

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 635.25/26:631.315.2:631.332

DOI: 10.26897/1728-7936-2020-1-4-9

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДКАПЫВАЮЩЕГО ЛЕМЕХА МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ И ЛУКА

СИБИРЁВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ, канд. техн. наук., старший научный сотрудник¹

E-mail: sibirev2011@yandex.ru

АКСЕНОВ АЛЕКСАНДР ГЕННАДЬЕВИЧ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник¹

ЕМЕЛЬЯНОВ ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор²

МОСЯКОВ МАКСИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник¹

E-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru

¹ Федеральное научное агроинженерное учреждение ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ); 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5.

² Пензенский государственный аграрный университет; 440014, Российская Федерация, г. Пенза, ул. Ботаническая, д. 30.

Проведены исследования по определению тягового усилия подкапывающего лемеха машины для уборки корнеплодов и лука от его технологических параметров – скорости движения и глубины подкапывания. Представлена схема и общий вид изготовленной лабораторной установки по определению подачи вороха лука-севка на подкапывающий лемех. Описана методика проведения исследований тягового усилия подкапывающего лемеха машины для уборки лука. Изложен принцип работы подкапывающего органа уборочной машины, который обеспечивает качественную уборку корнеплодов и лука с минимальными энергозатратами. В результате проведенных исследований были получены значения функции отклика тягового усилия подкапывающего лемеха при варьировании скорости движения и глубины подкапывания. При обработке результатов двухфакторного эксперимента получено уравнение регрессии первого порядка, описывающее зависимость тягового усилия сопротивления подкапывающего лемеха машины для уборки корнеплодов и лука от его технологических параметров $R_{II} = f(v_{II}, h)$, приведены основные статистические характеристики эксперимента. Установлено, что для обеспечения качества извлечения луковиц из почвы (минимальные повреждения и потери луковиц) и высокой производительности машины для уборки рациональными являются значения скорости движения подкапывающего лемеха 0,8...1,2 м/с и глубина подкапывания 3...5 см.

Ключевые слова: подкапывающий лемех, тяговое усилие, корнеплоды, лук, машина для уборки, почвенный канал, многофакторный эксперимент.

Формат цитирования: Сибирёв А.В., Аксенов А.Г., Емельянов П.А., Мосяков М.А. Исследование силовой характеристики подкапывающего лемеха машины для уборки корнеплодов и лука // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2020. № 1(95). С. 4-9. DOI: 10.26897/1728-7936-2020-1-4-9.

STUDY OF POWER CHARACTERISTICS OF THE DIGGING SHARE OF A MACHINE FOR ROOT-CROP AND ONION HARVESTING

ALEKSEI V. SIBIREV, PhD (Eng), Senior Research Engineer¹

E-mail: sibirev2011@yandex.ru

ALEKSANDR G. AKSENOV, PhD (Eng), Senior Research Engineer¹

PAVEL A. YEMELYANOV, DSc (Eng), Professor²

MAKSIM A. MOSYAKOV, PhD (Eng), Senior Research Engineer¹

E-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru

¹ Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutsky Proezd Str., Bld. 5.

² Penza State Agrarian University; 440014, Russian Federation, Penza, Botanicheskaya Str., 30.

The authors have conducted studies to determine the traction efforts of the digging share of a machine for harvesting root crops and onions based on its technological parameters – speed and digging depth. The paper presents a design scheme and general

view of the offered laboratory installation for determining the supply of a heap of onion sets to the digging share. The paper describes a methodology for conducting traction studies of the digging share of an onion harvesting machine and describes the operating principle of the digging tool of a harvesting machine, which ensures high-quality harvesting of root crops and onions with minimal energy consumption. As a result of the studies, the response function values of the digging share's tractive effort have been obtained taking into account the varying speed and digging depth. When processing the results of a two-factor experiment, a first-order regression equation was obtained to describe the relationship between the traction resistance of the digging share of a machine for harvesting root crops and onions and its technological parameters $R_{\Pi} = f(v_{\Pi}, h)$, and the main statistical characteristics of the experiment. It has been established that in order to ensure the quality of bulb extraction from the soil (minimal damage and loss of bulbs) as well as high performance of the harvesting machine, the digging share speed should amount to 0.8...1.2 m/s and the digging depth should equal 3...5 cm.

