

3. Kic P. Influence of external thermal conditions on temperature–humidity parameters of indoor air in a Czech dairy farm during the summer. *Animals*. 2022. № 12 (15).
4. Ivanov Y., Novikov N. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. *E3S Web of Conferences*. 2020. № 175 (5). P. 11012.
5. Novikov N. N. Technical solutions to ensure comfortable conditions for keeping animals in hot weather. *Techniques and technologies in animal husbandry*. 2022. № 3 (47). Pp. 28-35.
6. Vtoryi S. V., Ilyin R. M. The effect of external weather conditions on the productivity of cows with tethered content. *Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*. 2019. № 2 (99). Pp. 269-277.
7. Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. *Journal of Dairy Science*. 2016. № 99 (4). Pp. 2996–3002.
8. Tao S., Orellana R. M., Weng X., et al. Symposium Review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. *Journal of Dairy Science*. 2018. № 101 (6). Pp. 5642-5654.
9. Kaasik A., Maasikmets M. Microclimate and air quality in uninsulated loose-housing cowsheds in temperate climate conditions. *Air quality and livestock farming*. UK: CRC Press, 2017. Pp. 153-159.
10. Rastimeshin S. A., Trunoff S. S. Formation of heat-humidity regime of the cowshed. *The Herald NIEI*. 2016. № 4 (59). Pp. 124-129.
11. Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. *Journal of Dairy Science*. 2013. No 96 (12). Pp. 7731-7738.
12. Hempel S., Keonig M., Menz C., et al. Uncertainty in the measurement of indoor temperature and humidity in naturally ventilated dairy buildings as influenced by measurement technique and data variability. *Biosystems Engineering*. 2018. No 166. Pp. 58-75.
13. Vtoryi V. F., Vtoryi S. V. Information model of the influence of heat stress on dairy productivity of cows. *Agrarian scientific journal*. 2022. № 2. Pp. 69-72.
14. Valge A. M. Use of Excel and Mathcad systems in research on mechanization of agricultural production: a methodological guide. SPb.: Russian Academy of Agriculture, 2013. 200 p.

Информация об авторах

Вторый Валерий Федорович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филтровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0026-6979>, e-mail: vvtoryj@yandex.ru

Вторый Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филтровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7169-1625>, e-mail: 2vt_1981@list.ru

Author's Information

Vtoryi Valery Fedorovich, Doctor of Engineering Sciences, chief researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0026-6979>, e-mail: vvtoryj@yandex.ru

Vtoryi Sergei Valerievich, Candidat of Engineering Sciences, senior researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7169-1625>, e-mail: 2vt_1981@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-29

COMPARATIVE ENERGY-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL TILLAGE MACHINES

¹Dzhabborov N. I., ²Kosulnikov R. A., ¹Dobrinov A. V., ¹Komoedov A. D.

¹*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM*

St. Petersburg, Russian Federation
²*Volgograd State Agrarian University*
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: komoedov.alexj@yandex.ru

Received 19.10.2023

Submitted 17.12.2023

The work was carried out on the topic of State assignment FGUN-2022-0010 “Develop environmentally friendly technologies, machine complexes and control equipment agricultural ecosystems in intensive and organic production agricultural products”

Summary

The article presents the results of a study of comparative energy and environmental assessment of soil-cultivating machines. The results showed that the developed combined tillage machine KPM-2.7 in combination with a tractor of class 1.4 is superior in productivity, fuel consumption, energy intensity of the tillage process and emissions of toxic components to its mass-produced analogue – the KN-2.8 cultivator and can be recommended for use in the production of crop products on intensive technologies.

Abstract

Introduction. With the transition to modern intensive technologies for the production of crop products, the requirements for the design of machines and their use are increasing and becoming more stringent. The new technical means being developed, including soil-cultivating units, must ensure energy, environmental and economic efficiency in the process of performing technological operations during the operation period. The purpose of the research is to compare energy and environmental indicators for assessing the effectiveness of tillage units for surface and shallow tillage. **Object.** The object of research was the process of surface and shallow tillage of soil using tillage machines KPM-2.7 and KN-2.8 in conjunction with a class 1.4 tractor. **Materials and methods.** When conducting research, methods of energy assessment of technical means were used, based on the identification and study of patterns occurring during soil cultivation. **Results and conclusions.** A comprehensive comparative assessment of the operation of soil-cultivating units MTZ-82.1+KPM-2.7 and MTZ-82.1+KN-2.8 for surface and shallow tillage was carried out. The following evaluation indicators were considered: economic – productivity and per-hectare fuel consumption, energy – energy intensity of the technological process, environmental – the mass of toxic components emitted into the atmosphere when processing 1 hectare of area with soil-cultivating units. The patterns of changes in productivity, per-hectare fuel consumption, energy intensity of the technological process and the mass of toxic components emitted into the atmosphere when cultivating 1 hectare of area, depending on the speed of movement of soil-cultivating units, have been established. A comparative assessment of the performance of soil-cultivating machines showed that the combined soil-cultivating machine KPM-2.7, developed in the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, in conjunction with a tractor of class 1.4, developed in the main indicators, is superior to its analogue - KN-2.8 with the MTZ-82.1 tractor. The MTZ-82.1+KPM-2.7 tillage unit, compared to the MTZ-82.1+KN-2.8, provides an increase in productivity by 3.9-5.7%, a reduction in fuel consumption per hectare by 3.8-5.5%, and a reduction in the energy intensity of the tillage process by 3.82-5.64% and emissions of toxic components by 3.8-5.5%.

