

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-111770>

Оригинальное исследование



Параметры машинно-тракторного агрегата (МТА) по подготовке почвы с образованием гряд

Б.Л. Охотников¹, В.Н. Егоров¹, Ю.Н. Строганов²¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Российская Федерация;² Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Один из главных критериев оценки выполненных работ – производительность. Она зависит от ряда показателей: сопротивления на крюке, оптимального использования энергии, применяемых технических средств, приспособленности средств к условиям работ и др. Для установления закономерностей влияния указанных показателей на эффективность работ, требуется проведение экспериментальных исследований.

Цель работы – проведение теоретических расчетов и практических наблюдений за выполнением нарезки гряд под картофель, оценка состава агрегата на выполнение технологического процесса и его последующее использование.

Материалы и методы. Полевые испытания машинно-тракторного агрегата с последующей обработкой результатов с помощью приложений Microsoft Office.

Результаты. Даны рекомендации для практического использования при формировании агрегата в зависимости между скоростью и шириной захвата агрегата для различных значений удельного сопротивления.

Заключение. Практическая ценность исследования заключается в возможности использования предложенных закономерностей для оптимизации состава машинно-тракторного агрегата в соответствии условиям выполнения работ, подбор энергосредства, создание комбинированных машин и агрегатов.

Ключевые слова: картофель; подготовка почвы; грядообразователь; ширина захвата агрегата; скорость; производительность.

Для цитирования:

Охотников Б.Л., Егоров В.Н., Строганов Ю.Н. Параметры машинно-тракторного агрегата (МТА) по подготовке почвы с образованием гряд // Тракторы и сельхозмашины. 2023. Т. 90, № 1. С. 67–72. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-111770>

Рукопись получена: 07.01.2023

Рукопись одобрена: 01.03.2023

Опубликована: 15.03.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-111770>

Original Study Article

The properties of machine-tractor unit (MTU) regarding soil preparation with bed ridging

Boris L. Okhotnikov¹, Vasily N. Egorov¹, Yury N. Stroganov²

¹ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russian Federation;

² Ural Federal University named after the first president of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: One of the main criteria for assessment of work performance is productivity. It depends on a number of indicators: towing resistance, optimal use of energy, used technical equipment, the adaptability of the equipment to the operation conditions, etc. Experimental studies are required in order to establish the patterns of influence of these indicators on work efficiency.

AIMS: Carrying out theoretical calculations and practical observations on the process of bed ridging for potatoes, assessment of the unit assembly for the technological process performing and the using of the unit.

METHODS: Field tests of a machine-tractor unit with subsequent result processing using the Microsoft Office applications.

RESULTS: Recommendations are given for practical use in the unit formation depending on velocity and operation width of the unit for various values of specific resistance.

CONCLUSIONS: The practical value of the study lies in the opportunity of using the proposed patterns for optimization the machine-tractor unit assembly according to operation conditions, selection of power unit, development of combined machines and units.

Keywords: *potatoes; soil preparation; ridger; unit operation width; velocity; productivity.*

Cite as:

Okhotnikov BL, Egorov VN, Stroganov YuN. The properties of machine-tractor unit (MTU) regarding soil preparation with bed ridging. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2023;90(1):67–72. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-111770>

Received: 07.01.2023

Accepted: 01.03.2023

Published: 15.03.2023

ВВЕДЕНИЕ

Один из главных критериев оценки выполненных работ – производительность. Она зависит от ряда показателей: сопротивления на крюке, оптимального использования энергии, применяемых технических средств, приспособленности средств к условиям работ и др.

Для установления закономерностей влияния указанных показателей на эффективность работ, требуется проведение экспериментальных исследований. В связи с этим была поставлена задача проведения теоретических расчетов и практических наблюдений за выполнением нарезки гряд под картофель, как наиболее энергозатратной операции при подготовке почвы.

Результаты наблюдений и последующих расчетов показали, что в Свердловской области большинство предприятий базируется на тяжелых и средних почвах по механическому составу. Такое положение влияет на состав агрегата и скорости движения, от значения которых зависят технико-экономические показатели процесса. Все это диктует необходимость проведения поиска и разработки параметров технических средств для обеспечения эффективного использования МТА, в том числе при нарезке гряд перед посадкой.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ технологии производства картофеля показывает, что основные проблемы возделывания картофеля заключаются в несоответствии параметров имеющейся техники для эффективного использования энергии, заложенной в энергосредствах. Оптимизировать состав агрегатов для соответствующих условий выполнения работ возможно через соотношение скорости и ширины захвата агрегата, подбор энергосредства, создание комбинированных машин и агрегатов.