Key words: digging share, traction effort, root crops, onions, harvesting machine, tillage bin, multifactor experiment.

For citation: Sibirev A.V., Aksenov A.G., Yemelyanov P.A., Mosyakov M.A. Study of power characteristics of the digging share of a machine for root-crop and onion harvesting. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2020; 1(95): 4-9. DOI: 10.26897/1728-7936-2020-1-4-9 (In Rus.).

Введение. В настоящее время наиболее ресурсозатратным технологическим процессом производства корнеплодов и лука остаётся уборка [1, 2]. Данное обстоятельство обусловлено повышенным подъёмом почвенного пласта при извлечении корнеплодов и лука из почвы с дальнейшей очисткой вороха от почвенных и растительных примесей на сепарирующих рабочих органах.

Несмотря на наличие обширных исследований вопроса механизированной технологии уборки корнеплодов и лука, в данной области существуют нерешённые проблемы, которые в большинстве случаев связаны с несовершенством конструкции подкапывающих и сепарирующих органов машин для уборки.

Механизацией технологического процесса производства корнеплодов и лука в разное время занимались А.Г. Аксенов, С.Н. Борычев, Н.В. Бышов, Н.И. Верещагин, В.П. Горячкин, Ф.В. Грищенко, М.Н. Ерохин, П.А. Емельянов, В.Е. Зубков, Н.Н. Колчин, Л.М. Колчина, М.Ю. Костенко, А.В. Кузьмин, М.В. Кузьмин, К.З. Кухмазов, Ф.В. Кутейников, В.К. Кутеницын, Б.Н. Ким, О.Н. Кухарев, Н.П. Ларюшин, А.М. Ларюшин, Л.М. Максимов, Г.Д. Петров, К.А. Пшеченков, А.А. Протасов, Э.С. Рейнгарт, А.П. Савельев, В.И. Славкин, В.И. Сизов, А.А. Сорокин, В.И. Старовойтов, М.Б. Угланов, И.А. Успенский, В.Ф. Федоренко, В.Ф. Хвостов, К. Baganz, J. Brecka, R. Peters, P. Schulze, K. Siebenbrodt, P. Struik, Van Kempen Ph., J. Winkelmann и др.

Существующее разнообразие конструктивно-технологических схем подкапывающих и сепарирующих органов машин для уборки не исчерпало возможности повышения эффективности машинной технологии уборки корнеплодов и лука.

Для повышения показателей качества технологического процесса уборки, на примере лука, и снижения тягового сопротивления агрегата необходимо создание рабочих органов с преобладанием определённого вида деформаций почвенного пласта. А так как почва неодинаково сопротивляется различным видам воздействий, то это приводит к снижению или увеличению её удельного сопротивления. При этом в основе всей силовой характеристики лежит сила R_{Π} – тяговое сопротивление органа.

Цель исследования – определить зависимость тягового усилия сопротивления подкапывающего лемеха машины для уборки корнеплодов и лука от его технологических

параметров (скорости движения и глубины подкапывания).

Материал и методы. Для снижения поступления почвенных комков на сепарирующие рабочие органы совместно с корнеплодами и луковичками, а также интенсификации сепарации корнеплодов и лука от трудноотделимых почвенных комков в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработана конструктивно-технологическая схема приёмного лемеха для подкапывания/подбора корнеклубнеплодов [3].

При погружении подкапывающего лемеха в почву на его лезвие и вогнутую поверхность действуют элементарные силы сопротивления почвы, возникающие на рабочей поверхности и лезвии рабочего органа.

Скольжение луко-почвенного вороха по рабочей поверхности подкапывающего лемеха без сгруживания возможно при соблюдении условия (рис. 1) [4]:

$$\alpha < (90^\circ - \varphi_{\text{л}}), \quad (1)$$

где $\varphi_{\text{л}}$ – угол трения скольжения луковички о поверхность подкапывающего лемеха (угол трения скольжения луковички о металл равен 17°), град.

