

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

AGRICULTURAL MACHINERY AND TECHNOLOGIES

Том 14 N 3 2020

Vol. 14 N 3 2020

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

**КРИТЕРИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**
**CRITERIA FOR ENERGY EFFICIENCY AND ECONOMIC SECURITY
IN AGRICULTURAL TECHNOLOGIES**

**БИОТЕХНИЧЕСКИЕ И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

BIOTECHNOLOGY AND ROBOTIC SYSTEMS IN ANIMAL HUSBANDRY





Сельскохозяйственные МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ»

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(РОСКОМНАДЗОР)
Свидетельство ПИ № ФС77-68608
от 3 февраля 2017 г.

**Журнал включен в перечень изданий,
рекомендованных ВАК РФ для публика-
ции трудов соискателей ученых степе-
ней кандидата и доктора наук**

Журнал включен
в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ)

Полные тексты статей
размещены на сайте электронной
научной библиотеки: <http://elibrary.ru>

Охраняется законом РФ № 5351-1
«Об авторском праве и смежных правах»
от 9 июля 1993 года. Контент распростра-
няется под лицензией Creative Commons
Attribution 4.0 License. Нарушение закона
будет преследоваться в судебном порядке.

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:
В.В. Бижаяев,
Л.А. Горелова,
С.В. Гришуткина,
Р.М. Нурбагандова

Перевод – Александра Чепелева

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
109428, Москва,
1-й Институтский проезд, 5
Телефоны: (499) 174-88-11
(499) 174-89-01

<http://www.vimsmit.com>
e-mail: smit@vim.ru

© ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2020

Отпечатано в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Формат 205 x 290 мм
Подписано в печать 20.09.2020
Тираж 500 экз.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Андрей Юрьевич Измайлов

доктор технических наук, академик Российской академии наук, член Президиума Российской академии наук, директор Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Москва, Российская Федерация

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Виктор Валентинович Альт

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик НАН Монголии, руководитель научного направления Сибирского физи-ко-технического института аграрных проблем, г. Новосибирск, Российская Федерация

Христо Иванов Белоев

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Болгарской академии наук, Русенский универси-тет, г. Русе, Республика Болгария

Михаил Никитьевич Ерохин

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Рос-сийская Федерация

Юрий Анатольевич Иванов

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии наук, директор Всероссий-ского научно-исследовательского института механизации животноводства, г. Подольск, Российская Феде-рация

Йошисукэ Кишида

академик, Президент компании «Шин-Норинша», г. Токио, Япония

Юрий Федорович Лачуга

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

Яков Петрович Лобачевский (ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА)

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, первый заместитель директора Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Москва, Российская Федерация

Антонин Махалек

доктор технических наук, директор Научно-исследовательского института сельскохозяйственной техники,
г. Прага, Чешская Республика

Тадеуш Павловски

доктор технических наук, профессор, директор Промышленного института сельскохозяйственной техники,
г. Познань, Республика Польша

Владимир Дмитриевич Попов

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, руководитель научного на-правления Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Жарылкасын Сарсембекович Садыков

доктор технических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института агроинженерных про-блем и новых технологий Казахского национального агроуниверситета, г. Алматы, Республика Казахстан

Дмитрий Семенович Стребков

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Юлия Сергеевна Ценч

кандидат педагогических наук, доцент, начальник отдела образования, научно-технической информации и редакционно-издательской деятельности Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Москва, Российская Федерация

Вячеслав Иванович Черноиванов

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация



SCIENTIFIC-THEORETICAL
JOURNAL

The journal is registered by
Federal Agency for Supervision of
Legislation Observance of Mass
Communications Sphere and
Cultural Heritage Protection
Certificate ПИ No. ФС77-68608
from February, 3, 2017

**The Journal is included in the
list of peer-reviewed scientific
publications recommended
by the Higher Attestation
Commission for publishing the
research results from theses for
Ph.D. and Dr.Sc. degrees.**

The journal is included in the
Russian Index of Scientific Citation
(RISC).

Full texts of articles are placed on
the website of electronic library:
elibrary.ru

Protected by the Russian Federal
Law RF №5351-1 "On Copyright
and Related Rights" dated July 9,
1993. Content is distributed under
Creative Commons Attribution 4.0
License. Violations are subject to
prosecution.

