

## ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯГЛОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КАНАВОКОПАТЕЛЯ С ДИСКОВЫМИ НОЖАМИ

Рузикулов Жасур Уктам угли  
Хусенов Ёлмас Файзулло угли  
Рузикулова Дилноза Уктамовна

*Бухарский институт управления природными ресурсами национального  
исследовательского университета Ташкентского института инженеров ирригации и  
механизации сельского хозяйства*

[jasurruzikulov@mail.ru](mailto:jasurruzikulov@mail.ru)

**Аннотация:** В данной статье описаны интервалы установки дисков усовершенствованной землеройной машины с дисками, действующие на них силы, условия, необходимые для работы дисков, глубина выемки грунта.

**Ключевые слова:** канал, диск, деформация, грунт, глина, песок, срезанный слой, поверхность поперечного сечения канала, откос.

Исследованиями резания торфяной почвы дисковым ножом установлено, что он скользит в почве. Величина коэффициента скольжения зависит от глубины резания, с увеличением которой он возрастает. Однако при движении дискового ножа в почве со скольжением на передней, погруженной в почву части лезвия диска имеется участок, разрезающий почву без скольжения.

В результате экспериментального определения величины составляющих усилия резания торфяных пластов дисковыми ножами установлено, что основной составляющей является усилие резания лезвием, которое зависит от процесса резания, т. е. от того, производится ли разрез почвы со скольжением или без него. При резании минеральных почв как дисковыми, так и черенковыми ножами большая часть усилия резания идет на смятие почвы.

Определение усилия резания торфяной почвы дисковыми ножами можно производить по формуле:

$$P = T + rp_1(\cos \theta_2 - \cos \theta_3) + rp_2(\cos \theta_2 - \cos \theta_1) + rp_1(1 - \cos \theta_1) + f_1rp_1(\sin \theta_2 - \sin \theta_3) + f_1rp_1 \cdot \sin \theta_1 \quad (1)$$

где  $T = 2fqS$  – сила трения на боковых поверхностях дискового ножа (в кг); ( $q$  – нормальное давление почвы на боковую поверхность (в кг/см<sup>2</sup>);  $S$  – площадь сегмента, определяемого глубиной погружения дискового ножа в почву (в см<sup>2</sup>);  $f$  – коэффициент трения почвы о сталь);

$r$  – радиус дискового ножа (в см);

$p_1$  – удельное давление при резании лезвием со скольжением (в кг/см)

$p_2$  – удельное давление при резании без скольжения (в кг/см)

$f_1$  – коэффициент трения торфяной почвы по лезвию

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$ , – центральные углы, определяемые по следующим зависимостям:

$$\cos \theta_0 = \frac{r}{r + \Delta r}, \quad \cos \theta_1 = \theta_0 - \varphi_1, \quad \theta_2 = \theta_0 + \varphi_1, \quad \cos \theta_3 = \frac{r - h}{r}, \quad (2)$$

в которых  $\Delta r = \frac{Er}{1-E}$ , – расстояние от нижнего конца опорного диаметра до

полюса мгновенного вращения ( $E$  – коэффициент скольжения,  $\varphi_1$  – угол трения торфа по лезвию,  $h$  – глубина резания дисковым ножом в см).

Формула позволяет определить как суммарную величину усилия резания дисковым ножом, так и ее составляющие – усилие резания лезвием и трение на боковых поверхностях ножа.

С увеличением диаметра дискового ножа усилие резания торфяной почвы уменьшается при прочих равных условиях. Усилие резания заторможенного дискового ножа на 50% больше катящегося.