Keywords: *methods of tillage, tillage units, per hectare of fuel consumption, emissions of toxic components.*

Citation. Dzhaborov N. I., Kosulnikov R. A., Dobrinov A. V., Komoedov A. D. Comparative energy-ecological assessment of soil tillage machines. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 251-263 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-29.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.316.2:631.316.6

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

¹Джабборов Н. И., доктор технических наук, профессор

²Косульников Р. А., доктор технических наук, доцент

¹Добринов А. В., кандидат технических наук, доцент

¹Комоедов А. В., младший научный сотрудник

¹Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена по теме Государственного задания FGUN-2022-0010 «Разработать экологически чистые технологии, комплексы машин и оборудование для управления сельскохозяйственными экосистемами при интенсивном и органическом производстве сельскохозяйственной продукции»

Актуальность. При переходе на современные интенсивные технологии производства продукции растениеводства повышаются и ужесточаются требования к конструкции машин и их использованию. Разрабатываемые новые технические средства, в том числе и почвообрабатывающие агрегаты должны обеспечить энергетическую, экологическую и экономическую эффективность в процессе выполнения технологических операций в период эксплуатации. Цель исследований – сравнение энергетических и экологических показателей оценки эффективности почвообрабатывающих агрегатов для поверхностной и мелкой обработки почвы. **Объект.** Объектом исследований являлся процесс поверхностной и мелкой обработки почвы почвообрабатывающих машин КПМ-2.7 и КН-2.8 в

агрегате с трактором класса 1.4. **Материалы и методы.** При проведении исследований применялись методы энергетической оценки технических средств, основанные на определении и изучении закономерностей, протекающих в процессе обработки почвы. **Результаты и выводы.** Проведена комплексная сравнительная оценка работы почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8 для поверхностной и мелкой обработки почвы. В качестве оценочных показателей рассмотрены: экономические – производительность и погектарный расход топлива, энергетические – энергоёмкость технологического процесса, экологические – масса токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га площади почвообрабатывающими агрегатами. Установлены закономерности изменения производительности, погектарного расхода топлива, энергоёмкости технологического процесса и массы токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га площади в зависимости от скорости движения почвообрабатывающих агрегатов. Сравнительная оценка работы почвообрабатывающих машин показала, что разработанная в ИАЭП-филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ комбинированная почвообрабатывающая машина КПМ-2.7 в агрегате с трактором класса 1.4 по основным показателям превосходит аналог – КН-2.8 с трактором МТЗ-82.1. Почвообрабатывающий агрегат МТЗ-82.1+КПМ-2.7 по сравнению с МТЗ-82.1+КН-2.8 обеспечивает повышение производительности на 3,9-5,7%, снижение погектарного расхода топлива на 3,8-5,5 %, энергоёмкости процесса обработки почвы на 3,82-5,64% и выбросов токсичных компонентов на 3,8-5,5%.

Ключевые слова: *способы обработки почвы, почвообрабатывающие агрегаты, погектарный расход топлива, выбросы токсичных компонентов.*

Цитирование. Джабборов Н. И., Косильников Р. А., Добринов А. В., Комоедов А. Д. Сравнительная энерго-экологическая оценка почвообрабатывающих агрегатов. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 251-263. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-29.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Исследование работы различных почвообрабатывающих технических средств показывает, что из всего объёма топливно-энергетических затрат в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур на обработку почвы и подготовку к посеву приходится 35-40 %, что свидетельствует о высокой энергоёмкости процессов [1, 2, 3].

При переходе на современные интенсивные технологии производства продукции растениеводства повышаются и ужесточаются требования к конструкции машин и их использованию. Разрабатываемые новые технические средства, в том числе и почвообрабатывающие агрегаты должны обеспечить энергетическую, экологическую и экономическую эффективность в процессе выполнения тех или иных технологических процессов в период эксплуатации. Классический метод экономической оценки широко известен и является основным при расчете проектируемой новой техники. Энерго-экологическая оценка машин является достаточно сложной, так как требует применения многокритериального подхода для определения их эффективности. Одна из таких работ посвящена исследованию энергозатрат многоэлементного комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата [4]. Авторы пришли к заключению, что значительное количество конструкций комбинированных многоэлементных сельскохозяйственных агрегатов требует создания эффективных средств и методов исследования энергетических затрат, оценки влияния структуры на энергетические затраты и формирования энергетическо-динамических моделей почвообрабатывающих посевных агрегатов.

В работе [5] авторы приводят результаты общей энергетической оценки технологического процесса обработки почвы. На основе исследований работы различных (активных, пассивных и комбинированных) почвообрабатывающих рабочих органов [6] обоснована целесообразность оценки степени совершенства технологии обработки почвы по затратам энергии. Установлено, что доля удельных затрат энергии, расходуемой на процесс крошения (рыхления) почвы, может достигать 35-40% от всех затрат на её обработку.

Авторами исследования [7] выявлены недостатки лаповых рабочих органов, заключающиеся в том, что после прохода культиваторов повышается гребнистость, значительно перемешиваются горизонты почвы, что отрицательно сказывается на качестве послойной обработки и приводит к повышенному испарению влаги. Предлагается усовершенствовать почвообрабатывающие рабочие органы путём представления их элементов в виде дуг окружности с переменным углом резания.

Особенности воздействия рабочей поверхности лапы культиватора на почву и влияние ее формы на характер деформации почвы и энергоемкость процесса почвообработки изложены в работе [8]. Автором разработана новая конструкция лапы культиватора, которая обеспечивает повышение качества обработки и снижение энергоемкости процесса.

Исследователи в статье [9] также пришли к выводу, что мероприятия, направленные на уменьшение затрат энергии при обработке почвы, определяются технологией возделывания сельскохозяйственных культур, а также оптимизацией параметров рабочих органов. Ими разработаны комбинированные рабочие органы для послойной безотвальной обработки почвы.

На основе анализа работы различных почвообрабатывающих рабочих органов пропашных культиваторов авторы статьи [10] предлагают новые рабочие органы, которые обеспечивают экологическую эффективность междурядной обработки, механического уничтожения сорной растительности.

В исследовании [11] проведена сравнительная энергооценка обработки почвы: вспашка без предплужников, вспашка с предплужниками у стенки борозды и вспашка с орудием с леворежущими ножами. На основе анализа результатов авторами предложен комбинированный способ основной обработки почвы и машина с использованием леворежущих ножей. Машина обеспечивает послойную, отвальную мелкую (12-16 см) и безотвальную мелкую (12-16 см) обработку почвы.