EXECUTIVE EDITORS:

Bizhaev V.V.,
Gorelova L.A.,
Grishutkina S.V.,
Nurbagandova R.M.
Translation into English –
Aleksandra Chepeleva

EDITORIAL OFFICE'S ADDRESS

109428, Moscow,
1st Institutskiy proezd, 5
Tel.: +7 (499) 174-88-11
+7 (499) 174-89-01

<http://www.vimsmit.com>
e-mail: smit@vim.ru

Printed by FSAC VIM

Russian Academy of Science

The format is 205 × 290 mm

The issue was submitted 20.09.2020

The circulation is 500 copies

[SEL'SKOKHOZYAYSTVENNYE MASHINY I TEKHNOLOGII]

**Founder and publisher: Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Agroengineering Center VIM" of the Russian Academy of Sciences**

EDITOR-IN-CHIEF

Andrey Yu. Izmaylov

Dr.Sc.(Eng.), Member of the Russian Academy of Sciences, Academic Board Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

EDITORIAL BOARD

Viktor V. Al't

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russian Federation, Academician of NAS of Mongolia, Head of Scientific Division of Siberian Physical and Technical Institute of Agrarian Problems, Novosibirsk, Russian Federation

Khristo I. Beloev

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member of the Bulgarian Academy of Sciences, University of Ruse, Republic of Bulgaria

Mikhail N. Erokhin

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Yuriy A. Ivanov

Dr.Sc.(Agr.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences; Director of the All-Russian Scientific and Research Institute of Livestock Mechanization, Podolsk, Russian Federation

Yoshisuke Kishida

Academician, President Shin-Norinsha Co., LTD, Tokyo, Japan

Yuriy F. Lachuga

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Academician Secretary of Department of Agricultural Sciences at the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Yakov P. Lobachevskiy (DEPUTY EDITOR)

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, First Deputy Director of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Antonin Makhalek

Dr.Sc.(Eng.), Director of the Agricultural Machinery Research Institute, Prague, Czech Republic

Tadeush Pavlovsky

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Director of the Industrial Institute of Agricultural Machines, Poznan, Poland

Vladimir D. Popov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Research Direction of the Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production, St.Peterburg, Russian Federation

Zharylkasyn S. Sadykov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Director of Research Institute of Agroengineering Problems and New Technologies, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Dmitriy S. Strebkov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Yulia S. Tsench

Ph.D.(Ed.), Associate Professor, Head of Publishing Activity, Education and Technical information Department of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Vyacheslav I. Chernovanov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

**ЭКОЛОГИЯ**

- Сойнинен Х., Ранта-Корхонен Т., Тимофеев Е.В., Эрк А.Ф.**
Критерии энергоаудита сельскохозяйственных предприятий: новые подходы и оценки 4

- Лавров А.В., Шевцов В.Г., Русанов А.В., Казакова В.А.**
Согласование тягово-сцепных качеств движителей сельскохозяйственных мобильных энергетических средств с допустимым максимальным давлением на почву 9

ТЕХНИКА ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

- Норчаев Р.Н., Норчаев Д.Р., Чоршанбиев Р.Х.**
Обоснование параметров решетчатого рыхлителя копателя моркови в условиях Республики Узбекистан. 15

МЕХАНИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

- Ружин С.С., Владимиров Ф.Е., Юрочка С.С., Довгерд Г.А.**
Обоснование технологических схем и параметров роботизированных доильных залов 20

- Кирсанов В.В., Цой Ю.А.**
Тенденции развития биотехнических систем в животноводстве. 27

- Павкин Д.Ю., Никитин Е.А., Зобов В.А.**
Система роботизированного обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах 33

- Коршунов А.Б.**
Влияние энергосберегающих систем с использованием природного холода на энергоёмкость процесса охлаждения молока. 39

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

- Ростовцев Р.А., Черников В.Г., Ущуповский И.В., Попов Р.А.**
Основные проблемы научного обеспечения льноводства 45

ТЕХНИКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

- Лискин И.В., Миронова А.В.**
Обоснование искусственной почвенной среды для лабораторных исследований износа и тяговых характеристик почворезущих рабочих органов 53

- Епифанцев В.В., Осипов Я.А., Вайтехович Ю.А.**
Сошники для выращивания экологически безопасной сои 59

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

- Давыдова С.А., Чаплыгин М.Е.**
Техническая оснащённость селекции и семеноводстве кукурузы. 66

ECOLOGY

- Soininen H., Ranta-Korhonen T., Timofeev E.V., Erk A.V.**
Energy audit criteria of agricultural enterprises: new approaches and assessment 4

- Lavrov A.V., Shevtsov V.G., Rusanov A.V., Kazakova V.A.**
Matching the traction qualities of agricultural mobile power vehicles with the permissible maximum pressure on the soil 9