Уменьшение тягового усилия при копании торфяного грунта можно объяснить тем, что наличие ножей уменьшает деформацию сжатия и облегчает условия изгиба пласта. При работе канавокопателя без ножа для среза пласта боковыми кромками копающего органа необходимо предварительно сжать грунт до определенного предела, пока усилие бокового среза не превысит сопротивление пласта сжатию:

$$L_{cp} \cdot k_{cp} \geq S \cdot k_{сж}, \quad \text{или} \quad \frac{L_{cp}}{S} \geq \frac{k_{сж}}{k_{cp}}, \quad (3)$$

где  $L_{cp}$  – длина периметра бокового среза (в см);

$k_{cp}$  – напряжение среза (в кг/см);

$S$  – площадь сечения пласта (в см<sup>2</sup>);

$k_{сж}$  – напряжение сжатия (в кг/см<sup>2</sup>).

Для торфяного грунта значение  $k_{cp}$  выше  $k_{сж}$ .

Из выражения 24 видно, что уменьшение периметра бокового среза, которое достигается у канавокопателей предварительным разрезанием грунта боковыми ножами, вызывает уменьшение деформации сжатия пласта, а следовательно, и уменьшение усилия копания.

При работе канавокопателя с ножами одновременно с уменьшением деформации в пределах самого подрезаемого пласта происходит уменьшение распространения деформации за его пределами, что также в свою очередь ведет к уменьшению тягового усилия копания.

Так, при работе канавокопателя КМ-800 без ножей деформация распространяется на расстояние до 2,85 м, а с ножами – до 1,65 метра.

При работе канавокопателей с ножами на торфяном грунте подрезанный с боковых сторон пласт поднимается значительно выше по отвалу, чем при работе без ножей, в результате чего он дальше отодвигается от бровки канавы, уменьшая тем

самым сопротивлением бермоочистителей, а следовательно, и общее сопротивление копания. Кроме того, в торфяных грунтах при работе канавокопателя с ножами получаются более гладкие и более устойчивые откосы.

Однако опытом эксплуатации канавокопателей установлено, что при работе на торфяном грунте с наличием в почве большого количества древесных остатков или на закустаренных участках боковые ножи целесообразно снимать, так как это резко уменьшает забивание рабочего органа древесными остатками и грунтом.

При работе канавокопателя с ножами на минеральных грунтах происходит увеличение суммарного тягового усилия копания. Это объясняется тем, что в минеральных грунтах работа отделения стружки скалыванием значительно меньше работы резания.

По данным проф. А.Д.Далина, если работа скалывания принимается за 100%, то работа резания будет равна 160%. Кроме того, при прокладке канавы в минеральных грунтах без дернового слоя и особенно при повышенной их влажности предварительное разрезание боковыми ножами не облегчает работу копающего органа еще и потому, что под действием последнего грунт снова сжимается и восстанавливает почти полностью свое первоначальное сцепление (в противоположность торфяному грунту). В таких условиях канавокопатели должны работать без боковых ножей.

Наблюдения ряда исследователей за работой экскаваторов на минеральных грунтах также показали, что вертикальные режущие элементы ковшей создают дополнительные сопротивления, которые приводят к увеличению силы копания. Поэтому у большинства современных экскаваторов вертикальные режущие элементы (боковые стенки ковша) исключаются из работы путем выдвижения вперед зубьев на горизонтальной режущей кромке.

На торфяном грунте уменьшение усилия копания канавокопателем имеет место при увеличении глубины резания ножей до 50 см. Свыше указанной глубины усилие копания уменьшается медленнее. Уменьшение усилия копания с увеличением глубины резания ножей более 50 см вызвано тем, что на этой глубине плотность и связность торфяного грунта значительно меньше, чем в верхних слоях, а следовательно, меньше и сопротивление сдвигу ( $k_{cp}$ ).

Чрезмерное увеличение глубины резания нецелесообразно ввиду возможного взаимного влияния ножей в нижней части сечения выемки и встречи их с древесными остатками, находящимися в торфяном грунте.

