

Научная статья

УДК 629.4.016.2:631.31

doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-4-65-71

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТУРБОДИСКОВЫХ КУЛЬТИВАТОРОВ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Игорь Евгеньевич Припоров¹✉, Владимир Станиславович Курасов², Владимир Игоревич Бацунов³^{1, 2, 3} Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия¹i.priporov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8201-2819>²kurasoff@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1733-9436>³vovasvovas70@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0001-2865-3674>

Резюме. Целью исследований является проведение энергетической оценки серийных турбодисковых культиваторов для вертикальной обработки почвы. Оценку турбодисковых культиваторов проводили путем анализа характеристик турбодисковых культиваторов фирм Агрифест-Экспресс (12 моделей) и Salford (21 модель). Рассмотрены показатели турбодисковых культиваторов, к которым отнесены: ширина захвата, требуемая мощность и производительность. На основе данных показателей определены энергетические показатели турбодисковых культиваторов фирм Агрифест-Экспресс и Salford в зависимости от глубины обработки. К данным показателям отнесли: энергоёмкость турбодискового культиватора, его удельную эффективность при глубине обработки, удельную мощность на 1 м ширины захвата турбодискового культиватора. Приведены статистические значения характеристик турбодисковых культиваторов фирм «Агрифест-Экспресс» и Salford. Определены энергетические показатели турбодисковых культиваторов фирм Агрифест-Экспресс и Salford. Турбодисковые культиваторы фирмы Salford имеют больше ширину захвата по сравнению с культиваторами Агрифест-Экспресс, а также для них необходимы тракторы мощностью свыше 310 л.с., диапазон изменения требуемой мощности – 96...604 л.с., а их производительность ниже по сравнению с Агрифест-Экспресс. Средние значения энергетических показателей турбодисковых культиваторов фирмы Salford выше по сравнению с Агрифест-Экспресс с разницей: $E = 45 \%$, $N_{y\partial} = 19...76 \%$ при разной глубине обработки и $K_{y\partial} = 19 \%$. При всем их многообразии наибольшее распространение получила модель ТДК-1420/96 фирмы Агрифест-Экспресс, которая имеет следующие энергетические показатели: энергоёмкость – 12,95 кВт·ч/га, удельная эффективность – 383,28 кВт/га, удельная мощность на 1 м ширины захвата – 19,16 кВт/м. При этом, данная модель позволяет обрабатывать площадь 0,000071...0,000288 га с разной глубиной обработки – 0,05...0,06 м.

Ключевые слова: вертикальная обработка почвы, статистические значения, турбодисковый культиватор, глубина обработки, энергетические показатели, волнистый диск.

Для цитирования Припоров И. Е., Курасов В. С., Бацунов В. И. Энергетическая оценка турбодисковых культиваторов для вертикальной обработки почвы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. Т. 9, № 4. С. 65-71. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-4-65-71

Original article

ENERGY ASSESSMENT OF TURBODISC CULTIVATORS FOR VERTICAL TILLAGE

Igor E. Priporov¹✉, Vladimir S. Kurasov², Vladimir I. Batsunov³^{1, 2, 3} Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia¹i.priporov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8201-2819>²kurasoff@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1733-9436>³vovasvovas70@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0001-2865-3674>

Abstracts. The purpose of the research is to conduct an energy assessment of serial turbodisc cultivators for vertical tillage. Turbodisc cultivators were evaluated by analyzing the characteristics of turbodisc cultivators from Agrifast-Express (12 models), Salford (21 models). The indicators of turbodisc cultivators are considered, which include the width of the grip, the required power and productivity. Based on these indicators, the energy indicators of the turbodisc cultivators of the companies Agrifast-Express and Salford were determined, depending on the depth of processing. These indicators included the energy intensity of the turbodisc cultivator, its specific efficiency at the processing depth, the specific power per 1 m of the width of the turbodisc cultivator. The statistical values of the characteristics of turbodisc cultivators from the companies "Agrifast-Express" and Salford are given. The energy indicators of turbodisc cultivators from Agrifast-Express and Salford companies have been determined. Salford turbodisc