Данным соотношением определяется предельное значение угла α .

Подкапывание слоя почвы при малом угле установки подкапывающего лемеха сопровождается образованием сплошного связного пласта, что и необходимо обеспечить при подкапывании слоя почвы на небольшой глубине.

Длина рабочей поверхности l_{Π} подкапывающего лемеха определяется выражением [4]:

$$l_{\Pi} \leq \text{ctg}(\alpha + \varphi_{\text{л}}) \left\{ \frac{\delta_{\text{в}}}{\rho_{\text{об}} \cdot g} - 2 \cdot \frac{V_{\Pi}^2}{g} \cdot \sin \psi \cdot [\cos \psi \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{\text{л}}) - \sin \varphi_{\text{л}}] \right\}, \quad (2)$$

где $\delta_{\text{в}}$ – временное сопротивление валка лука-севка сжатия, МПа; $\rho_{\text{об}}$ – объёмная плотность почвы, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; V_{Π} – поступательная скорость движения машины (подкапывающего лемеха), м/с; ψ – угол скалывания почвы, град.

$$\psi = \arctg \frac{K - \cos \alpha}{\sin \alpha}, \quad (3)$$

где K – коэффициент усадки вороха лука-севка, равный отношению толщины h_1 валка лука-севка к глубине h погружения гребенки.

При $\psi < \alpha + \varphi$ возрастание скорости транспортирования приводит к увеличению сгуживания вороха перед лемехом.

При $\psi > \alpha + \varphi$ с возрастанием скорости транспортирования сгуживание уменьшается.

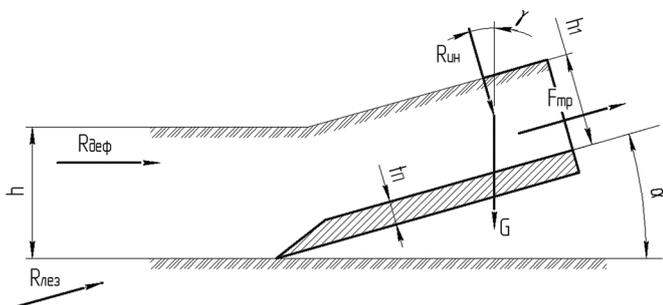


Рис. 1. Схема сил, действующих на лемех при срезе слоя луко-почвенного вороха

Fig. 1. Scheme of forces acting on a digging share when cutting a layer of onion-soil heap

Допустимая длина лемеха тем меньше, чем меньше глубина подбираемого слоя.

Применительно к подкапывающему лемеху, известно, что при глубине подкапывания $h = 15 \dots 18$ см и $\alpha = 25^\circ$ длина лемеха должна быть не более 290 см, а при $h = 5 \dots 8$ см и $\alpha = 15^\circ - 130$ мм.

Согласно результатам исследований В.А. Хвостова, Э.С. Рейнгарта, Н.Н. Колчина, известно, что в процессе среза, подъёма и деформации пласта на рабочую поверхность подкапывающего лемеха действуют силы [4]:

- $R_{лез}$ – сопротивление лезвия подкапывающего лемеха, Н;
- $R_{деф}$ – сопротивление почвы деформации, Н;
- $R_{ин}$ – сопротивление почвы преодолению инерции покоя, Н;
- $R_{тр}$ – сопротивление, вызванное статическим давлением пласта и силой трения $F_{тр}$, Н.

Горизонтальная составляющая $R_{лез}$ соразмерна длине лезвия (ширине лемеха) [4]:

$$R_{лез.г} = k_{п} \cdot b_{п}, \tag{4}$$

где $k_{п}$ – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств почвы и толщины $t_{п}$ подкапывающего лемеха; $b_{п}$ – ширина подкапывающего лемеха, м.

Силу $R_{деф}$ принимают, сообразно сечению срезаемого слоя почвы [4]:

$$R_{деф} = k_{деф} \cdot b_{п} \cdot h, \tag{5}$$

где $k_{деф}$ – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств почвы; h – глубина подкапывания, м.