В задачи настоящего исследования входила оценка состава агрегата для выполнения технологического процесса и использование агрегата, позволяющего обеспечивать состояние клубненосущего слоя для применения комбайновой уборки урожая.

Опыт использования агрегатов показывает: главными критериями оценки операций процесса производства являются производительность и экономичность. Эти показатели зависят в основном от организации работ и оптимального использования применяемых технических средств и размеров полей (особенно длины гона). По данным нормативной станции, для зоны Урала средняя длина гона полей составляет 845 метров.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что длина пути поворота трактора МТЗ-80 с навесной машиной составляет 50 м. Скорость движения на повороте ограничена устойчивостью агрегата и примерно равна 1,67 м/с.

Для определения рациональной скорости агрегата предложена формула [2]

$$V_p = \sqrt{\left(\frac{L}{t_n}\right)^2 + \frac{aL}{\sigma t_n}} - \frac{L}{t_n}, \text{ км/ч}, \quad (1)$$

где L – длина гона, км; t_n – время поворота, ч; a – параметр; σ – коэффициент.

Если в формуле (1) длину гона подставить в метрах, а время поворота в секундах, то скорость движения получим в м/с.

Ширина захвата определяется по крюковой мощности, взятой из тяговой характеристики трактора на соответствующем фоне:

$$B_p = \frac{3,6N_{кр}}{KV_p}, \text{ м}, \quad (2)$$

где $N_{кр}$ – мощность на крюке, кВт; V_p – рабочая скорость, км/ч; K – удельное сопротивление, кН/м, взятое из экспериментальных данных с учетом изменения его в зависимости от скорости при рекомендуемой глубине хода рабочих органов. $N_{кр}$, V_p определяются из тяговой характеристики трактора;

Для определения значений a и σ использован метод наименьших квадратов.

В результате расчетов получены значения $a=4,55$; $b=-0,69$. В этом случае, зависимость ширины захвата B_p от скорости движения V_p примет вид

$$B_p = 4,55 - 0,69 \cdot V_p, \text{ м}, \quad (3)$$

где V_p – рабочая скорость, м/с.

Теоретическая и экспериментальная зависимость ширины захвата от скорости движения агрегата при полном использовании его мощности представлена на рис. 1.

Расчеты показывают, что ошибка при определении ширины захвата по приведенной выше формуле (2) согласно данным, полученным по тяговой характеристике, составляет не более 3,0% для скорости движения до 8,5 км/ч, и – не более 5,69% для скорости свыше 9 км/ч.

По графику или по формуле (3) можно вычислить ширину захвата агрегата $B=2,31$ м. Ближайшая передача трактора – восьмая. Рабочая скорость на этой передаче 3,08 м/с, ширина захвата для этой скорости должна составлять 2,42 м. Это значение достаточно близко к значению для агрегата с модернизированной фрезой КФМ-2,8.

Для шестой передачи – $V_p=2,5$ м/с, $B_p=2,82$ м. Мощность трактора имеет некоторый запас при работе с КФМ-2,8. Использование мощности



Рис. 1. Зависимость ширины захвата МТА от скорости движения (по передачам трактора МТЗ-80).

Fig. 1. The operating width of the MTU depending on motion velocity (according to gears of the MTZ-80 tractor).

несколько не совпадает с оптимальным значением по ширине захвата и скорости движения.

С увеличением длины гона скорость движения увеличивается, а ширина захвата, соответственно, – уменьшается. На каждые 100 м длины гона от принятого расчетного значения 845 м скорость изменяется примерно на 0,65%. При варьировании длины гона от 400 до 1300 м ошибка в определении скорости будет находиться в пределах $\pm 3\%$.

При междурядной обработке преимущественно применяется петлевой поворот. Для агрегата с навесной машиной длина пути поворота зависит, в основном, от характеристик трактора и в расчетах может быть принята постоянной. Скорость поворота ограничивается устойчивостью трактора и может быть принята постоянной. В связи с этим, время поворота, с некоторым допущением, можно считать постоянной величиной.