Разработке перспективных рабочих органов, обеспечивающих снижение тягового сопротивления без ущерба качества обработки почвы, способствующих улучшению показателей динамических характеристик почвообрабатывающих агрегатов, в том числе их экологической безопасности посвящена работа [12]. Исследованиями установлено, что высокочастотные колебания, появляющиеся при работе предложенных адаптивных рабочих органов улучшают процессы резания и рыхления почвы.

При выборе техники имеет значение комплексная оценка эффективности и экологической безопасности МТА. В статье [13] в качестве критериев оценки функционирования МТА рассматривались экономические, энергетические и экологические показатели. Анализ технологий и технических средств позволил сформировать номенклатуру показателей оценки эффективности и экологической безопасности технологий и машин для производства продукции растениеводства. Рассмотренные показатели служат основой для создания (формализации) общего алгоритма расчета и разработки методики формирования машинных технологий органического производства продукции растениеводства.

В работе [14] дан анализ нормативных баз экологической безопасности тракторов, машин и оборудования, действующих на территории Таможенного союза и Российской Федерации, и методического обеспечения получения нормируемых показателей. Рассмотрена проблема, касающаяся перемещения внедорожных самоходных машин по дорогам общей сети.

Для оценки экологической безопасности технических средств в работе [15] изложены результаты оценки воздействия их движителей на почву и окружающую среду, обоснованы диапазоны коэффициентов, по которым назначаются категории экологической безопасности машин.

В исследовании [16] автор доказывает, что экологическую эффективность почвообрабатывающих агрегатов можно достичь путём использования совершенных конструкций рабочих органов и экономичных двигателей, которые обеспечивают меньшую интенсивность воздействия на почву и повышают топливную экономичность, перспективными при этом являются почвообрабатывающие машины с активными рабочими органами.

Целью наших исследований является сравнение энергетических и экологических показателей оценки эффективности почвообрабатывающих агрегатов для поверхностной и мелкой обработки почвы.

Материалы и методы. Объектом исследований являлся технологический процесс мелкой обработки почвы комбинированной почвообрабатывающей машины КРМ-2.7 (разработки ИАЭП-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) и серийного культиватора КН-2.8, агрегируемых с трактором класса 1.4.

Предметом исследований являлись закономерности изменения энергоэкологических показателей почвообрабатывающих машин: производительность за 1 час сменного времени, погектарный расход топлива, энергоемкость технологического процесса и количество (масса) выбросов токсичных компонентов в окружающую среду при сгорании 1 кг топлива.

Экспериментальные исследования почвообрабатывающих агрегатов были проведены на опытных производственной базы филиала. Исследования проводились в следующих условиях:

- температура атмосферного воздуха, °С – 11;
- длина гона поля, м – 100;
- влажность почвы, % – 22;
- средняя скорость ветра, м/с – 3,8;
- тип почвы: среднесуглинистая дерново-подзолистая;
- рельеф поля: 1-2⁰;
- засоренность поля, шт./м² – 1-2;
- твердость почвы до обработки в слое 0-7 см/0-14 см: 0,21/0,49 МПа.

Общий вид экспериментальной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7 с рабочими органами серпообразной формы в агрегате с трактором МТЗ-82.1 представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид комбинированной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7 с рабочими органами серпообразной формы в агрегате с трактором МТЗ-82.1

Figure 1 – General view of the combined tillage machine KPM-2.7 with sickle-shaped working bodies in the unit with the tractor MTZ-82.1

Основным характерным отличием разработанного образца агрегата от имеющихся аналогов является использование новых рабочих органов, созданных и испытанных в 2021 г. авторами (патент РФ 2769225) в виде односторонних крыльев нестандартной (серпообразной) формы, обеспечивающих улучшение процессов резания мощной корневой системы однолетних и многолетних сорных растений, и блока пружинных зубьев, обеспечивающих полное вычесывание (патент РФ №130473) подрезанных сорняков и рыхление почвы.

В таблице 1 представлены основные технические характеристики КПМ-2.7.

Для сравнительной оценки был выбран навесной культиватор КН-2.8, который по техническим характеристикам и назначению соответствует комбинированной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7. Культиватор КН-2.8 предназначен для весеннего закрытия влаги и сплошной предпосевной обработки почвы, а также для ухода за парами. Культиваторы обеспечивают: рыхление и измельчение комьев почвы; выравнивание поверхности почвы; механическую борьбу с сорняками; сохранение на поверхности поля после жатвенных остатков.

Таблица 1 – Техническая характеристика комбинированной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7
Table 1 – Technical characteristics of the combined tillage machine KPM-2.7

Параметр / Parameter	Значение / Meaning
Тяговый класс трактора / Tractor traction class	1.4
Тип машины / Machine Type	Навесная / Hinged
Рабочая скорость, км/ч / Operating speed, km/h	6 – 12
Рабочая ширина захвата, м: / Working width, m:	2,7
Производительность в час, га / Productivity per hour, ha - основного времени / Regular Time - сменного времени / Shift Time	1,62 – 2,70 1,38 – 2,30
Коэффициент надежности технологического процесса / Process Reliability Factor	0,95
Количество обслуживающего персонала, чел / Number of service personnel, people	1
Габаритные размеры, длина/ширина/высота, мм: / Overall dimensions, length/width/height, mm:	2800/2700/1400
Масса машины, кг / Vehicle weight, kg	910
Глубина обработки почвы, см / Depth of tillage, cm	5 – 14
Количество основных рабочих органов (серпообразные лапы), шт. / Number of main working bodies (sickle-shaped tines), pcs.	6
Количество пружинных зубьев, шт. / Number of spring teeth, pcs.	18
Межследие основных рабочих органов, мм / Track spacing of the main working bodies, mm	840
Транспортная скорость, км/ч / Transport speed, km/h	Не более 20 / Not more than 20

На рисунке 2 представлен общий вид культиватора КН-2.8.