Горизонтальная составляющая сопротивления $R_{ин}$ пропорциональна квадрату скорости $v_{п}$ движения уборочной машины [4]:

$$R_{ин} = 2 \cdot b_{п} \cdot h \cdot v_{п}^2 \cdot \rho_{об} \cdot \sin^2 \psi. \tag{6}$$

Сопротивление $R_{тр}$, вызванное статическим давлением пласта, определяется из соотношения [4]:

$$R_{тр} = b_{п} \cdot l_{п} \cdot h \cdot \rho_{об} \cdot g \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{л}). \tag{7}$$

Таким образом, согласно выражениям (4) – (7) тяговое усилие, необходимое на перемещение двугранного клина при подкапывании почвенного пласта определяется [4]:

$$R_{п} = k_{п} \cdot b_{п} + k_{деф} \cdot b_{п} \cdot h + 2 \cdot b_{п} \cdot h \cdot v_{п}^2 \cdot \rho_{об} \cdot \sin^2 \psi + b_{п} \cdot l_{п} \cdot h \cdot \rho_{об} \cdot g \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{л}). \tag{8}$$

Программой экспериментальных исследований было предусмотрено определение оптимальных значений конструктивных и технологических параметров приёмного лемеха для подкапывания/подбора корнеплодов, при значении которых обеспечивается максимальная полнота извлечения корнеплодов и лука с минимальным поступлением на сепарирующие рабочие органы почвенных примесей. Для проведения экспериментальных исследований по определению тягового усилия $R_{п}$ подкапывающего лемеха машины для уборки корнеплодов и лука была изготовлена лабораторная установка (рис. 2). Изготовление лабораторной установки, представляющей собой передвижной почвенный канал, обусловлено необходимостью проведения исследований по определению энергетических и качественных показателей подкапывающих рабочих органов на различных по физико-механическому составу почвах [5-8].

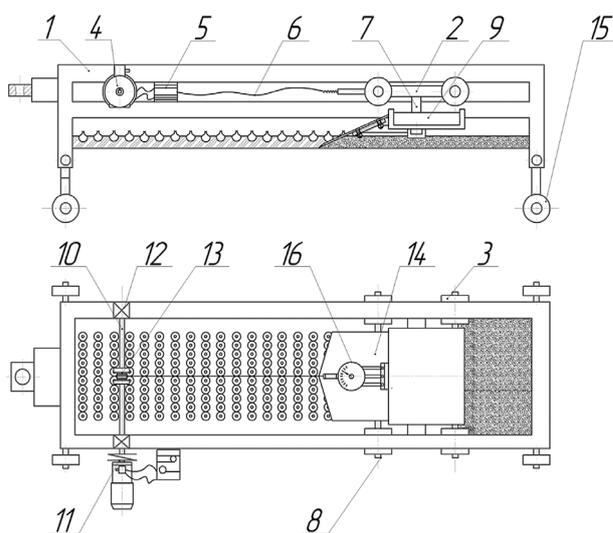


Рис. 2. Схема лабораторной установки по определению подачи вороха лука-севка на подкапывающий лемех:

- 1 – направляющая; 2 – тележка приводная;
- 3 – ролик стальной; 4 – электродвигатель;
- 5 – преобразователь частотный; 6 – связь канатная;
- 7 – стойка крепежная; 8 – ось тележки;
- 9 – лоток сбора вороха; 10 – вал привода тележки;
- 11 – муфта предохранительная; 12 – подшипник;
- 13 – катушка с ребордами ограничительными;
- 14 – подкапывающий лемех; 15 – опорные колеса;
- 16 – динамометр

Fig. 2. Scheme of a laboratory installation for determining the supply of a heap of onion sets to the digging share:

- 1 – a guide; 2 – a drive trolley; 3 – a steel roller;
- 4 – an electric motor; 5 – a frequency converter;
- 6 – a cable connection; 7 – a mounting rack;
- 8 – a trolley axis; 9 – a heap collection tray;
- 10 – a shaft drive trolley; 11 – a safety clutch;
- 12 – a bearing; 13 – a coil with restrictive flanges;
- 14 – a digging share; 15 – supporting wheels;
- 16 – a dynamometer

При проведении экспериментальных исследований разработанная лабораторная установка устанавливалась на опытную делянку посевов лука-севка. Рабочий орган, выполненный в виде сплошного подкапывающего лемеха 7 был установлен на приводную тележку 2 передвижного почвенного канала с изменением глубины подкапывания h от 0,02...0,05 м, с интервалом варьирования в 0,01 м. Изменение глубины подкапывания осуществляли посредством перемещения крепежной стойки 7 по приводной тележке 2.