cultivators have a larger grip width compared to the Agrifast Express, and they also require tractors with a capacity of over 310 hp, the range of required power is 96 ...604 hp, their productivity is lower compared to the Agrifast Express. The average energy values of Salford turbodisc cultivators are higher compared to the Agrifast Express with a difference $E = 45\%$, $N = 19...76\%$ at different processing depths and $K_d = 19\%$. With all their diversity, the TDK-1420/96 model of the Agrifast-Express company has become the most widespread, which has the following energy indicators: energy intensity – 12.95 kWh/ha, specific efficiency – 383.28 kW/ha, specific power per 1 m of width – 19.16 kW/m. At the same time, this model will allow processing an area of 0.000071...0.000288 hectares with different processing depths – 0.05...0.06 m.

Keywords: vertical tillage, statistical values, turbodisc cultivator, processing depth, energy indicators, wavy disk.

For citation: Priporov, I. E., Kurasov, V. S. & Batsunov, V. I. (2024). Energy assessment of turbodisc cultivators for vertical tillage. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, № 4. С. 65-71. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-4-65-71 (in Russ).

Вертикальная обработка почвы (ВОП) [1] появилась в США по системе no-till для выращивания кукурузы. Оборудование для ВОП разработано многими сельскохозяйственными производителями: Great Plains, McFarlane Manufacturing, Salford Group, Summers Manufacturing, Thurston Manufacturing, Earth Master, Kuhn Krause, Environmental Tillage Systems, HCC Inc., Case IH, Landoll Corp., Kongskilde Industries, Maschio и Sunflower [2].

ВОП имеет преимущества, которые заключаются в лучшем измельчении почвы и остатков, удалении их без полного заделывания [2].

Среди конструкций дисковых рабочих органов (ДРО) наибольший интерес представляют волнистые диски (ВД), у которых волны искривлены под углом, что позволяет ей заглубляться вертикально, а выглубляться горизонтально для измельчения растительных остатков (РО). Однако при этом существует проблема по измельчению и сгуживанию пожнивных остатков (ПО); забиванию ДРО почвой и РО и недостаточное ее крошение [3].

Известные ВД распространены на турбодисковых культиваторах (ТДК) фирм Salford, Агрифест-Экспресс и др., которые обрабатывают почву без формирования в ней уплотненного слоя [4].

Наибольшего успеха в производстве ВД, которые измельчают пожневные остатки после уборки кукурузы, достигла фирма «Great Plains». ВД заглубляются до 15 см (Turbo-Coulter) для измельчения корневой системы. Турбодисковые культиваторы с ВД модели RTS фирмы «Salford» имеют высокую скорость – до 19 км/ч, что позволяет повысить производительность агрегата, но они не обеспечивают качественное измельчение РО в продольном направлении [5].

На серийных ТДК фирмы «Агрифест-Экспресс» установлены дисковые турбодиски (колтеры) [6] для рыхления почвы и измельчения РО [7].

Пружинные стойки на ТДК «Экспресс» работают на каменистых почвах.

Недостатки ТДК: сложная конструкция, высокая стоимость. При обработке почвы без растительных остатков путем многократного действия ДРО образуются эрозионно-опасные частицы [7].

Повысить качество ВОП [8] возможно путем снижения энергетических показателей ТДК.

Цель исследований: провести энергетическую оценку серийных ТДК для вертикальной обработки почвы.

Задача исследований: определить энергетические показатели ТДК при вертикальной обработке почвы в зависимости от глубины обработки.

Материал и методы исследований. Оценка ТДК проводилась путем анализа их характеристик. Для анализа использовали ТДК фирм Агрифест-Экспресс (12 моделей) и Salford (21 модель).