При глубине резания до 40–50 см древесные остатки перерезаются или выворачиваются ножами в сторону, а затем выносятся на поверхность копающим органом. Таким образом, исходя из рассмотренных условий, оптимальную глубину резания ножей канавокопателя при работе на торфяных грунтах следует принимать не свыше 40–50 сантиметров.

При работе на минеральных грунтах с наличием дернового слоя канавокопатель должен иметь глубину резания ножами, равную толщине этого слоя, обычно 15–20 см.

Дальнейшее увеличение глубины резания ножами вызывает значительный рост тягового сопротивления копанию за счет быстрого роста сопротивления резанию.

Отсутствие среднего ножа вызывает неустойчивую работу канавокопателя в горизонтальной и вертикальной (перпендикулярной направлению движения) плоскостях, что объясняется неравномерностью распределения вынужденного грунта по сторонам рабочего органа. Это явление особенно сильно сказывается при работе на торфяно-болотных или минеральных задернелых почвах. При работе без среднего ножа грунт сгруживается впереди рабочего органа. При наличии среднего ножа пласт, разрезанный посередине, разваливается по сторонам, не поднимаясь высоко по рабочему органу.

Опытами доказано, что средний нож должен заглубляться на 30–40 см. При этом тяговое сопротивление канавокопателя изменяется незначительно в сторону увеличения, и его практически можно считать постоянным.

В таблице 2 приводятся результаты опытов по определению влияния глубины установки среднего ножа на тяговое сопротивление канавокопателя КМ-1400 при работе на минеральном грунту.

*Таблица 1*

Грунт	Глубина резания ножом h, см	Тяговое сопротивление канавокопателя		Примечание
		P, кг	P, %	
Суглинок	0	9 441	100	Суглинок легкий с толщиной дернового покрова 10–12 см
	15	9 686	103	
	25	9 988	106	
	33	10 370	110	
	50	11 600	121	
Глина	0	12 095	100	Связный тяжелый глинистый грунт с сильно развитым дерновым слоем толщиной 15–20 см
	15	12 150	100	
	25	12 506	103	
	35	12 966	111	
	50	15 034	124	

Как видно из таблицы 1, тяговое сопротивление канавокопателя возрастает с увеличением заглубления ножа. На задернелых минеральных почвах средний нож необходимо устанавливать на глубину 15–25 см только для разрезания дернового слоя, что увеличивает сопротивление канавокопателя на 3–5%. На песчаных минеральных грунтах можно работать без среднего ножа.

Необходимым условием работы ножа является правильное определение расстояния от копающего органа канавокопателя до ножа. При малом расстоянии копающий орган, деформируя находящийся впереди его грунт, может сделать бесполезной работу среднего ножа. Расстояние между копающим органом и средним ножом должно быть таким, чтобы исключалось их взаимное влияние. Опытами