Рисунок 2 – Общий вид культиватора КН-2.8
Figure 2 – General view of the cultivator KN-2.8

В таблице 2 приведена краткая техническая характеристика культиватора КН-2.8.

При определении энергетических и экологических показателей оценки работы почвообрабатывающих агрегатов рассматриваем их в виде одномерной модели, когда входной параметр x влияет на какой-либо из выходных параметров y (рисунок 3). В качестве входного параметра x рассматриваем скорость V_p движения, а в качестве выходных пока-

зателей $У$ – производительность W_i за 1 час сменного времени, погектарный расход топлива $Q_{га}$, энергоёмкость технологического процесса E_i и массу токсичных компонентов $M_{ТК}$, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га почвообрабатывающими агрегатами.

Таблица 2 – Краткая техническая характеристика культиватора КН-2.8

Table 2 – Brief technical characteristics of the cultivator KN-2.8

Параметр / Parameter	Значение / Meaning
Тяговый класс трактора / Tractor traction class	1.4
Тип машины / Machine Type	Навесная / Hinged
Рабочая скорость, км/ч / Operating speed, km/h	8-15
Рабочая ширина захвата, м: / Working width, m:	2,8
Производительность в час, га / Productivity per hour, ha - основного времени / Regular Time - сменного времени / Shift Time	2,24 – 4,20 1,90 – 3,57
Коэффициент надежности технологического процесса / Process Reliability Factor	0,95
Количество обслуживающего персонала, чел / Number of service personnel, people	1
Габаритные размеры, длина/ширина/высота, мм: / Overall dimensions, length/width/height, mm:	2500/3000/1300
Масса машины, кг / Vehicle weight, kg	720
Глубина обработки почвы, см / Depth of tillage, cm	12
Количество лап, шт. / Number of paws, pcs.	11
Транспортная скорость, км/ч / Transport speed, km/h	Не более 20 / Not more than 20

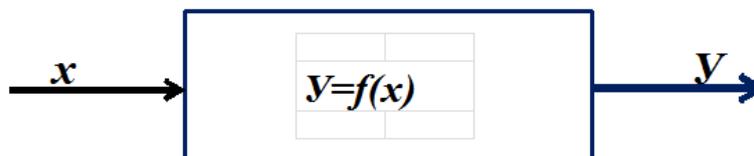


Рисунок 3 – Одномерная математическая модель почвообрабатывающего агрегата

Figure 3 – One-dimensional mathematical model of a tillage unit

При обработке экспериментальных данных установлена статистическая стандартная ошибка выборочного среднего значения тягового сопротивления культиватора по формуле:

$$S_{\bar{R}} = \frac{\sigma_R}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где σ_R – среднее квадратическое отклонение тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата, кН; n – объём выборки.

Ошибка выборочного среднего значения $S_{\bar{R}}$ скорости движения почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8 варьировалась в пределах 0,040-0,055 м/с.

Полученные в процессе экспериментальных исследований опытные данные обрабатывались по методике, изложенной в работе [17].

Результаты и обсуждение. Наличие экспериментальных данных позволяет провести сравнительную оценку технико-экономических показателей работы почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8.

В первую очередь рассмотрим закономерности изменения производительности упомянутых агрегатов от скорости их движения (рисунок 4).

С повышением скоростного режима работы почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8 наблюдается повышение их производительности за 1 час сменного времени. Так, в диапазоне рабочих скоростей от 1,83 до 3,33 м/с производительность почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82.1+КПМ-2.7 увеличилась от

1,48 до 2,65 га/ч. В указанном диапазоне скоростей движения почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82.1+КН-2.8, его производительность повысилась от 1,40 до 2,55 га/ч. В пределах изменения скоростей от 1,83 до 3,33 м/с среднее значение производительности почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82.1+КПМ-2.7 на 3,9-5,7 % больше, чем у МТЗ-82.1+КН-2.8.

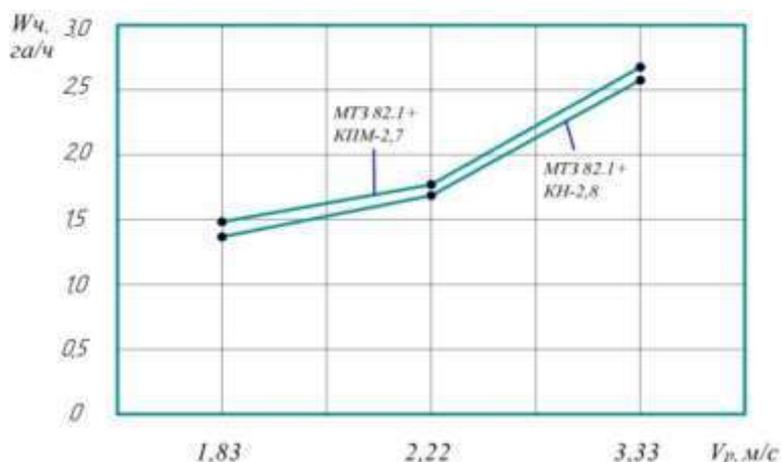


Рисунок 4 – Зависимости производительности почвообрабатывающих агрегатов от их скорости движения при глубине обработки 10-12 см

Figure 4 – Dependences of the productivity of tillage aggregates on their speed of movement at a depth of 10-12 cm

Повышение производительности МТЗ-82.1+КПМ-2.7 по сравнению МТЗ-82.1+КН-2.8. при работе на одинаковых скоростных режимах связано, прежде всего, с повышенной технологической надежностью агрегата, полученной в условиях проведения эксперимента, так как в процессе резания сорной растительности с мощной корневой системой при работе последнего происходило периодическое забивание его рабочих органов, при этом часть сорняков не была подрезана полностью и, соответственно, вычесана на поверхность поля, в случае же с КПМ-2.7 происходило полное подрезание благодаря специально разработанным для этого рабочим органам.