Рассматривали следующие показатели: B – ширина захвата, м; P – требуемая мощность, кВт; W – производительность, га/ч; E – энергоёмкость, кВт·ч/га; $N_{уд}$ – удельная эффективность, кВт/га; $K_{уд}$ – удельная мощность на 1 м ширины захвата, кВт/м.

Результаты исследований. Статистические значения характеристик ТДК фирм «Агрифест-Экспресс» и Salford представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Характеристики ТДК фирмы Агрифест-Эксперсс

Наименование показателя	В, м	Р, кВт	W, га/ч	Е, кВт·ч/га	N _{уд} , кВт/га		K _{уд} , кВт/м
					0,05м	0,06м	
Среднее значение	8,26	167,35	11,96	14,09	406,05	100,16	20,30
Среднеквадратическое отклонение σ	2,86	57,08	4,36	0,92	16,41	6,05	0,82
$S_{\bar{x}}^*$	0,826	16,478	1,259	0,267	4,738	1,746	0,237
V, %*	34,64	34,11	36,46	6,56	4,04	6,04	4,04
$S_{\bar{x}}\%$ *	10,00	9,85	10,53	1,89	1,17	1,74	1,17
Максимальное значение	14,20	272,13	21	16,55	427,30	110,33	21,36
Минимальное значение	3,90	80,9	6	12,96	383,28	92,01	19,16

* $S_{\bar{x}}$ – ошибка выборочной средней; V, % - коэффициент вариации, %; $S_{\bar{x}}\%$ - относительная ошибка выборочной средней

Таблица 2

Характеристики ТДК фирмы Salford

Наименование показателя	В, м	Р, кВт	W, га/ч	Е, кВт·ч/га	N _{уд} , кВт/га		K _{уд} , кВт/м
					0,05м	0,06м	
Среднее значение	9,21	228,29	9,03	25,56	500,91	417,42	25,05
Среднеквадратическое отклонение σ	4,11	109,05	4,03	5,21	102,08	85,06	5,10
$S_{\bar{x}}$	0,896	23,796	0,878	1,136	22,275	18,562	1,114
V, %	44,59	47,77	44,59	20,38	20,38	20,38	20,38
$S_{\bar{x}}\%$	9,73	10,42	9,73	4,45	4,45	4,45	4,45
Максимальное значение	15,54	444	15,23	35,86	702,79	585,66	35,14
Минимальное значение	3,66	70,5	3,59	19,66	385,25	321,04	19,26

Анализ представленных в таблицах 1 и 2 данных показывает, что:

1. ширина захвата ТДК составляет 8,26...9,21 м с ошибкой выборочной средней 0,826...0,896 м. Максимальное значение – 14,2...15,54 м и минимальное в пределах 3,66...3,90 м. Разница между минимальными значениями не существенная;

2. требуемая мощность трактора находится в пределах 167,35...228,29 кВт (228...310 л.с.) с ошибкой выборочной средней 16,478...23,796 кВт. Максимальное значение – 272,13...444 кВт и минимальные – 70,5...80,9 кВт;

3. производительность ТДК – 9,03...11,96 га/ч с ошибкой выборочной средней 0,878...1,259 га/ч. Максимальное значение – 15,23...21,0 га/ч и минимальное – 3,59...6,0 га/ч. Разница составила 24,5 % при относительной ошибке выборочной средней 9,73...10,53 %;

4. энергоёмкость варьируется в пределах 14,09...25,56 кВт·ч/га с ошибкой выборочной средней 0,267...1,136 кВт·ч/га. При этом относительная ошибка выборочной средней – 1,89...4,45 %, то есть точность результатов высокая;

5. удельная его эффективность при глубине обработки 0,05 м составляет 406,05...500,91 кВт/га и 0,06 м – 100,16...417,42 кВт/га при $S_{\bar{x}}\% = 1,17 \dots 4,45 \%$, точность результатов высокая;

6. удельная мощность на 1 м ширины захвата – 20,30...25,05 кВт/м при $S_{\bar{x}}\% = 1,17 \dots 4,45 \%$, то есть точность результатов высокая.