MACHINERY FOR PLANT GROWING

- Norchaev R.N., Norchaev D.R., Chorshanbiev R.Kh.**
Substantiation of the lattice ripper parameters of the carrot digger in conditions of the Republic of Uzbekistan. 15

MECHANIZATION OF ANIMAL INDUSTRY

- Ruzin S.S., Vladimirov F.E., Yurochka S.S., Dovgerg G.A.**
Justification of technological schemes and parameters of robotic milking parlors 20

- Kirsanov V.V., Tsoy Yu.A.**
Trends in the development of biotechnical systems in animal husbandry. 27

- Pavkin D.Yu., Nikitin E.A., Zobov V.A.**
Robotic system for maintenance of feed table for live-stock complexes 33

- Korshunov A.B.**
Influence of energy-saving systems using natural cold on the energy intensity of the milk cooling process. 39

NEW MACHINERY AND TECHNOLOGIES

- Rostovtsev R.A., Chernikov V.G., Ushchapovsky I.V., Popov R.A.**
The main problems of scientific support of flax growing 45

MACHINERY FOR SOIL CULTIVATION

- Liskin I.V., Mironova A.V.**
Artificial soil environment justification for laboratory studies of wear and traction characteristics of soil-cutting working bodies 53

- Epifantsev V.V., Osipov Ya.A., Vaytekovich Yu.A.**
Plowshares for growing ecologically safe soybeans 59

PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION

- Davydova S.A., Chaplygin M.E.**
Technical equipment of corn breeding and seed production 66



Обоснование параметров решетчатого рыхлителя копателя моркови в условиях Республики Узбекистан

Рустам Нуриддинович Норчаев¹,
кандидат технических наук, доцент;
Даврон Рустамович Норчаев²,
доктор технических наук, руководитель лаборатории,
e-mail: davron_1983k@mail.ru;

Равшан Хушмуродович Чоршанбиев¹,
научный сотрудник

¹Каршинский инженерно-экономический институт (КИЭИ), г. Карши, Республика Узбекистан;

²Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, г. Янгиюль, Республика Узбекистан

Реферат. Показали, что во время уборки моркови копателями из-за изменчивости физико-механических свойств почвы образуются прочные почвенные комки, которые плохо отделяются от корнеплодов и осложняют технологический процесс сепарации, что приводит к перегрузке машин. Разработали решетчатый рыхлящий рабочий орган, улучшающий сепарирующие способности элеватора копателя. (*Цель исследования*) Обосновать параметры решетчатого рыхлителя копателя моркови, который обеспечивает интенсивное разрыхление почвы и увеличивает полноту сепарации примесей при минимальном повреждении корнеплодов. (*Материалы и методы*) Исследовали геометрические, кинематические параметры решетчатого рыхлителя копателя моркови. Изучив физико-механические свойства грядки моркови, теоретически обосновали конструктивные параметры механизма и его кинематические показатели. (*Результаты и обсуждение*) Установили, что при взаимодействии решетчатого рыхлителя с почвенными пластами на элеваторе происходит разрушение почвенных комков, разрыхление почвы при следующих параметрах: радиус рыхлителя – не более 9,5 сантиметра, высота расположения вала – 20 сантиметров, погруженная часть лопасти рыхлителя – 6 сантиметров, ширина решетчатого рыхлителя – 47 сантиметров. (*Выводы*) Выявили, что решетчатые рыхлители способствуют интенсивному сепарированию почвенного пласта без повреждения и потерь корнеплодов моркови. Доказали, что окружная скорость решетчатого рыхлителя должна быть не более 2,5 метра в секунду, кинематический режим средства интенсификации сепарации – 2,5, радиус рыхлителя – не более 9,5 сантиметра.

Ключевые слова: копатель моркови, сепарация почвенных комков, решетчатый рыхлитель, клубненосный пласт, морковь, кинематический режим.

Для цитирования: Норчаев Р.Н., Норчаев Д.Р., Чоршанбиев Р.Х. Обоснование параметров решетчатого рыхлителя копателя моркови в условиях Республики Узбекистан // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. №3. С. 15-19. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-3-15-19.

