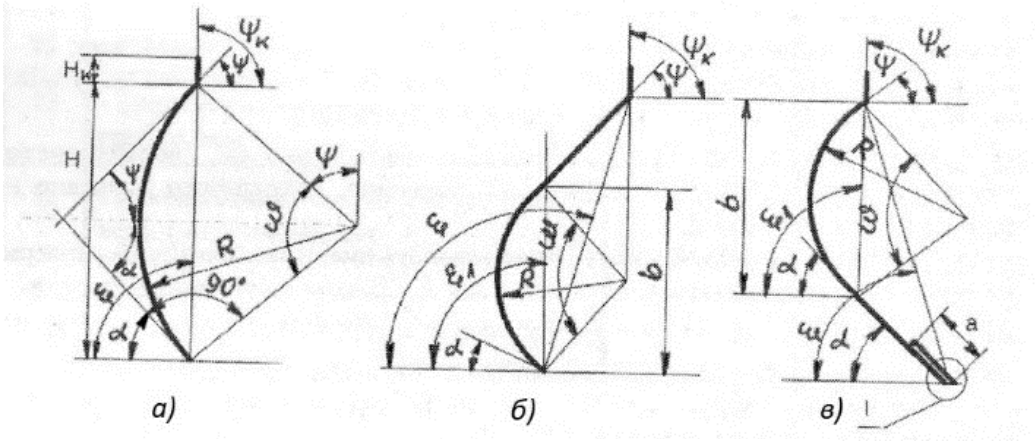
Ключови думи: булдозерно гребло, профил, геометрични параметри

1. Увод

Известни са различни видове профили на булдозерни гребла, разработени за изпълнение на конкретни строителни, земекопни и послойни работи при различни видове почви (Xia, 2008), (Jere, 2026), (You, 2022). Разработеният (Kim, 2019 vol. 23(7)) тримерен модел позволява да се предвиди посоката на движение на материала при разстилане, начина на врязване на режещия ръб на греблото, при преместване на обем почва и др. Различни геометрични форми (Abdeldayem, 2024), (Hirayama, 2019) са прилагани за симулиране на процеса на рязане и преместване на почвата. Ъглите на рязане и сместване на почвата по височина са от съществено значение за ефективната му работа (Kim, 2019 vol. 106).

Най-често използваните профили и геометрия на булдозерните гребла са представени на фиг. 1 (Панов, 2009). Профил *а*) е за завъртащи се гребла, профил *б*) - за

преместване на голям обем почва, профил *в*) е предвиден за работа на булдозера чрез по-малко триене по време на влачене на почвата по земната повърхност. Стойностите на ъглите, които се прилагат за изчертаването на профила, са описани в табл. 1. Дължината на греблото (Данчев, 1990) се избира в диапазона от 3 до 4-ри пъти височината му, като в настоящата работа не се разглежда по-подробно този параметър на греблото. Също така към профила се добавя т. нар. козирка, чрез която се постига по-голям обем влачена пред булдозера почва. Допуска се допълнително изменение на някои от геометричните параметри на профила на греблото, но това вече се извършва в зависимост от спецификата на приложението на машината и допълнителните прикачни устройства, които могат да бъдат използвани по време на работата ѝ (Abdeldayem, 2025).



Фиг.1 - Форма на греблото.

Необходимостта от разработване на различни профили на греблото се налага заради технологичното изменение и развитие на този тип машини. За пример, през последните 2 - 3 десетилетия, кинематичното задвижване на греблото зависи

Символи и означения	
α	ъгъл на рязане на почвата
ε	ъгъл на наклон на профила
ψ	ъгъл на наклон на върха
$\psi_к$	ъгъл на наклон на козирката
H	височина на греблото
R	радиус на кривина на профила
H_k	височина на козирката
ω	централен ъгъл
b	височина на дъгата

допълнително от верижното задвижване на машината[1]. На фиг. 1 не е показан режещия нож на греблото.