На основе экспериментальных данных с использованием интерполяционной формулы Лагранжа были установлены эмпирические зависимости, описывающие закономерности изменения производительности почвообрабатывающих агрегатов:

- для МТЗ-82.1+КПМ-2.7:

$$W_{\text{ч}} = 0,0328(\bar{V}_p)^2 + 0,6107(\bar{V}_p) + 0,2525; \quad (2)$$

- для МТЗ-82.1+КН-2.8:

$$W_{\text{ч}} = -0,0023(\bar{V}_p)^2 + 0,7786(\bar{V}_p) - 0,01708. \quad (3)$$

Аналогичные рассуждения можно привести и по такому важному показателю оценки топливной экономичности почвообрабатывающих агрегатов – расходу топлива на единицу выполненной работы (или погектарному расходу топлива). На рисунке 5 представлены графические зависимости погектарного расхода топлива сравниваемых почвообрабатывающих агрегатов.

С повышением скоростного режима работы наблюдается снижение среднего значения расхода топлива на единицу выполненной работы. Так, при увеличении рабочих скоростей от 1,83 до 3,33 м/с среднее значение погектарного расхода топлива $Q_{\text{га}}$ МТЗ-82.1+КПМ-2.7 уменьшается от 8,59 до 4,8 кг/га, а для МТЗ-82.1+КН-2.8 от 9,09 до 4,99 кг/га соответственно. Результаты эксперимента свидетельствуют, что почвообрабатывающий агрегат МТЗ-82.1+КПМ-2.7 в диапазонах изменения скоростей $V_p = 1,83 - 3,33$ м/с на обработку 1 га расходует на 3,8-5,5 % меньше топлива по сравнению с МТЗ-82.1+КН-2.8.

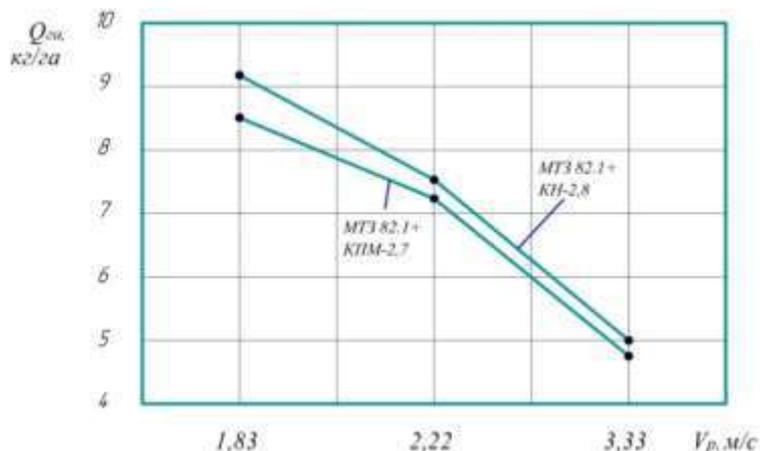


Рисунок 5 – Зависимости погектарного расхода топлива почвообрабатывающих агрегатов от их скорости движения при глубине обработки 10-12 см

Figure 5 – Dependences of the per-hectare fuel consumption of tillage units on their speed of movement at a processing depth of 10-12 cm

Были выявлены закономерности изменения погектарного расхода топлива почвообрабатывающих агрегатов, описываемые эмпирическими зависимостями:

- для МТЗ-82.1+КПМ-2.7:

$$Q_{гр} = 0,9577(\bar{V}_p)^2 - 7,4685(\bar{V}_p) + 19,0501; \quad (4)$$

- для МТЗ-82.1+КН-2.8:

$$Q_{гр} = 1,2335(\bar{V}_p)^2 - 9,0984(\bar{V}_p) + 21,6091. \quad (5)$$

Одним из показателей оценки работы почвообрабатывающих агрегатов достаточно полно характеризующим энергетическую эффективность процесса почвообработки, являются энергетические затраты необходимые для его выполнения.

На рисунке 6 представлены графические зависимости энергоёмкости технологического процесса обработки почвы от их скорости движения почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8.

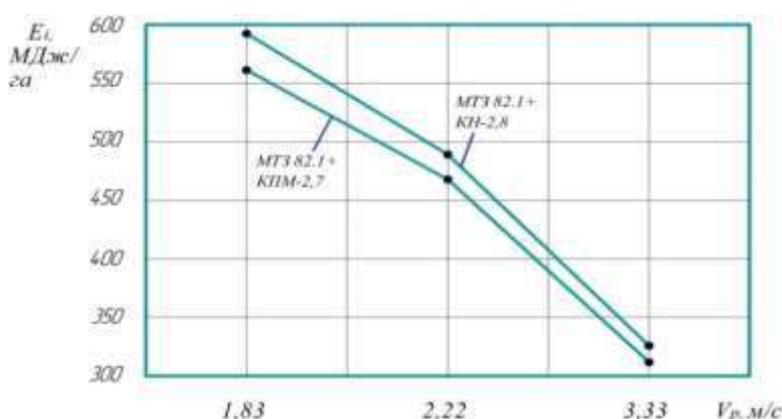


Рисунок 6 – Зависимости энергоёмкости технологического процесса обработки почвы от скорости движения почвообрабатывающих агрегатов при глубине обработки 10-12 см

Figure 6 – Dependences of the energy intensity of the technological process of tillage on their speed of movement of tillage units at a depth of 10-12 cm

С изменением скоростного режима почвообрабатывающих агрегатов наблюдалось существенное изменение среднего значения энергоёмкости технологического процесса. Так, с повышением рабочих скоростей от 1,83 до 3,33 м/с среднее значение энергоёмкости

процесса обработки почвы почвообрабатывающим агрегатом МТЗ-82.1+КПМ-2.7 уменьшилось от 558,9 до 312,2 МДж/га, то есть на 44,1 %. В указанном диапазоне рабочих скоростей энергоёмкость процесса обработки почвы почвообрабатывающим агрегатом МТЗ-82.1+КН-2.8 уменьшилась от 592,32 до 324,60 МДж/га, то есть на 45,2 %.