Энергетические показатели ТДК фирм Агрифест-Экспресс и Salford приведены на рисунках 1 и 2.

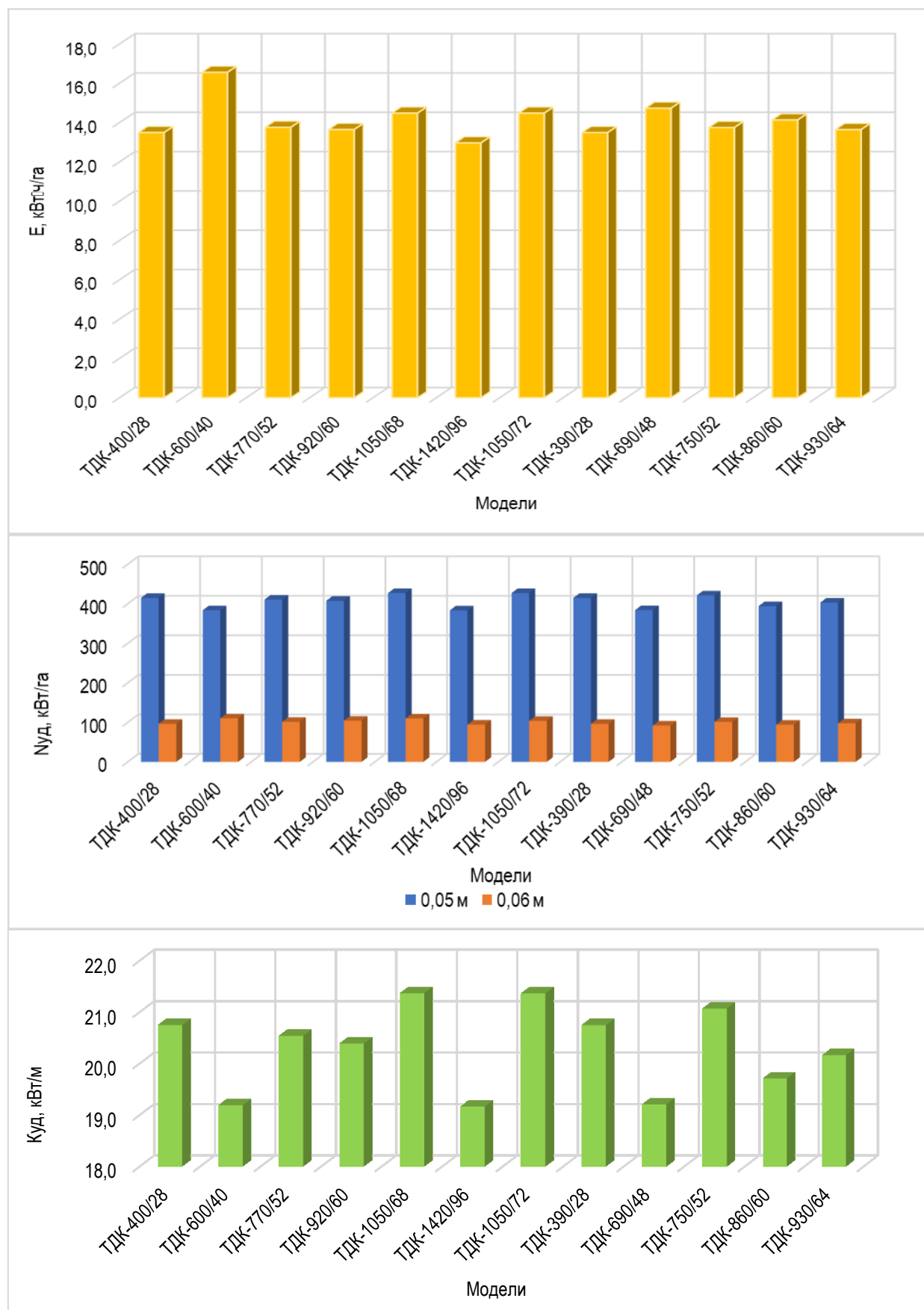


Рис. 1. Энергетические показатели ТДК фирмы Агрифест-Экспресс

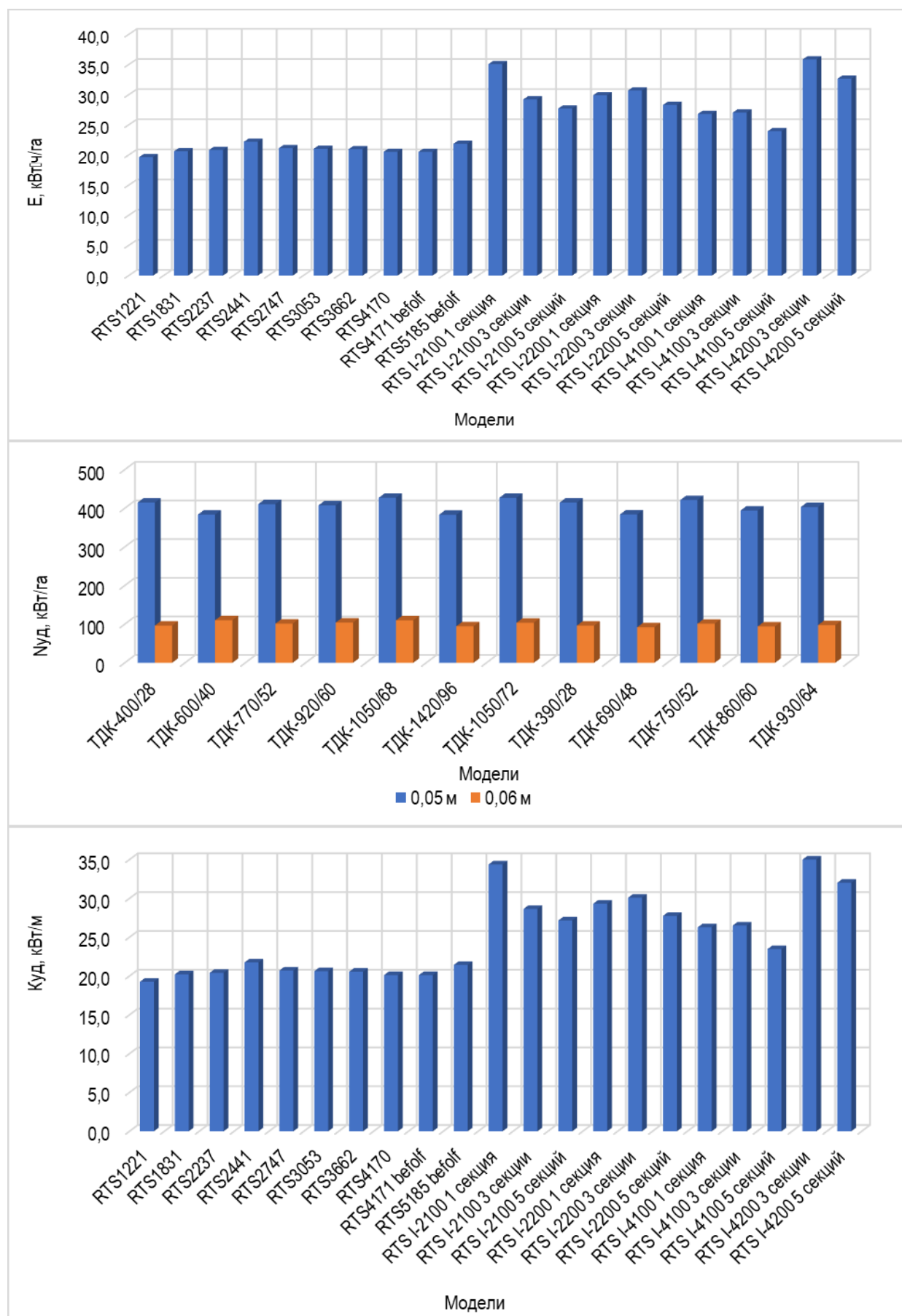


Рис. 2. Энергетические показатели ТДК фирмы Salford

По данным сайта «Агробаза» производство турбодисковых культиваторов RTS1221...5185 бекфол пре-крашено в 2014 г. Наименьшая энергоёмкость ТДК фирмы Агрифест-Экспресс (рис. 1) наблюдается у марки ТДК-1420/96 (12,95 кВт·ч/га), наибольшая – у ТДК-600/40 при площади обработки 0,000071...0,000288 га по сравнению с 0,0000345...0,00012 га. Удельная эффективность – ТДК-690/48 составляет 92,01 кВт/га, ТДК-1420/96 – 383,28 кВт/га по сравнению с марками ТДК-600/40 (110,33 кВт/га), ТДК-1050/72 (427,24 кВт/га) при разной глубине обработки. При этом удельная мощность на 1 м ширины захвата ТДК минимальна у ТДК-1420/96 (19,16 кВт/м), ТДК-600/40 (19,19 кВт/м), ТДК-690/48 (19,20 кВт/м) в сравнении с ТДК-750/52 (21,07 кВт/м) и ТДК-1050/68 (21,36 кВт/м).

Наименьшие энергетические показатели у модели RTS1221 фирмы Salford (рисунок 2), который способен при ВОП обработать площадь 0,000018...0,000022 га по сравнению с RTS I-4200 3 секции – 0,000039...0,000047 га.