Substantiation of the Lattice Ripper Parameters of the Carrot Digger in Conditions of the Republic of Uzbekistan

Rustam N. Norchaev¹,
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Davron R. Norchaev²,
Dr.Sc.(Eng.), head of laboratory,
e-mail: davron_1983k@mail.ru;

Ravshan Kh. Chorshanbiev¹,
researcher

¹Karshi Engineering and Economic Institute (KEI), Karshi, Republic of Uzbekistan;

²Research Institute of Agricultural Mechanization, Yangiyul, Republic of Uzbekistan

Abstract. The authors showed that during carrot harvesting by diggers, strong soil lumps were formed that were poorly separated from root crops and complicated the separation process, which led to machines overloading, due to the variability of the physical and mechanical soil properties. A lattice loosening working body was developed that improved the digger elevator separating ability. (*Research purpose*) To substantiate lattice ripper parameters of the carrot digger, which provides intensive loosening of the soil and thereby increases the impurities separation completeness with minimal root crops damage. (*Materials and methods*) The

authors researched geometric, kinematic parameters of lattice ripper of the carrot digger. They theoretically substantiated the design parameters of the mechanism and its kinematic parameters after they studied the physico-mechanical properties of the carrot bed. (*Results and discussion*) The authors found that during the interaction of the lattice ripper with soil layers on the elevator, soil lumps were destroyed, the soil was loosened with the following parameters: the ripper radius was not more than 9.5 centimeters, the height of the shaft was 20 centimeters, the blade submerged part was 6 centimeters, the width of the lattice ripper was 47 centimeters. (*Conclusions*) It was revealed that lattice ripper promoted intensive separation of the soil layer without damage and loss of carrot root crops. The authors proved that the peripheral speed of the lattice ripper should be no more than 2.5 meters per second, the kinematic mode of the separation intensification means should be 2.5, and the radius of the ripper should be no more than 9.5 centimeters.

Keywords: carrot digger, soil lump separation, lattice ripper, tuberous layer, carrot, kinematic mode.

For citation: Norchaev R.N., Norchaev D.R., Chorshanbiev R.Kh. Obosnovanie parametrov reshetchatogo rykhlytelya kopatelya morkovi v usloviyakh Respubliki Uzbekistan [Substantiation of the lattice ripper parameters of the carrot digger in conditions of the Republic of Uzbekistan]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N3. 15-19 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-3-15-19.

В Республике Узбекистан морковь выращивают главным образом на огородах, приусадебных участках, в мелких фермерских хозяйствах. Ее производство в хозяйствах отличается высокими затратами ручного труда. Существующие технологии возделывания и уборки моркови также связаны с большими материальными и трудовыми затратами, несоблюдением агротехнических сроков проведения работ [1].

При уборке моркови в основном применяют самодельные копачи, которые не обеспечивают необходимого качества работы. А зарубежные копатели моркови слишком энерго- и металлоемкие. К тому же возникают проблемы при агрегатировании с пропашными тракторами хлопководческого комплекса, поскольку нет специальных тракторов. Процесс сепарации в существующих копателях моркови протекает удовлетворительно только на легких и средних почвах с нормальной влажностью. При уборке на тяжелых почвах, особенно с повышенной или пониженной влажностью, сепарирующие органы работают неэффективно.

Конструкция копателей с прутковыми элеваторами становится причиной возрастающих потерь и повреждений корнеплодов. К существенным недостаткам серийных прутковых элеваторов относится то, что они значительно теряют сепарирующую способность как при пониженной влажности почвы – из-за большого содержания почвенных комков в ворохе, так и при повышенном содержании влаги, когда налипание почвы на прутки практически сводит к нулю просветы между ними [2, 3].

Сепарирующую способность большинства рабочих органов улучшают, устанавливая больше элеваторов. Но они не всегда обеспечивают полную сепарацию без повреждения значительного количества клубней или корнеплодов [4].

В этой связи важно повысить эффективность сепарации почвенной массы элеватором копателя при наименьших потерях и повреждениях клубней моркови.

Цель исследования – обосновать параметры решетчатого рыхлителя копателя моркови, который обеспечивает равномерное распределение вороха по ширине элеватора и тем самым увеличивает полноту сепарации примесей при минимальном повреждении корнеплодов.

Материалы и методы. Для решения вышеуказанных проблем мы предложили энергосберегающий копатель моркови с усовершенствованным элеватором (рис. 1).