Лоток 9 сбора вороха лука-севка соединялся жестко с подкапывающим рабочим органом. Перемещение приводной тележки 2 осуществляли посредством электрического привода, состоящего из электродвигателя 4 и частотного преобразователя 5, который позволяет обеспечить изменение частоты переменного тока, что способствует варьированию поступательной скорости движения приводной тележки с шагом – 0,2 м/с в установленном, согласно агротехническим требованиям на технологическую операцию уборки диапазоне: 0,4...1,8 м/с [6].

Полученный после прохождения учётной делянки луко-почвенный ворох взвешивался на электронных весах модели МК-15.2-A21, извлечением из лотка 9 сбора вороха и укладки полученной товарной продукции на измерительную поверхность весов.

Рабочую скорость движения тележки определяли по длине учётной делянки (4 м) с учётом времени её прохождения [9, 10]:

$$v_{\text{п}} = \frac{S_{\text{тел}}}{t_{\text{тел}}}, \quad (9)$$

где $S_{\text{тел}}$ – путь, пройденный тележкой, м; $t_{\text{тел}}$ – время прохождения пути, с.

Уровни варьирования выбранных факторов и повторность опытов изменялись в соответствии с выбранным планом проведения эксперимента.

Результаты экспериментальных исследований по определению зависимости тягового усилия подкапывающего лемеха от выбранных факторов представлены в виде графических зависимостей (рис. 3, 4 и 5).

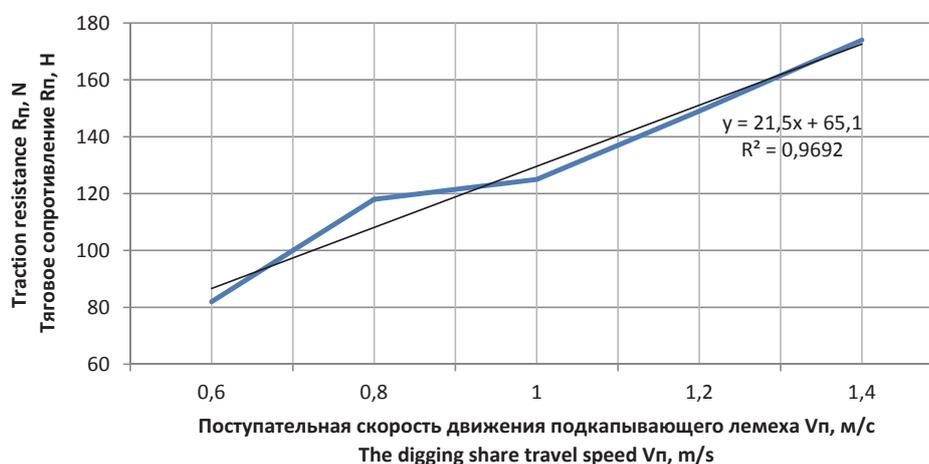


Рис. 3. График зависимости тягового сопротивления подкапывающего лемеха ($R_{\text{п}}$, Н) от поступательной скорости движения подкапывающего лемеха ($V_{\text{п}}$, м/с), при $h = \text{const}$

Fig. 3. The graph showing the relationship between the traction resistance of the digging share ($R_{\text{п}}$, N) and the travel speed of the digging share ($V_{\text{п}}$, m/s), with $h = \text{const}$