2. Основни зависимости за изчертаване на булдозерното гребло

Радиусът на дъгата на профила се определя чрез:

$$R = (0{,}8 \div 0{,}9)\, H\,. \qquad (1)$$

Височината на гребло се избира в зависимост от номиналната теглителна сила на булдозера, а централния ъгъл се определя чрез:

$$\omega = 2\, arcsin \frac{b}{2\, R}, \qquad (2)$$

където височината на дъгата b се избира така че дъгата да бъде образувана спрямо вертикалната ос, както е показано на фиг. 1.

3. Цел

Целта на настоящата работа е да се предложи един геометричен подход за рационализиране на профила на булдозерното гребло, за постигане на по-голяма ефективност при конкретното му приложение.

4. Разработване на модел на булдозерно гребло

Обикновено влачената пред греблото почва се представя като призма, чрез която се определя нейния обем[2]. Нейните геометрични размери, зависят от профила и размерите на греблото.

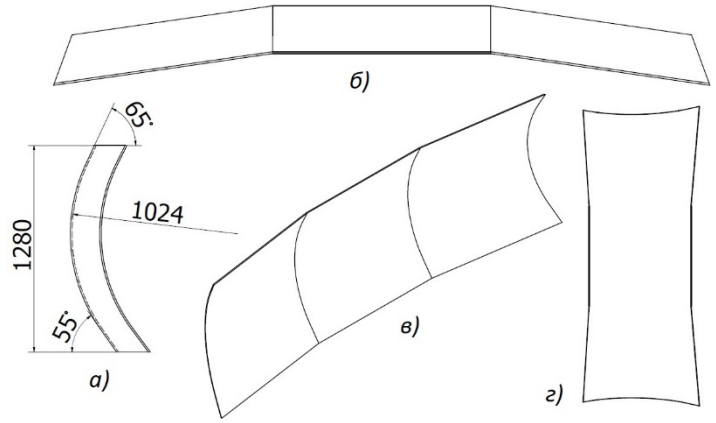
Таблица 1 - Стойности на геометричния профил на греблото

$\alpha=55^0$
$\varepsilon=75^0$
$\psi=65^0$
$\psi_к=90^0$

Разработен е геометричен модел на полууниверсално булдозерно гребло[1], което е с обща височина 1747 mm. Моделът е разработен на базата на гребло на булдозер тип CAT D8[1], но с известни изменения съобразени с теоретичните изисквания за оформяне на греблото, според условията на работа на машината. Конкретно, профилът на модела на греблото е с височина 1280 mm, без режещия нож и козирката. Радиусът на дъгата на профила е избран 1024 mm. Ширината на греблото е 4042 mm.

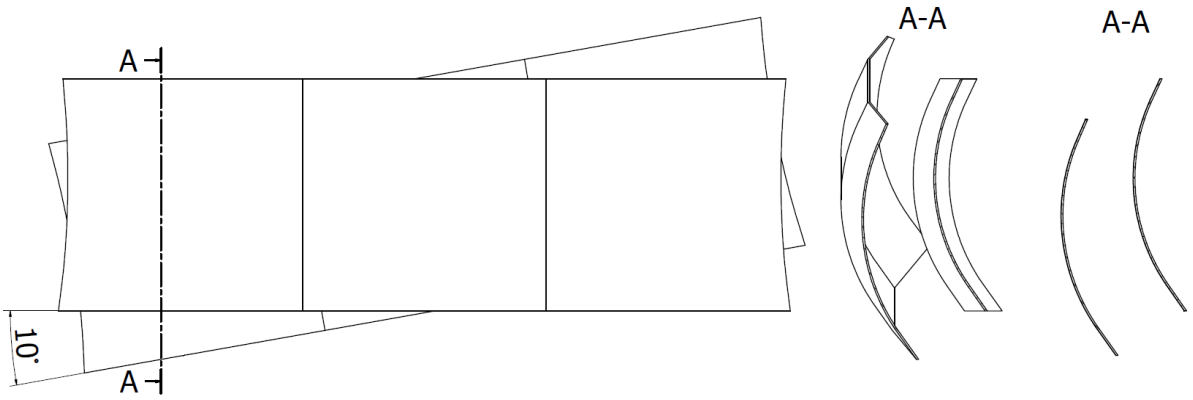
На фиг. 2 е представен модела на профила на греблото[3] с посочените размери, като изглед *а*) показва профила на греблото - страничен изглед, *б*) - поглед отгоре, *в*) - общ вид, *г*) - разгъвка.