Использование почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82.1+КПМ-2.7 по сравнению с агрегатом МТЗ-82.1+КН-2.8 обеспечивает снижение энергоёмкости процесса обработки почвы на 3,7-5,6 %.

Обобщение экспериментальных данных позволило установить эмпирические зависимости, которые описывают закономерность изменения энергоёмкости технологического процесса обработки почвы на глубину 10-12 см почвообрабатывающими агрегатами:

- для МТЗ-82.1+КПМ-2.7:

$$E_i = 62,5040(\bar{V}_p)^2 - 486,9875(\bar{V}_p) + 240,7674; \quad (6)$$

- для МТЗ-82.1+КН-2.8:

$$E_i = 82,1501(\bar{V}_p)^2 - 602,3748(\bar{V}_p) + 1419,5532. \quad (7)$$

Следует отметить, что разработка методов и способов уменьшения загрязнения окружающей среды выхлопными газами тракторных и автомобильных двигателей в последние годы стала актуальной задачей. Для ее решения необходимо не только глубоко изучить процесс сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания и в дальнейшем усовершенствовать их конструкцию, но и научно обосновать технико-технологические решения относительно формирования эффективных технологий и технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур.

Общеизвестно, что двигатели внутреннего сгорания загрязняют окружающую среду вредными веществами, выбрасываемыми с выхлопными газами. Количество токсичных компонентов (г), образующееся при сгорании 1 кг дизельного топлива составляет в среднем 57 г, в том числе оксид углерода – 21 г; углеводороды – 4 г; оксиды азота – 18 г; диоксид серы – 8 г; альдегиды – 1 г и сажа – 5 [18].

С целью оценки экологической эффективности разработанной в ИАЭП комбинированной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7 с трактором класса 1.4 в сравнении с культиватором КН-2.8 нами на основе экспериментально установленного показателя – расхода топлива на единицу выполненной работы (рисунок 5) определено количество (масса) M_{TK} выбросов токсичных компонентов при обработке 1 га (рисунок 7).

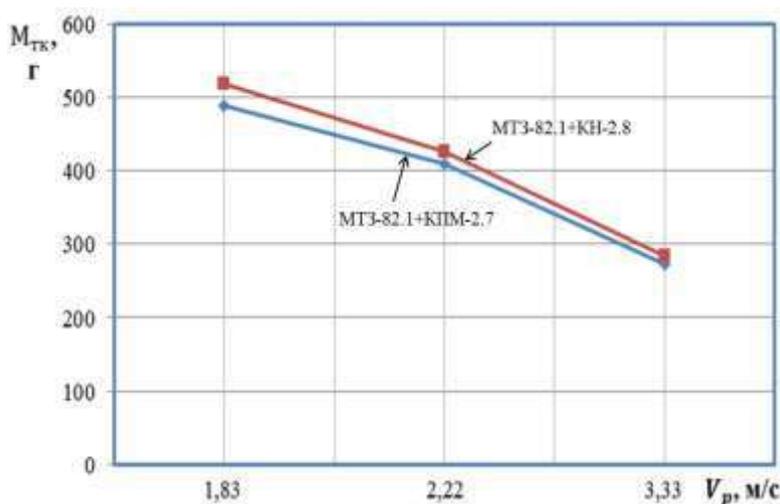


Рисунок 7 – Масса токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га площади почвообрабатывающими агрегатами

Figure 7 – The mass of toxic components released into the atmosphere during the processing of 1 ha of area by tillage units

С повышением скоростного режима работы от 1,83 до 3,33 м/с масса токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га почвообрабатывающим агрегатом МТЗ-82.1+КН-2.8 уменьшается от 518,1 до 284,4 г.

Установлены эмпирические зависимости, описывающие закономерности изменения массы токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га почвообрабатывающими агрегатами:

- для МТЗ-82.1+КПМ-2.7:

$$M_{\text{тк}} = 54,6084(\bar{V}_p)^2 - 425,7796(\bar{V}_p) + 1085,8984; \quad (8)$$

- для МТЗ-82.1+КН-2.8:

$$M_{\text{тк}} = 70,3119(\bar{V}_p)^2 - 518,6091(\bar{V}_p) + 1231,6874. \quad (9)$$

Все полученные эмпирические зависимости (2) – (9) справедливы в диапазоне изменения скорости движения почвообрабатывающих агрегатов $V_p = 1,83 - 3,33$ м/с на глубине обработки почвы 10-12 см. В указанных диапазонах изменения скоростей, масса токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га почвообрабатывающим агрегатом МТЗ-82.1+КПМ-2.7 уменьшается от 489,6 до 273,6 г.

Расчёты свидетельствуют, что в данном диапазоне рабочих скоростей на 1 га обработанной площади происходит снижение выбросов токсичных компонентов на 10,8-28,5 г (или на 3,9-5,6%) при работе МТЗ-82.1+КПМ-2.7 по сравнению с МТЗ-82.1+КН-2.8. Эти данные свидетельствуют о том, что МТЗ-82.1+КПМ-2.7 является экологически эффективным почвообрабатывающим орудием по сравнению с МТЗ-82.1+КН-2.8.

Заключение. Проведена сравнительная оценка работы почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8 для поверхностной и мелкой обработки почвы. В качестве оценочных показателей рассмотрены: экономические – производительность и погектарный расход топлива, энергетические – энергоёмкость технологического процесса, экологические – масса токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га площади почвообрабатывающими агрегатами.

Установлены закономерности изменения производительности, погектарного расхода топлива, энергоёмкости технологического процесса и массы токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га площади в зависимости от скорости движения почвообрабатывающих агрегатов.