Заключение. Турбодисковые культиваторы фирмы Salford имеют больше ширину захвата по сравнению с Агрифест-Экспресс, а также для них необходимы тракторы мощностью свыше 310 л.с., диапазон изменения требуемой мощности – 96...604 л.с., также их производительность ниже по сравнению с Агрифест-Экспресс. Средние значения энергетических показателей ТДК фирмы Salford выше по сравнению с Агрифест-Экспресс с разницей: $E = 45$, $N_{уд} = 19...76$ % при разной глубине обработки и $K_{уд} = 19$ %.

При всем многообразии моделей наибольшее распространение получила модель ТДК-1420/96 фирмы Агрифест-Экспресс, которая имеет следующие энергетические показатели: энергоёмкость – 12,95 кВт·ч/га, удельная эффективность – 383,28 кВт/га, удельная мощность на 1 м ширины захвата – 19,16 кВт/м. Данный ТДК позволяет обработать площадь 0,000071...0,000288 га при глубине обработки 0,05...0,06 м с минимальными энергетическими затратами.

При постоянной глубине обработки использование ВОП повышает площадь обработки.

Список источников

1. Zeng Z., Thoms D., Chen Y., Ma X. Comparison of soil and corn residue cutting performance of different discs used for vertical tillage // *Scientific Reports*. 2021, Vol. 11(1). P. 2537. DOI:10.1038/s41598-021-82270-9.
2. Chen Y., Damphousse S., Li H. Vertical tillage and vertical seeding // *Paper CSBE16-090*. In: CSBE/SCGAB 2016 Annual Conference. Halifax, NS, Canada. 2016. July 3-6.