Величина коэффициента ν зависит, в основном, от показателей тяговой характеристики трактора и, в малой степени, от варьирования удельного сопротивления в функции скорости. Поскольку, для одного и того же фона тяговая характеристика постоянна, то и коэффициент ν для практических расчетов можно принять постоянным.

Анализ полученных результатов показал, что величина параметра a , в значительной степени, зависит от удельного сопротивления почвы и тяговой характеристики трактора. Для конкретного трактора величина такого параметра зависит только от удельного сопротивления почвы.

Установив связь между удельным сопротивлением почвы и параметром a , можно определить рациональное соотношение между скоростью и шириной захвата агрегата для различных значений удельного сопротивления.

Зная удельное сопротивление и крюковую мощность трактора (номинальную) при заданной скорости параметр a можно вычислить согласно формуле:

$$a = \frac{75 \cdot N_k'}{K' \cdot V_p'} + \nu \cdot V_p', \quad (4)$$

где N_k' – номинальная мощность трактора на крюке при скорости движения V_p' , л. с.; K' – удельное сопротивление машины при скорости движения V_p' ; V_p' – скорость движения, м/с; ν – найденный ранее коэффициент.

Определив параметр a и приняв остальные параметры, входящие в формулу (1) постоянными, рассчитаем, с некоторым приближением, для различных значений удельного сопротивления рациональную скорость движения агрегата и ширину захвата.

Для практического пользования в таблице (1) приведены данные расчетов для трактора МТЗ-80.

Результаты приведенных расчетов показывают, что совмещение операций обработки посадок с формированием гряд целесообразно выполнять фрезерным культиватором, оборудованным рабочими органами для сдвигания гребней.

При удельном сопротивлении 3,5–4,0 кН/м следует применять четырехрядный формирователь (на две гряды), например КФМ-2,8М. Отметим, что трактор МТЗ-80 успешно справляется с данной операцией.

На седьмой и восьмой передачах обработка может вестись только трехрядным агрегатом, что нерационально по многим причинам (конструктивным особенностям рабочей машины, агрегатированию, производительности).

Для анализа производительности, полученной по экспериментальным и теоретическим данным,

построена зависимость ее от скорости движения агрегата (рис. 2).

Максимальное несовпадение теоретических и экспериментальных данных (5,9%) имеет место при скорости движения 2,5 м/с. Это вполне приемлемо при использовании методики расчета в практической деятельности.

Приведенные в таблице 1 данные расчетов можно использовать на практике при формировании агрегата.

ВЫВОДЫ

В основе технологического комплекса машин по возделыванию картофеля вместо гребневого профиля клубненосущего слоя с междурядьем 70 см должен лежать обоснованный профиль в виде гряды с соответствующими параметрами.

Результаты проведенного исследования показывают, что формирование гряд целесообразно выполнять фрезерным культиватором, оборудованным рабочими органами для сдвигания почвы. При удельном

сопротивлении 3,5–4,0 кН/м следует применять формирователь на две гряды (например КФМ-2,8М с трактором класса 14 кН).

За счет достаточной ширины междурядья уменьшается уплотнение гряды ходовым аппаратом агрегата, снижается его ресурсопотребление и затраты на единицу продукции, повышается эффективность производства картофеля.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: *Б.Л. Охотников* — технология производства картофеля, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста статьи; *Ю.Н. Строганов* — обзор литературы, сбор и анализ