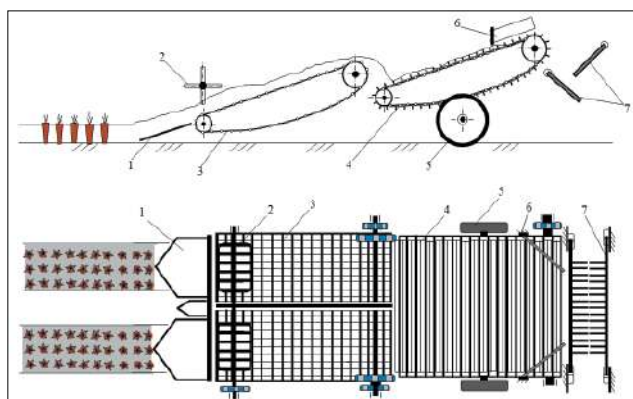


Рис. 1. Конструктивная схема копателя моркови

1 – подкапывающие лемехи; 2 – решетчатый рыхлитель; 3 – основной элеватор; 4 – каскадный элеватор; 5 – колеса; 6 – направляющие; 7 – решетчатые гасители

Fig. 1. Structural diagram of a carrot digger

1 – digging plowshares; 2 – lattice ripper; 3 – main elevator; 4 – cascade elevator; 5 – wheels; 6 – guides; 7 – lattice absorbers

Лемехи состоят из двух основных и одного промежуточного. Прикрепленные к раме решетчатые рыхлители изготовлены из прутков диаметром 12 мм и покрыты резиной. На прутках элеватора установлены поперечные планки, изготовленные из металлического листа толщиной 3 мм и покрытые резиной. Гаситель состоит из двух частей, жестко зафиксированных под углом к раме. Он выполнен в виде решетки, покрытой резиной.



РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Радиус решетчатого рыхлителя R_p определяют из условия максимального рыхления и отделения части пласта вороха с лопастями рыхлителя с учетом радиуса вала рыхлителя r_b , толщины почвенного вороха h_n и максимальной высоты расположения моркови h_m при элеваторе [5]:

$$R_p \leq h_n - h_m + r_b \quad (1)$$

где R_p – радиус решетчатого рыхлителя, м;

r_b – радиус вала, м;

h_n – толщина почвенного пласта, м;

h_m – максимальная высота расположения моркови при элеваторе, м.

Подставив в (1) определенные экспериментальным путем значения $h_n = 16$ см, $h_m = 8$ см и принимая $r_b = 1,5$ см, получим, что $R_p \leq 9,5$ см.

Для определения радиуса решетчатого рыхлителя проведем ось Ox так, чтобы направление оси совпадало с направлением движения полотна элеватора копателя моркови (рис. 2).

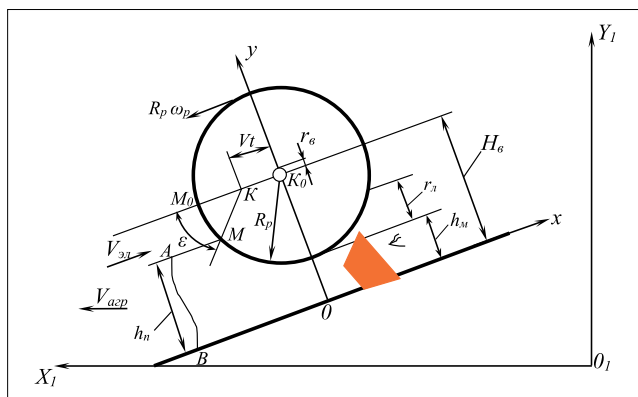


Рис. 2. Схема к определению высоты установки приводного вала решетчатого рыхлителя

Fig. 2. Scheme for determining the installation height of the drive shaft of the lattice ripper

Рассмотрим движение точки M конца решетчатого рыхлителя радиусом R_p , относительно пласта почвы высотой h_n , поступающего на элеватор, при условии, что вал расположен на высоте H_b над линией полотна элеватора:

$$H_b \geq h_n + \frac{R_p(V_{agr} + V_3)}{V_p} - \left(\frac{h_m + r_b}{2} \right), \quad (2)$$

где V_{agr} – поступательная скорость агрегата, м/с;

V_3 – скорость элеватора, м/с;

V_p – окружная скорость решетчатого рыхлителя, м/с.

Из проведенных исследований кинематический режим решетчатого рыхлителя определяется следующим выражением [6-9]:

$$\lambda_p = \frac{V_p}{V_{agr}} = 2,5, \quad (3)$$

где λ_p – кинематический режим решетчатого рыхлителя.

С учетом $V_{agr} = 1,0$ м/с получим, что окружная скорость решетчатого рыхлителя $V_p = 2,5$ м/с.

Подставив в (2) определенные экспериментальным путем значения $V_{agr} = 1,0$ м/с, $V_3 = 1,2$ м/с и принимая $R_p = 0,095$ м, $V_p = 2,5$ м/с и $h_n = 0,16$ м, получим, что $H_b \geq 0,20$ м [10-14].