Чрез изменение на стойностите на някои от параметрите, лесно може да се постигне профил на греблото, който до известна степен да замести първите два или първият и последният тип профили, показани на фиг. 1.



Фиг.2. Модел на греблото.

Поради изложените по-горе особености на работа на булдозерите, голям интерес би предизвикал и завъртането на греблото около оста на движение на булдозера. На фиг. 3 е представен разрез и сечение на завъртане на греблото в надлъжна посока. Тя показва евентуалното изменението на движение на почвата по профила на греблото, по време на работа на машината, при различни позиции на завъртане му.



Фиг.3. Разрез и сечение на греблото при завъртане в надлъжна посока.

При останалите видове профили на булдозерното гребло (фиг. 1 *б* и *в*) е възможно да се постигне минимално изменение на профила при завъртането му. Така ще се

постигне максимална ефективност на работа на машината, според възможностите ѝ предвидени на етап проектиране. Също така, това изменение на профила влияе и на натоварващите усилия, породени в работното съоръжение на машината. Предварителният геометричен анализ спомага за предотвратяване на непредвидени натоварвания, изменения в правилната работа и непредвидена функционалност на машината.

Изводи и обобщения

1. Развитието на съвременните булдозери изисква изменението на профила на греблото му, така че да отговори едновременно на по-голям брой технологични изисквания, които определят ефективността на работа на машината.
2. Създаденият геометричен модел позволява да се направи предварителен геометричен анализ на греблото с цел повишаването на неговата ефективност, при конкретни приложения.
3. Разгъвката на основната част на греблото предопределя начина на производството му.
4. Установено е, че минималното изменение на профила на греблото, при завъртането му в надлъжна посока, благоприятства движение на почвата по повърхнината му.

Благодарности

Авторът благодари на ръководителя и колегите с които е работил, за постигането на научните цели и възможности за бъдещо развитие.

БЕЛЕЖКИ

1. Caterpillar.com https://www.cat.com/en_GB.html [Viewed 2026-6-15]
2. ISO 9246:1988 https://www.iso.org/standard/16896.html [Viewed 2026-5-12]
3. Autodesk Inventor Professional, 2023, Mill Valley. https://www.autodesk.com/eu [Viewed 2025-7-06]

ЛИТЕРАТУРА

ДАНЧЕВ, Д., ХРИСТОВ, Д., 1990. Основи на пътни и строителни машини. София: Техника. Изд. № 16149.

ПАНОВ, В., 2009. Проектиране на булдозерите. София: Пропелер. ISBN 978-954-392-032-7.

XIA, K., 2008. A framework for earthmoving blade/soil model development. Journal of Terramechanics, vol. 45, pp. 147-165. ISSN 0022-4898.

JERE, A., LESO, T., PRASAD, R., OLAKANMI, E., SETSWALO, K., BOTES, A., NDEDA, R., MARUPING, B.., EMATANG, N., 2026. Analysis of wear and failure mechanisms of dozer blade liners (DBLs) in a kimberlite tailings environment at a diamond mine in Botswana. Engineering Failure Analysis, vol. 183, no. 110221. ISSN 1873-1961.

YOU, K., DING, L., DOU, Q., JIANG, Y., WU, Z., ZHOU, C., 2022. An imitation from observation approach for dozing distance learning in autonomous bulldozer operation. Advanced Engineering Informatics. vol. 54, no. 101735. ISSN 1873-5320.

KIM, R., PARK, Y., LEE, D., 2019. Dozer Productivity Correction Method for Eco-Dozing Assessment. KSCE Journal of Civil Engineering. vol. 23(7), pp. 2829-2838. ISSN 1976-3808.

HIRAYAMA, M., GUIVANT, J., KATUPITIYA, J., WHITTY, M., 2019. Path planning for autonomous bulldozers. Journal of Mechatronics. vol. 58, pp. 20-38. ISSN 0957-4158.