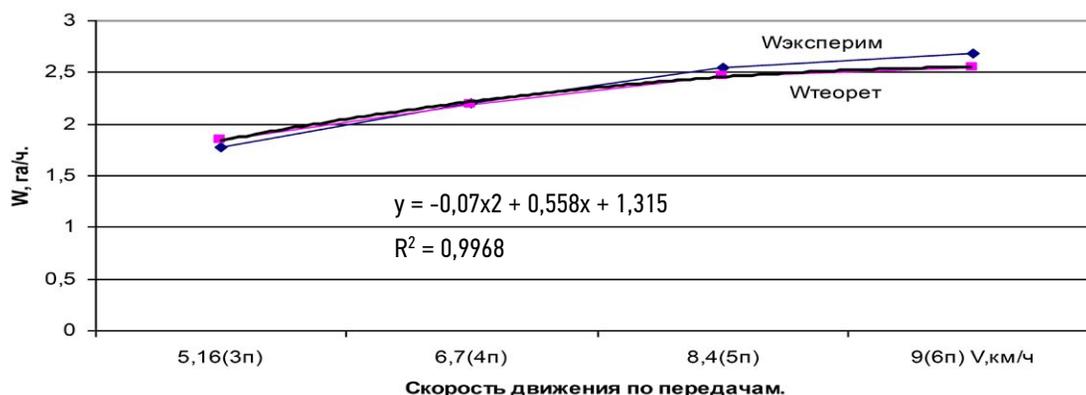


Рис. 2. Производительность МТА по передачам МТЗ-80.

Fig. 2. Productivity of the MTU according to gears of the MTZ-80 tractor.

Таблица 1. Рекомендуемая ширина захвата МТА с трактором МТЗ-80

Table 1. Recommended operating width of the MTU with the MTZ-82 tractor

Удельное сопротивление, кН/м	a	Ширина захвата агрегата, м	Количество обрабатываемых рядков	Скорость движения, км/ч	Передача трактора
3,42	4,51	3,52	5	5,16	3
3,57	4,63	3,35	4	6,7	4
3,75	4,69	3,08	4	8,4	5
3,81	4,77	3,05	4	9,0	6
3,95	4,55	2,56	3	10,4	7
4,02	4,47	2,34	3	11,1	8

литературных источников, подготовка и написание текста статьи; *B.H. Egorov* — обзор литературы, написание текста и редактирование статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors contribution. *B.L. Okhotnikov* — potato production technology, search for publications, collection

and analysis of literary sources, writing the text of the manuscript; *Yu.N. Stroganov* — search for publications, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the manuscript; *V.N. Egorov* — search for publications, writing and editing the text of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 24058-80. Методы эксплуатационно-технологической оценки комплексов машин на этапе испытаний. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200010764>

2. Охотников Б.Л. Повышение эффективности механизированных процессов производства картофеля в зоне Урала путем совершенствования технических средств для ресурсоемких технологических операций. дисс. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 2009.

REFERENCES

1. GOST 24058-80. Methods of operational and technological evaluation of machine complexes at the testing stage. (in Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200010764>

2. Okhotnikov B.L. Povyshenie effektivnosti mekhanizirovannykh protsessov proizvodstva kartofelya v zone Urala putem sovershenstvovaniya tekhnicheskikh sredstv dlya resursoem-kikh tekhnologicheskikh operatsiy. [dissertation] Chelyabinsk; 2009. (in Russ).

ОБ АВТОРАХ

*Егоров Василий Николаевич,

канд. техн. наук,
доцент кафедры технологии металлов
и ремонта машин;
адрес: Российская Федерация, 620075, Екатеринбург,
ул. Карла Либкнехта, д. 42;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9586-128X>;
eLibrary SPIN: 2099-3830;
e-mail: evn-star@yandex.ru

Охотников Борис Лазаревич,

д-р техн. наук, профессор,
профессор кафедры технологии металлов
и ремонта машин;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8261-8359>;
eLibrary SPIN: 2568-4811;
e-mail: bochotnikov@mail.ru

Строганов Юрий Николаевич,

доцент, канд. техн. наук,
руководитель образовательных программ «Автотракторные
направления»;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4203-6748>;
eLibrary SPIN: 8709-8981;
e-mail: yurij.stroganov@mail.ru

*Автор для переписки

AUTHORS' INFO

*Vasily N. Egorov,

Cand. Sci. (Tech.),
Associate Professor of the Metal Technology
and Machine Repair Department;
address: 42 Karla Liebknechta street, 620075 Ekaterinburg,
Russian Federation;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9586-128X>;
eLibrary SPIN: 2099-3830;
e-mail: evn-star@yandex.ru

Boris L. Okhotnikov,

Professor, Dr. Sci. (Tech.),
Professor of the Metal Technology
and Machine Repair Department;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8261-8359>;
eLibrary SPIN: 2568-4811;
e-mail: bochotnikov@mail.ru

Yury N. Stroganov,

Associate Professor, Cand. Sci. (Tech.),
Head of the Automotive and Tractor Fields educational
programs;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4203-6748>;
eLibrary SPIN: 8709-8981;
e-mail: yurij.stroganov@mail.ru

*Corresponding author