Сравнительная оценка работы почвообрабатывающих агрегатов показала, что разработанная в ИАЭП комбинированная почвообрабатывающая машина КПМ-2.7 в агрегате с трактором класса 1.4 по основным показателям превосходит аналог – КН-2.8 с трактором МТЗ-82.1. Почвообрабатывающий агрегат МТЗ-82.1+КПМ-2.7 по сравнению с МТЗ-82.1+КН-2.8 обеспечивает повышение производительности на 3,9-5,7%, снижение погектарного расхода топлива на 3,8-5,5 %, энергоёмкости процесса обработки почвы на 3,7-5,6 % и выбросов токсичных компонентов на 3,9-5,6 %.

Conclusions. A comparative assessment of the performance of soil-cultivating units MTZ-82.1+KPM-2.7 and MTZ-82.1+KN-2.8 for surface and shallow tillage was carried out. The following evaluation indicators were considered: economic – productivity and per-hectare fuel consumption, energy – energy intensity of the technological process, environmental – the mass of toxic components emitted into the atmosphere when processing 1 hectare of area with soil-cultivating units.

The patterns of changes in productivity, per-hectare fuel consumption, energy intensity of the technological process and the mass of toxic components emitted into the atmosphere when cultivating 1 hectare of area, depending on the speed of movement of soil-cultivating units, have been established.

A comparative assessment of the operation of soil-cultivating units showed that the combined soil-cultivating machine KPM-2.7, developed at the IAEP, in conjunction with a tractor of class 1.4, is superior in key indicators to its analogue – KN-2.8 with a tractor MTZ-82.1. The MTZ-82.1+KPM-2.7 tillage unit, compared to the MTZ-82.1+KN-2.8, provides an increase in productivity by 3.9-5.7%, a reduction in fuel consumption per hectare by 3.8-5.5%, and a reduction in the energy intensity of the tillage process by 3.82-5.64% and emissions of toxic components by 3.8-5.5%.

Библиографический список

1. Юнусов Г. С., Ахмадеева М. М., Жук А. Ф. Обеспеченность растениеводства почвообрабатывающей техникой: состояние и перспективы. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 1 (48). С. 132–137.

2. Мазитов Н. К., Сахапов Р. Л., Лобачевский Я. П. и др. Итоги многолетних сравнительных испытаний и внедрения новой техники для обработки почвы и посева. Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 8. С. 91-93. <https://cyberleninka.ru/article/n/itogi-mnogoletnih-sravnitelnyh-ispytaniy-i-vnedreniy-novoy-tehniki-dlya-obrabotki-pochvy-i-poseva/viewer>.
3. Лачуга Ю. Ф., Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П., Шогенов Ю. Х. Развитие интенсивных машинных технологий, роботизированной техники, эффективного энергообеспечения и цифровых систем в агропромышленном комплексе. Техника и оборудование для села. 2019. № 6 (264). С. 2-9.
4. Антощенко Р. В., Лебедев А. Т., Антощенко В. М. Исследование энергетических затрат многоэлементного комбинированного почвообрабатывающего посевного агрегата. Инженерия природопользования. 2017. № 1 (7). С. 83-88.
5. Капов С. Н., Бобрышов А. В., Лиханос В. А., Яковлева Л. И., Орлянская И. А., Козлова В. Р. Энергооценка технологического процесса обработки почвы. Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей по материалам XIII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 174-179.
6. Капов С. Н., Орлянский А. В., Кожухов А. А., Бобрышов А. В., Лиханос В. А., Мирошникова В. В. Энергетическая оценка обработки почвы. Вестник аграрной науки Дона. 2018. № 3 (43). С. 8-16.
7. Божко И. В. Обзор тенденций совершенствования рабочих органов для глубокой безотвальной обработки почвы. Инновации в сельском хозяйстве. 2014. № 4. С. 134-140.
8. Пикмуллин Г. В. Особенности воздействия рабочей поверхности лапы культиватора на почву. Научное обозрение. 2015. № 22. С. 61-64.
9. Божко И. В., Пархоменко Г. Г., Камбулов С. И. Исследование энергетических показателей рабочих органов для послонной безотвальной обработки почвы. Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XIII Международной научно-практической интернет-конференции. 2021. С. 426-432.
10. Филиппов А. И., Заяц Э. В., Стуканов С. В., Чеботарев В. П., Пузевич К. Л. Обзор рабочих органов пропашных культиваторов и разработка новых в концепции экологического земледелия. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 121-126.
11. Жученко А. В., Оберемок В. А. Комбинированный способ основной обработки почвы и сравнительная энергетическая оценка различных технологических процессов обработки почвы. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 116. С. 373-386.
12. Джаббаров Н. И., Добринин А. В., Семенова Г. А. Определение энерготехнологических параметров динамичных почвообрабатывающих агрегатов. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 49. С. 252-259.
13. Добринин А. В., Джаббаров Н. И., Сухопаров А. И. Показатели оценки эффективности и экологической безопасности технологий и технических средств производства продукции растениеводства. АгроЭкоИнженерия. 2022. № 3 (112). С. 39-50.
14. Трёмбовельский Л. Г., Грифф М. И. Оценка экологической безопасности тракторов, машин и оборудования. Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 8. С. 45-49.
15. Дмитриев С. А., Тарасенко Б. Ф. Экологическое воздействие движителей машин на почву и окружающую среду безопасность в сельском хозяйстве. Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2018. № 3 (35). С. 129-134.
16. Гуреев И. И. Экологическая эффективность комплекса почвообрабатывающих машин для механизации перспективных агротехнологий. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 71-73.
17. Валге А. М. Обработка данных в EXCEL на примерах: методическое пособие. СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2010. 104 с.
18. Суркин В. И., Петелин А. А., Федосеев С. Ю. Снижение дымности отработавших газов дизеля отключением части цилиндров. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: машиностроение. 2012. № 33 (292). С. 69-74.