ABDELDAYEM, M., TEKESTE, M., 2024. Scaling law modeling artificial soil-to-bulldozer blade interaction. Journal of Terramechanics. vol. 116, no. 101001. ISSN 0022-4898.

ABDELDAYEM, M., TEKESTE, M., 2025. Multiresponse optimization of DEM Elasto-plastic model for soil-to-bulldozer blade interaction. Journal of Powder Technology. vol. 460, no. 121056. ISSN 0032-5910.

KIM, S., LEE, Y., SUN, D., LEE, S., YU, B., JANG, S., KIM, W., HAN, C., 2019. Development of bulldozer sensor system for estimating the position of blade cutting edge. Automation in Construction. vol. 106, no. 102890. ISSN 1872-7891.

Acknowledgments & Funding

The author thanks his scientific supervisor and his colleagues that he has worked with, for the scientific results achieved and opportunities for future development.

This article was prepared in TU-Sofia computer laboratory.

REFERENCES

DANCHEV, D., HRISTOV, D., 1990. Osnovi na putni i stroitelni machini. Sofia: Technics. [in Bulgarian]. Publ. № 16149.

PANOV, V., 2009. Proektirane na buldozerite, Sofia: Propeller. [in Bulgarian]. ISBN 978-954-392-032-7.

XIA, K., 2008. A framework for earthmoving blade/soil model development. Journal of Terramechanics, vol. 45, pp. 147-165. ISSN 0022-4898.

JERE, A., LESO, T., PRASAD, R., OLAKANMI, E., SETSWALO, K., BOTES, A., NDEDA, R., MARUPING, B., EMATANG, N., 2026. Analysis of wear and failure mechanisms of dozer blade liners (DBLs) in a kimberlite tailings environment at a diamond mine in Botswana. Engineering Failure Analysis, vol. 183, no. 110221. ISSN 1873-1961.

YOU, K., DING, L., DOU, Q., JIANG, Y., WU, Z., ZHOU, C., 2022. An imitation from observation approach for dozing distance learning in autonomous bulldozer operation. Advanced Engineering Informatics. vol. 54, no. 101735. ISSN 1873-5320.

KIM, R., PARK, Y., LEE, D., 2019. Dozer Productivity Correction Method for Eco-Dozing Assessment. KSCE Journal of Civil Engineering. vol. 23(7), pp. 2829-2838. ISSN 1976-3808.

HIRAYAMA, M., GUIVANT, J., KATUPITIYA, J., WHITTY, M., 2019. Path planning for autonomous bulldozers. Journal of Mechatronics. vol. 58, pp. 20-38. ISSN 0957-4158.

ABDELDAYEM, M., TEKESTE, M., 2024. Scaling law modeling artificial soil-to-bulldozer blade interaction. Journal of Terramechanics. vol. 116, no. 101001. ISSN 0022-4898.

ABDELDAYEM, M., TEKESTE, M., 2025. Multiresponse optimization of DEM Elasto-plastic model for soil-to-bulldozer blade interaction. Journal of Powder Technology. vol. 460, no. 121056. ISSN 0032-5910.

KIM, S., LEE, Y., SUN, D., LEE, S., YU, B., JANG, S., KIM, W., HAN, C., 2019. Development of bulldozer sensor system for estimating the position of blade cutting edge. Automation in Construction. vol. 106, no. 102890. ISSN 1872-7891.

BULLDOZER BLADE DESIGN FOR OPTIMAL FUNCTIONAL AND PRODUCTITY PURPOSES

Abstract. Bulldozer blade profile and shape is of a great importance for proper usage of the machine. There are different applications for these blades, preliminary defined by their machine work, loading capabilities, geometric, kinematic and loading parameter characteristics. Geometric design parameters are most important for optimal operation in different working conditions and soil states. Drafting analysis is applied that for preventing the machine from overloading and abnormal functionality of the machine.

Keywords: dozer blade, profile, geometric parameters

Dr. Nikolay Rachev, Assist. Prof.
Technical University of Sofia
Bulgaria
E-mail: nikolayrachev@tu-sofia.bg