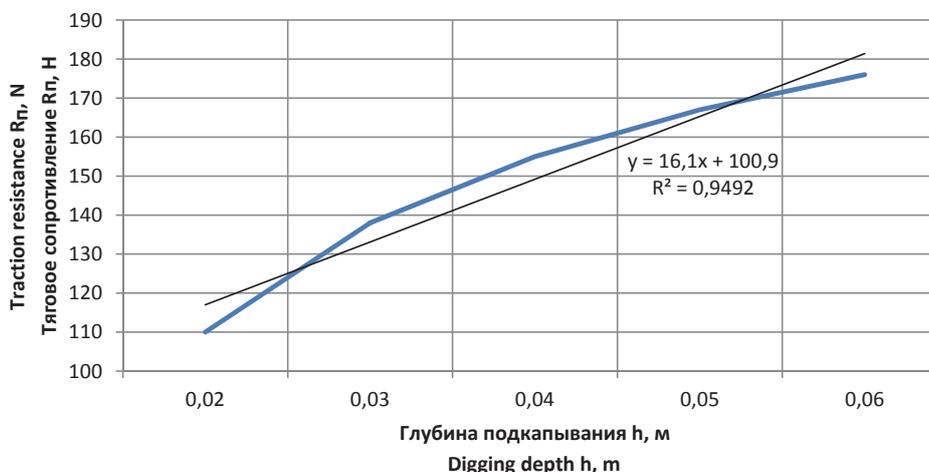


Рис. 4. График зависимости тягового сопротивления подкапывающего лемеха ($R_{\text{п}}$, Н) от глубины подкапывания (h , м), при $v_{\text{п}} = \text{const}$

Fig. 4. The graph showing the relationship between the traction resistance of the digging share ($R_{\text{п}}$, N) and the digging depth (h , m), with $v_{\text{п}} = \text{const}$

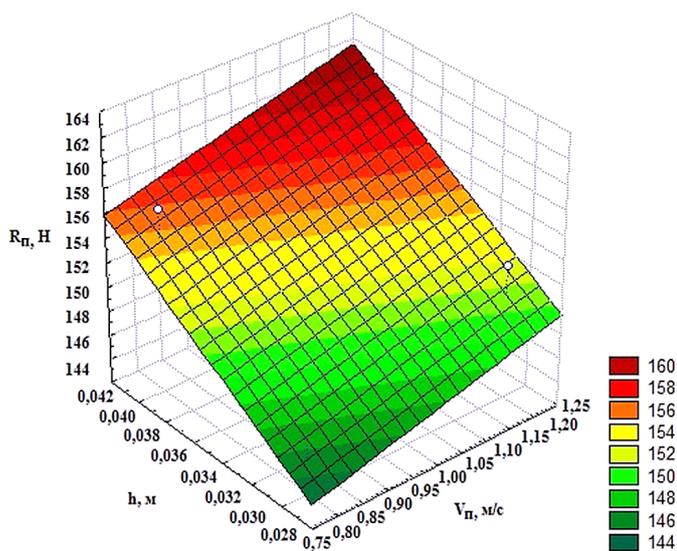


Рис. 5. График зависимости тягового сопротивления подкапывающего лемеха ($R_{п}, Н$) от скорости движения ($V_{п}, м/с$) и от глубины подкапывания ($h, м$)

Fig. 5. The graph showing the relationship between the traction resistance of the digging share ($R_{п}, N$) and its travel speed ($V_{п}, m/s$), and the digging depth (h, m)

Анализ проведённых экспериментальных исследований позволяет сделать вывод о том, что поступательная скорость движения и глубина подкапывания подкапывающего лемеха оказывают значительное влияние на его тяговое сопротивление, кроме того графическая зависимость, представленная на рисунке 5 свидетельствует о невозможности достижения оптимального значения скорости движения ($V_{п}, м/с$) и глубины подкапывания ($h, м$) по выбранному критерию оптимизации.

На основании вышеизложенных исследований следует, что для обеспечения высокой производительности машин для уборки корнеплодов и лука с высокими показателями качества, исследуемые технологические параметры могут иметь лишь рациональные значения в установленном диапазоне: скорость движения подкапывающего лемеха в пределах $0,8 \dots 1,2$ м/с, глубина подкапывания – $3 \dots 5$ см.

Матрица планирования экспериментальных исследований по определению тягового сопротивления сплошного подкапывающего лемеха в зависимости от поступательной скорости движения и глубины подкапывания представлена в таблице.