References

1. Yunusov G. S., Akhmadeeva M. M., Zhuk A. F. Provision of crop production with tillage equipment: state and prospects. Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2018. Vol. 13. No. 1 (48). Pp. 132-137.
2. Mazitov N. K., Sakhapov R. L., Lobachevski Ya. P., et al. The results of long-term comparative tests and the introduction of new equipment for tillage and sowing. Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2016. Vol. 30. N. 8. Pp. 91-93. <https://cyberleninka.ru/article/n/itogi-mnogoletnih-sravnitelnyh-ispytaniy-i-vnedreniy-novoy-tehniki-dlya-obrabotki-pochvy-i-poseva/viewer>.
3. Lachuga Yu. F., Izmailov A. Yu., Lobachevsky Ya. P., Shogenov Yu. Kh. Development of intensive machine technologies, robotic equipment, efficient energy supply and digital systems in the agro-industrial complex. Machinery and equipment for the village. 2019. No. 6 (264). Pp. 2-9.
4. Antoshenkov R. V., Lebedev A. T., Antoshenkov V. M. Study of energy costs of a multi-element combined tillage sowing unit. Environmental management engineering. 2017. No. 1 (7). Pp. 83-88.
5. Kapov S. N., Bobryshev A. V., Likhanov V. A., Yakovleva L. I., Orlyanskaya I. A., Kozlova V. R. Energy assessment of the technological process of tillage. Actual problems of scientific and technological progress in agriculture: collection of scientific articles based on the materials of the XIII International Scientific and Practical Conference. 2017. Pp. 174-179.
6. Kapov S. N., Orlyansky A. V., Kozhukhov A. A., Bobryshev A. V., Likhanov V. A., Miroshnikova V. V. Energy assessment of soil tillage. Bulletin of Agrarian Science of the Don. 2018. No 3 (43). Pp. 8-16.
7. Bozhko I. V. Review of trends in improving working bodies for deep non-fall tillage. Innovations in agriculture. 2014. No 4. Pp. 134-140.
8. Pikmullin G. V. Features of the impact of the working surface of the cultivator's paw on the soil. Scientific review. 2015. No. 22. Pp. 61-64.
9. Bozhko I. V., Parkhomenko G. G., Kambulov S. I. Study of energy indicators of working bodies for layer-by-layer non-fall tillage. Scientific and information support of innovative development of the agro-industrial complex: materials of the XIII International Scientific and Practical Internet Conference. 2021. Pp. 426-432.

10. Filippov A. I., Zayats E. V., Stukanov S. V., Chebotarev V. P., Puzevich K. L. Review of working bodies of row cultivators and development of new ones in the concept of ecological agriculture. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2020. No 4. Pp. 121-126.
11. Zhuchenko A. V., Oberemok V. A. Combined method of basic tillage and comparative energy assessment of various technological processes of tillage. Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2016. No. 116. Pp. 373-386.
12. Dzhaborov N. I., Dobrinov A. V., Semenova G. A. Determination of energy-technological parameters of dynamic tillage units. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2017. No 49. Pp. 252-259.
13. Dobrinov A. V., Dzhaborov N. I., Sukhoparov A. I. Indicators for assessing the effectiveness and environmental safety of technologies and technical means of production of crop production. Agroecoengineering. 2022. No 3 (112). Pp. 39-50.
14. Trembovsky L. G., Griff M. I. Assessment of environmental safety of tractors, machinery and equipment. Tractors and agricultural machines. 2015. No 8. Pp. 45-49.
15. Dmitriev S. A., Tarasenko B. F. Ecological impact of machine propellers on soil and environment safety in agriculture. Emergencies: industrial and environmental safety. 2018. No. 3 (35). Pp. 129-134.
16. Gureev I. I. Ecological efficiency of a complex of tillage machines for mechanization of promising agrotechnologies. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2015. No 4. Pp. 71-73.
17. Valge A. M. Data processing in EXCEL by examples: methodological guide. St. Petersburg: GNU NWNIIEMSH of the Russian Agricultural Academy, 2010. 104 p.
18. Surkin V. I., Petelin A. A., Fedoseev S. Yu. Reducing the smokiness of diesel exhaust gases by disconnecting part of the cylinders. Bulletin of the South Ural State University. Series: mechanical engineering. 2012. No 33 (292). Pp. 69-74.

Информация об авторах

Джаборов Нозим Исмоилович, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), e-mail: nozimjon-59@mail.ru.

Косульников Роман Анатольевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой "Технические системы в сельском хозяйстве", декан инженерно-технологического факультета, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: itfkosulnikov@yandex.ru

Добринов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), e-mail: a.v.dobrinov@yandex.ru.

Комоедов Алексей Дмитриевич, младший научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), e-mail: komoedov.alexey@yandex.ru.

Author's Information

Dzhaborov Nozim Ismoilovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Leading researcher of the Department of Agroecology in Crop Production, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3) nozimjon-59@mail.ru

Kosulnikov Roman Anatolyevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Technical Systems in Agriculture", Dean of the Faculty of Engineering and Technology, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), E-mail: itfkosulnikov@yandex.ru

Dobrinov Aleksandr Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Senior researcher of the Department of Agroecology in Crop Production, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3), a.v.dobrinov@yandex.ru.

Komoedov Alexey Dmitrievich, Junior researcher Department of Agroecology in Crop Production, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3), komoedov.alexey@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-30

JUSTIFICATION OF THE MAIN INDICATORS OF RELIABILITY AND FAILURE-FREE OPERATION OF DRIP IRRIGATION SYSTEMS DURING OPERATION

Ovchinnikov A. S., Akhmedov A. D., Lipsky D. D., Babaev D. E.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: askar-5@mail.ru

Received 15.11.2023

Submitted 31.01.2024

Summary

Currently, in order to increase the reliability and reliability of drip irrigation systems as a result at the stage of operation of the facility, it is necessary to take into account the results of assessing the influence of design, technological, design and operational factors on the performance of drippers.