Учитывая значения высоты H_b расположения вала решетчатого рыхлителя и толщины почвенного пласта h_n , определяем погруженную часть лопасти рыхлителя к вороху:

$$r_l = R_p - \left(\frac{R_p(V_{agr} + V_3)}{V_p} - \left(\frac{h_m + r_b}{2} \right) \right), \quad (4)$$

где r_l – погруженная часть лопасти рыхлителя к вороху, м.

Подставив в (4) определенные значения $V_{agr} = 1,0$ м/с, $V_3 = 1,2$ м/с и принимая $R_p = 0,095$ м, $h_m = 0,08$ м, $V_p = 2,5$ м/с и $r_b = 0,015$ м, получим, что $r_l = 0,06$ м.

В экспериментальных исследованиях были определены геометрические параметры и формы вороха при элеваторе. Ворох при элеваторе имеет трапециевидную форму с углом откоса $\phi_b = 60^\circ$, ширина вершины $B_0 = 0,4$ м.

Ширину решетчатого рыхлителя B_p выбирают исходя из ширины вершины B_0 и угла откоса ϕ_b вороха при элеваторе:

$$B_p \geq B_0 + 2 \left\{ R_p - \left[\frac{R_p(V_{agr} + V_3)}{V_p} - \left(\frac{h_m + r_b}{2} \right) \right] \right\} \text{ctg} \phi_b, \quad (5)$$

где B_p – ширина решетчатого рыхлителя, м;

B_0 – ширина вершины, м.

Подставив в (5) вышеприведенные значения B_0 , R_p , V_{agr} , V_3 , V_p , h_m и r_b , получим, что $B_p \geq 0,47$ м.

Согласно (5) принимаем ширину решетчатого рыхлителя $B_p = 0,48$ м.

За некоторый промежуток времени копатель моркови продвинется вперед со скоростью V на расстояние $KK_0 = Vt$. Точка K_0 конца барабана решетчатого рыхлителя, вращающегося с постоянной угловой скоростью ω_p , за время t перейдет в положение K , повернувшись на угол $\epsilon = \omega_p t$.

Учитывая, что $OK_0 = H_b = R_p + h_m$, получим уравнение движения точки в координатной форме:

$$\begin{cases} X_M = V_{agr} \cdot t - R_p \cos \omega_p t \\ Y_M = R_p + h_m - R_p \sin(\omega_p t) \end{cases} \quad (6)$$

где t – время, с.

Продифференцировав уравнения (6) по времени, получим уравнения составляющих абсолютной скорости:

$$V_x = \frac{dx}{dt} = V_{agr} - R_p \omega_p \cos \omega_p t; \quad (7)$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = R_p \sin \omega_p t. \quad (8)$$

Абсолютную скорость движения любой точки лопасти можно найти из выражения:

$$V_{abc} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{V_{acp}^2 - 2R_p \omega_p V_{acp} \sin \omega_p t + R_p^2 \omega_p^2}, \quad (9)$$

$$\text{где } \sin \omega_p t = \frac{R_p - r_a}{R_p} = \frac{\left[\frac{R_p (V_{acp} + V_s)}{V_p} - \left(\frac{h_m + r_a}{2} \right) \right]}{R_p}.$$

Отсюда выражение (9) примет вид:

$$V_{abc} = \sqrt{V_{acp}^2 - \frac{V_{acp}}{R_p} \left[2R_p (V_{acp} + V_s) - V_p (h_m + r_a) \right] + R_p^2 \omega_p^2}. \quad (10)$$

Подставим в (10) определенные значения $V_{acp} = 1,0$ м/с, $V_s = 1,2$ м/с [15-20].

Примем $R_p = 0,095$ м, $V_p = 2,5$ м/с и $h_m = 0,16$ м.

В итоге получим, что $V_{abc} = 2,3$ м/с.