Результаты экспериментальных исследований зависимости тягового сопротивления сплошного подкапывающего лемеха от поступательной скорости движения и глубины подкапывания представлены в виде уравнения регрессии первого порядка $R_{п} = f(v_{п}, h)$ в раскодированном виде:

$$R_{п} = 111,75 + 11,25v_{п} + 850h. \quad (10)$$

Матрица планирования двухфакторного эксперимента

Two-factor experiment planning matrix

Номер серии опыта Series number of the experiment	Фактор Factor		Значение критерия оптимизации Optimization criterion value
	Поступательная скорость движения подкапывающего лемеха, $V_{п}, м/с$ Travel speed of the digging share, $V_{п}, m/s$	Глубина подкапывания, $h, м$ Digging depth, h, m	Тяговое усилие подкапывающего лемеха $R_{п}, Н$ Traction effort of the digging share, $R_{п}, N$
	X_1	X_2	Y
1	0,8	0,03	53
2	1,2	0,03	54
3	0,8	0,04	56
4	1,2	0,04	57

Дисперсионный анализ полученных результатов экспериментальных исследований позволил получить основные статистические показатели:

- дисперсия ошибки опыта, $S_y^2 = 7$;
- стандартная ошибка, $S_{bk} = 1,16$;
- дисперсия ошибки, $S_{bk}^2 = 1,36$;
- дисперсия воспроизводимости, $S_{воспр}^2 = 16,33$;
- дисперсия неадекватности, $S_{неадекв}^2 = 1,368$;
- табличное значение t_1 -критерия, $t_{1,0,05} = 4,02$;
- значение табличного t -критерия, $t_{0,05} = 3,66$;
- табличное значение критерия Фишера при 5%-м уровне значимости для полученного уравнения, $F_T = 5,32$;
- расчётное значение критерия Фишера при 5%-м уровне значимости для полученного уравнения, $F = 2,2$.

Таким образом, результаты дисперсионного анализа позволяют принять гипотезу об адекватности уравнения

регрессии, описывающего зависимость тягового усилия подкапывающего лемеха от исследуемых факторов, а также значимость полученных коэффициентов уравнения регрессии.

Выводы

Проведённые исследования энергетической оценки подкапывающего лемеха уборочной машины позволили выявить зависимость тягового усилия рабочего органа от скорости движения и глубины подкапывания.

Данные проведённых исследований имеют практическую значимость для разработки нового подкапывающего органа уборочной машины, обеспечивающего повышение качества уборки корнеплодов и лука при минимальных энергозатратах.

Работа выполнена при государственной поддержке молодых российских учёных – кандидатов наук МК-206.2020.8.

This research was carried out with the State support of young Russian scientists with a PhD degree –МК-206.2020.8.

Библиографический список

1. Сибирёв А.В., Аксенов А.Г., Емельянов П.А. Обоснование конструкции дискового заделывающего органа лукопосадочной машины // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 1. С. 32-36.
2. Лобачевский Я.П. Машинная технология производства лука: Монография / Я.П. Лобачевский, П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв. М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2016. 168 с.
3. Приёмный лемех машины для подбора корнеклубнеплодов: Патент № 2618328 Россия, МПК А01 D33/00. / А.В. Сибирёв, М.А. Мосяков, А.Г. Аксенов, С.В. Семичев № 20161264683; заяв. 01.07.2016; опубл. 03.05.2017. Бюл. № 13.
4. Хвостов В.А., Рейнгарт Э.С. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчёт). М., 1995. 391 с.
5. Емельянов П.А., Сибирёв А.В., Аксенов А.Г. Передвижной почвенный канал // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 6. С. 7-9.
6. Протасов А.А. Совершенствование технологических процессов и технических средств для уборки лука: Дисс. ... д-ра. техн. наук. Саратов, 2005. 355 с.
7. Ларюшин А.М. Энергосберегающие технологии и технические средства для уборки лука: Дисс. ... д-ра. техн. наук. Пенза, 2010. 426 с.
8. Ларюшин Н.П. Научные основы разработки комплекса машин для уборки и послеуборочной обработки лука: Дисс. ... д-ра. техн. наук. Рязань, 1996. 350 с.
9. Алдошин Н.В. Моделирование качества выполнения механизированных работ // В сб.: Горячкинские чтения: Сб. докладов 1-й Международной науч.-практ. конференции, 2013. С. 6-13.
10. Башкирцев В.И., Алдошин Н.В. Обеспечение качества механизированных работ при эксплуатации сельскохозяйственной техники. М.: ФГБОУ ДПО РИАМА, 2017. 96 с.