3. Лепешкин Н.Д., Мижурин В.В. Теоретическое обоснование параметров дискового рабочего органа к почвообрабатывающему агрегату для влагонакопления и влагозадержания на склоновых землях // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2023. № 1(56). С. 101-106.
4. Лепешкин Н.Д. К обоснованию типа дискового рабочего органа почвообрабатывающего агрегата для влагонакопления и влагозадержания на склоновых землях // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2022. № 55. С. 148-157.
5. Козлов Н.С. Обзор и анализ конструкций рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов для измельчения растительных остатков // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017. №1. С. 123-125. EDN: ZBATAT.
6. Zeng, Z.; Chen, Y. The performance of a fluted coulter for vertical tillage as affected by working speed // *Soil & tillage research*. 2018. Vol. 175. Pp. 112–118. doi: 10.1016/j.still.2017.08.006.
7. Бабицкий Л.Ф., Кузлин В.А. Анализ и тенденции развития орудий для экологического земледелия // *Научные труды южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет»*. 2013. №156. С. 19-25. EDN: SXIQOP.
8. Reynolds CH. M. A, Capetillo B. A, Cadena Z. M., López L. J. A, Zetina L. R. Vertical tillage technology for primary soil preparation // *Global journal of agricultural innovation, research & development*. 2022. Vol. 9. Pp. 10-19. doi: 10.15377/2409-9813.2022.09.2.