Выводы. Решетчатые рыхлители способствуют интенсивному сепарированию почвенного пласта без повреждения и потерь корнеплодов моркови. Определили рациональные параметры, повышающие сепарацию почвы копательем моркови: радиус решетчатого рыхлителя – 0,095 м, высота расположения вала – 20 см, погруженная часть лопасти рыхлителя – 6 см, ширина решетчатого рыхлителя – 47 см, окружная скорость решетчатого рыхлителя – 2,5 м/с, кинематический режим средства интенсификации сепарации – 2,5, абсолютная скорость движения любой точки лопасти – 2,3 м/с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Норчаев Д., Норчаев Р. Корнеклубнекопатель // *Евро-азиатский союз ученых*. 2019. N4(61). С. 55-57.
2. Zhongcai W., Hongwen L., Yijin M., Chuanzhu S., Xueqiang L., Wenzheng L., Guoliang S. Experiment and analysis of potato-soil separation based on impact recording technology. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2019. N5(12). 71-80.
3. Lu G. Y., Shang S.Q., Wang D.W., Li J.D., Han W.P., He X.N. Study on lacy components of carrot harvester. *Journal of Agricultural Mechanization Research*. 2016. N2. 119-122.
4. Pramod Reddy A., Moses S.C., Aalam R.N. Performance Evaluation of Adjustable Elevator for Tractor Drawn Potato Digger. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018. N7(11). 1502-1513.
5. Petersen T., Hampf H. Einsatz einer pneumatischen Trennanlage in der Annahmestrecke des Kartoffellagerhaus Broderstorf. *Agrartechnik*. 1984. N7(34). 314-316.
6. Листопад Г.Е., Демидов Г.К., Зонов Б.Д. и др. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Агропромиздат. 1986. 688 с.
7. Алакин В.М., Никитин Г.С. Результаты исследований технологического процесса картофелекопателя // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. N5. С. 14-19.
8. Никитин Г.С., Алакин В.М., Плахов С.А. Определение рациональной скорости вращения рабочих органов интенсивной зоны сепарации ротационного картофелекопателя // *Аграрный научный журнал*. 2019. N6. С. 96-100.
9. Mukesh Jain, Vijaya Rani, Anil Kumar. Design and Development of Tractor Operated Carrot Digger. *Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2018. N3(49). 79-85.
10. Ahmed M. O., Abd El-Wahab M.K., Tawfik M.A., Wasfy K.I. Evaluating of a prototype machine for carrot crop harvesting suitable for small holdings. *Zagazig Journal of Agricultural Research*. 2018. N1(45). 213-226.
11. Sibirev A.V., Aksenov A.G., Mosyakov M.A. Experimental Laboratory Research of Separation Intensity of Onion Set Heaps on Rod Elevator. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. N23. 10086-10091.
12. Сибирёв А.В., Аксенов А.Г., Мосяков М.А. Результаты экспериментальных исследований сепарации вороха лука-севка на прутковом элеваторе с асимметрично установлен-
- ными встряхивателями // *Engineering Technologies and Systems*. 2019. N1. С. 91-108.
13. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Results of laboratory investigations of soil screening ability of a chain digger with asymmetric vibrator arrangement. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2019. N1(57). 9-18.
14. Dorokhov A.S., Aksenov A.G., Sibirev A.V. Methodological justification of dynamic systems model construction by artificial neural networks. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2019. N2(58). 63-75.
15. Sibirev A.V., Aksenov A.G., Dorokhov A.S., Ponomarev A.G. Comparative study of force action of harvester work tools on potato tubers. *CAAS agricultural engineering journal*. 2019. N3(55). 85-90.
16. Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Аксенов А.Г. Результаты полевых исследований сепарации вороха лука-севка на прутковом элеваторе с асимметрично установленными встряхивателями // *Engineering Technologies and Systems*. 2020. N1(30). С. 133-149.
17. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G., Sazonov N.V. Justification of design and technological parameters of the onion harvester bed-shaping roller spiral drum. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. N1. 107-114.
18. Dorokhov, A.S. Laboratory-field research results for onion cleaning / A.S. Dorokhov, A.V. Sibirev, A.G. Aksenov, M.A. Mosyakov // *INMATEH – Agricultural Engineering*. – 2020. – № 2. (57). – pp. 41 – 48.
19. M. Tauseef Asghar, Abdul Ghafoor, Anjum Munir, Muhammad Iqbal, Manzoor Ahmad. Design modification and field testing of groundnut digger. *Asian Journal of Science and Technology*. 2014. Vol. 5. 389-394.
20. Natendaz N. The design and theoretical justification of a vibratory digger shovel. Scientific technical union of mechanical engineering Bulgarian association of mechanization in agriculture. 2016. Vol. 5. 9-12.