Критерии авторства

Сибирёв А.В., Аксенов А.Г., Емельянов П.А., Мосяков М.А. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Сибирёв А.В., Аксенов А.Г., Емельянов П.А., Мосяков М.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 18.06.2019

Опубликована 27.02.2020

References

1. Sibirov A.V., Aksenov A.G., Yemel'yanov P.A. Obosnovanie konstrukcii diskovogo zadelyvayushchego organa lukoposadochnoj mashiny [Justification of design of disk covering working element in onion planter]. *Sel'skokhozyaystvenniye mashiny i tekhnologii*, 2016; 1: 32-36. (In Rus.)
2. Lobachevskiy Ya.P., Yemel'yanov P.A., Aksenov A.G., Sibirov A.V. Mashinnaya tekhnologiya proizvodstva luka: Monografiya [Mechanized technology of onion production: Monograph]. Moscow, FGBNU FNATS VIM, 2016: 168. (In Rus.)
3. Sibirov A.V., Mosyakov M.A., Aksenov A.G., Semichev S.V. Priyomnyy lemekh mashiny dlya podbora korneklyubneplodov [Takeup shovel of a root crop pick-up machine]: Patent No. 2618328 Rossiya, MPK A01 D33/00. No. 20161264683, 2017. (In Rus.)
4. Khvostov V.A., Reyngart E.S. Mashiny dlya uborki korneplodov i luka (teoriya, konstruktziya, raschot) [Machines for harvesting root crops and onions (theory, design, and calculation)]. Moscow, 1995: 391. (In Rus.)
5. Yemel'yanov P.A., Sibirov A.V., Aksenov A.G. Peredvizhnoy pochvennyy kanal [Mobile tillage bin]. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2013; 6: 7-9. (In Rus.)
6. Protasov A.A. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskikh protsessov i tekhnicheskikh sredstv dlya uborki luka: Diss. ... d-ra. tekhn. nauk [Improving technological processes and technical means for harvesting onions: DSc (Eng) thesis]. Saratov, 2005: 355. (In Rus.)
7. Laryushin A.M. Energoberegayushchiye tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva dlya uborki luka: Diss. ... d-ra. tekhn. nauk [Energy-saving technologies and technical means for harvesting onions: DSc (Eng) thesis]. Penza, 2010: 426. (In Rus.)
8. Laryushin N.P. Nauchnyye osnovy razrabotki kompleksa mashin dlya uborki i posleuborochnoy obrabotki luka: Diss. ... d-ra. tekhn. nauk [Scientific basis for the development of a machinery set for onion harvesting and postharvest processing: DSc (Eng) thesis]. Ryazan', 1996: 350. (In Rus.)
9. Aldoshin N.V. Modelirovaniye kachestva vypolneniya mekhanizirovannykh rabot [Modeling the performance quality of mechanized operations]. In: *Goryachkinskiye chteniya: Sb. dokladov 1-y Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konferentsii*, 2013: 6-13. (In Rus.)
10. Bashkirtsev V.I., Aldoshin N.V. Obespecheniye kachestva mekhanizirovannykh rabot pri ekspluatatsii sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Ensuring the quality of mechanized processes while operating agricultural machinery]. Moscow, FGBOU DPO RIAMA, 2017: 96. (In Rus.)

Contribution

Sibirov A.V., Aksenov A.G., Yemel'yanov P.A., Mosyakov M.A. performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. Sibirov A.V., Aksenov A.G., Yemel'yanov P.A., Mosyakov M.A. have copyrights for the paper and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on June 18, 2019

Published 27.02.2020