установлено, что это расстояние должно быть 1,5–2,5 м, в зависимости от размеров копающего органа канавокопателя.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Послание Президента Республики Узбекистан Олий Мажлису от 29 декабря 2020 года. Народное Слово 30 декабря 2020 г. № № 276.
2. З.А.Артукметов, Х.Ш.Шералиев. Основы полива сельскохозяйственных культур. Т. 2007
3. А. Джораев и др. Полезная модель "Усовершенствованная дисковая землеройная машина с дисками". Патент ФАП 01573. 2020 г.
4. Model technological map for 2016-2020 developed by the Agricultural Research and Production Center of the Republic of Uzbekistan and the Research Institute of Agricultural Economics of Uzbekistan. Т. 2016 у.
5. I S Hasanov, J U Ruzikulov, F A Ergashov, M J Toshmurodova, M R Sotlikova, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 868 (2021) 012091
6. Ruzikulov Jasur Uktam ugli, Kurbanbayev Sindorbek Sarvarbek ugli, Nasrullayev Alpomish Anvarjon ugli, Safarov Khusniddin Sirojiddin ugli, Research on the establishment of an improved temporary ditch production device, Galaxy international interdisciplinary research journal (GIIRJ), Volume 9, Issue 11, November, 2021.
7. Imomov Sh., Jurayev A., Ruziqulov J., Kurbonboyev S., Ruziqulova D., Xusinov S., Madadxonov T. (2022). THEORETICAL STUDIES ON THE DESIGN OF TRENCHER WORK EQUIPMENT. Eurasian Journal of Academic Research, 2(12), 989–996. <https://www.inacademy.uz/-/index.php/ejar/article/view/6504>
8. Sh.J.Imomov, [J.U.Ruzikulov](#), S.S.Kurbanbayev, H.S.Safarov, K.S.Sobirov, and Z.Sh.Isakov "Technological process of provisional dig a ditch", Proc. SPIE 12296, International Conference on Remote Sensing of the Earth: Geoinformatics, Cartography, Ecology, and Agriculture (RSE 2022), 122960O (6 July 2022); <https://doi.org/10.1117/12.2642980>
9. Energy-saving device for temporary ditch digging I S Hasanov1, J U Ruzikulov1, F A Ergashov1, M J Toshmurodova1 and M R Sotlikova1 Published under licence by IOP Publishing Ltd [IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 868, International Conference on Agricultural Engineering and Green Infrastructure Solutions \(AEGIS 2021\) 12th-14th May 2021, Tashkent, Uzbekistan](#)Citation I S Hasanov et al 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 868 012091DOI 10.1088/1755-1315/868/1/012091
10. Ruzikulov Jasur Uktam ugli, Kurbanbayev Sindorbek Sarvarbek ugli, Nasrullayev Alpomish Anvarjon ugli, Safarov Khusniddin Sirojiddin ugli, Research on the establishment of an improved temporary ditch production device, Galaxy international interdisciplinary research journal (GIIRJ), Volume 9, Issue 11, November, 2021
11. Ruziqulov Jasur Uktam ugli, Isakov Zafarjon Shuxrat ugli, Qurbonboyev Sindorbek Sarvarbek ugli, Ruziqulova Dilnoza Uktamovna, Xusinov Sarvarbek Nodirbek ugli. (2022).

INCREASING THE WORKING PRODUCTIVITY OF THE CASE I150 L BULLDOZER BY IMPROVING THE WORKING EQUIPMENT. Neo Science Peer Reviewed Journal, 4, 87–90. Retrieved from <https://www.neojournals.com/index.php/nsprj/article/view/83> .

12. Ruziqulov , J. ., Kurbonboyev, S. ., Xusinov, S., & Ruziqulova , D. . (2023). IMPROVEMENT OF THE SCRAPER WORK EQUIPMENT AND IMPROVING ITS EFFICIENCY. Eurasian Journal of Academic Research,3(1 Part 4), 12–16. <https://incademy.uz/index.php/ejar/article/view/8935>

13. Khasanov, U., Jurayev , A., & Mamedov, A. (2023). PROCESSES OF IMPROVING SOIL WITH METAL AND SOIL WITH SOIL DURING MAIN SOIL WORKING. International Bulletin of Applied Science and Technology, 3(6), 736–739. Retrieved from <https://www.researchcitations.com/index.php/ibast/article/view/1997>

14. A. A. Jurayev. (2021). THE RELATIONSHIP BETWEEN THE UPTAKE OF NITROGENOUS NUTRIENTS BY SUGAR BEET AND THE NORMS OF MINERAL FERTILIZERS. Conferencea, 1–4. Retrieved from <https://www.conferencea.org/index.php/conferences/article/view/109>

15. Khasanov, U., Jurayev , A., & Mamedov, A. (2023). THE RESULTS OF THE STUDY OF PHYSICAL, MECHANICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES IN BASIC SOIL CULTIVATION. International Bulletin of Applied Science and Technology, 3(6), 733–735. Retrieved from <https://www.researchcitations.com/index.php/ibast/article/view/1996>