REFERENCES

1. Norchaev D., Norchaev R. Korneklubnekopatel' [Roots tubers digger]. *Evroaziatskiy soyuz uchenykh*. 2019. N4(61). 55-57 (In Russian).
2. Zhongcai W., Hongwen L., Yijin M., Chuanzhu S., Xueqiang L., Wenzheng L., Guoliang S. Experiment and analysis of potato-soil separation based on impact recording technology. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2019. N5(12). 71-80.
3. Lu G. Y., Shang S.Q., Wang D.W., Li J.D., Han W.P., He X.N. Study on lacy components of carrot harvester. *Journal of Agricultural Mechanization Research*. 2016. N2. 119-122 (In English).
4. Pramod Reddy A., Moses S.C., Aalam R.N. Performance Evaluation of Adjustable Elevator for Tractor Drawn Potato Digger. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018. N7(11). 1502-1513 (In English).
5. Petersen T., Hampf H. Einsatz einer pneumatischen Trennanlage in der Annahmestrecke des Kartoffellagerhaus Broderstorf. *Agrartechnik*. 1984. N7(34). 314-316 (In English).
6. Listopad G.E., Demidov G.K., Zonov B.D. i dr. Sel'skokhozyaystvennye i meliorativnye mashiny [Agricultural and reclamation machines]. Moscow: Agropromizdat. 1986. 688 (In Russian).
7. Alakin V.M., Nikitin G.S. Rezul'taty issledovaniy tekhnologicheskogo protsessa kartofelekopatelya [The research results of the technological process of a potato digger]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2018. N5. 14-19 (In Russian).
8. Nikitin G.S., Alakin V.M., Plakhov S.A. Opredelenie rational'noy skorosti vrashcheniya rabochikh organov intensivnoy zony separatsii rotatsionnogo kartofelekopatelya [Determination of the rational rotation speed of the working bodies of the intensive separation zone of a rotary potato digger]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2019. N6. 96-100 (In Russian).
9. Mukesh Jain, Vijaya Rani, Anil Kumar. Design and Development of Tractor Operated Carrot Digger. *Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2018. N3(49). 79-85 (In English).
10. Ahmed M. O., Abd El-Wahab M.K., Tawfik M.A., Wasfy K.I. Evaluating of a prototype machine for carrot crop harvesting suitable for small holdings. *Zagazig Journal of Agricultural Research*. 2018. N1(45). 213-226 (In English).
11. Sibirev A.V., Aksenov A.G., Mosyakov M.A. Experimental Laboratory Research of Separation Intensity of Onion Set Heaps on Rod Elevator. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. N23. 10086-10091.
12. Sibirev A.V., Aksenov A.G., Mosyakov M.A. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy separatsii vorokha luka-sevka na prutkovom elevatore s asimmetrichno ustanovlennymi vstryakhivatelyami [Results of experimental studies of separation of a pile of onions-sevka on a bar Elevator with asymmetrically installed shakers]. *Engineering Technologies and Systems*. 2019. N1. 91-108 (In Russian).
13. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Results of laboratory investigations of soil screening ability of a chain digger with asymmetric vibrator arrangement. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2019. N1(57). 9-18.
14. Dorokhov A.S., Aksenov A.G., Sibirev A.V. Methodological justification of dynamic systems model construction by artificial neural networks. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2019. N2(58). 63-75.
15. Sibirev A.V., Aksenov A.G., Dorokhov A.S., Ponomarev A.G. Comparative study of force action of harvester work tools on potato tubers. *CAAS agricultural engineering journal*. 2019. N3(55). 85-90.
16. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Rezul'taty polevykh issledovaniy separatsii vorokha luka-sevka na prutkovom elevatore s asimmetrichno ustanovlennymi vstryakhivatelyami [Results of field studies of separation of a pile of onions-sevka on a bar Elevator with asymmetrically installed shakers]. *Engineering Technologies and Systems*. 2020. N1(30). 133-149 (In Russian).
17. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G., Sazonov N.V. Justification of design and technological parameters of the onion harvester bed-shaping roller spiral drum. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. N1. 107-114.
18. Dorokhov, A.S. Laboratory-field research results for onion cleaning / A.S. Dorokhov, A.V. Sibirev, A.G. Aksenov, M.A. Mosyakov // *INMATEH – Agricultural Engineering*. – 2020. – № 2. (57). – pp. 41 – 48.
19. M. Tauseef Asghar, Abdul Ghafoor, Anjum Munir, Muhammad Iqbal, Manzoor Ahmad. Design modification and field testing of groundnut digger. *Asian Journal of Science and Technology*. 2014. Vol. 5. 389-394.
20. Natenadze N. The design and theoretical justification of a vibratory digger shovel. Scientific technical union of mechanical engineering Bulgarian association of mechanization in agriculture. 2016. Vol. 5. 9-12.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 05.06.2020
The paper was submitted
to the Editorial Office on 05.06.2020

Статья принята к публикации 03.09.2020
The paper was accepted
for publication on 03.09.2020