References

1. Zeng, Z., Thoms, D. & Chen, Y. et. al. (2021). Comparison of soil and corn residue cutting performance of different discs used for vertical tillage. *Scientific Reports*, 11(1), 2537. doi:10.1038/s41598-021-82270-9
2. Chen, Y. & Damphousse, S., Li H. (2016). Vertical tillage and vertical seeding. *Paper CSBE16-090*. CSBE/SCGAB Annual Conference. Halifax, NS, Canada, July 3-6.
3. Lepeshkin, N. D. & Mizhurin, V. V. (2023). Theoretical substantiation of the parameters of a disk working organ for a tillage unit for moisture accumulation and moisture retention on sloping lands. *Mekhanizatsiya i ehlektrifikatsiya sel'skogo khozyajstva (Mechanization and electrification of agriculture)*, 1(56), 101-106 (in Russ).
4. Lepeshkin, N. D. (2022). To substantiate the type of disk working organ of a tillage unit for moisture accumulation and moisture retention on sloping lands. *Mekhanizatsiya i ehlektrifikatsiya sel'skogo khozyajstva (Mechanization and electrification of agriculture)*, 55, 148-157. (in Russ).

5. Kozlov, N. S. (2017). Review and analysis of designs of working bodies of tillage units for crushing plant residues. *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii (Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy)*, 1, 123-125. EDN: ZBATAT. (in Russ).
6. Zeng, Z. & Chen, Y. (2018). The performance of a fluted coulter for vertical tillage as affected by working speed. *Soil & tillage research*, 175, 112-118. doi:10.1016/j.still.2017.08.006
7. Babitsky, L. F. & Kuklin, V. A. (2013). Analysis and trends in the development of tools for ecological agriculture. *Nauchnye trudy yuzhnogo filiala Natsional'nogo universiteta bioresursov i prirodopol'zovaniya Ukrainy «Krymskij agrotekhnologicheskij universitet» (Scientific papers of the southern branch of the National University of Bioresources and Environmental Management of Ukraine "Crimean Agrotechnological University")*, 156, 19-25. EDN: SXIQOP.
8. Chávez, M. R., Burela, A. C., Zapata, M. C., López, J. L., & Lezama, R. Z. (2022). Vertical Tillage Technology for Primary Soil Preparation. *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development*, 9, 10-19. doi: <https://doi.org/10.15377/2409-9813.2022.09.2>

Информация об авторах

И. Е. Припоров – кандидат технических наук, доцент;
В. С. Курасов – доктор технических наук, профессор;
В. И. Бацунов – аспирант.

Information about the authors

I. E. Priporov – Candidate of Technical Sciences;
V. S. Kurasov – Doctor of Technical Sciences, Professor;
V. I. Batsunov – Postgraduate.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 31.07.2024; одобрена после рецензирования 23.09.2024; принята к публикации 16.10.2024.
The article was submitted 31.07.2024; approved after reviewing 23.09.2024; accepted for publication 16.10.2024.