



## Технологические свойства растений редиса

А. А. Ашитко, Е. А. Гавриш, А. Ю. Несмиян\*,  
Р. Ю. Колесник

*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный  
университет» (г. Зерноград, Россия)*

\**nesmiyan.andrei@yandex.ru*

**Введение.** При возделывании корнеплодов одной из важнейших операций является уборка. В промышленном производстве широко известна техника для уборки различных видов овощей (свеклы, моркови, редьки, цикория и др.), за исключением одной из наиболее перспективных овощных культур – редиса, который существенно отличается схемой посева, сроками созревания и физико-механическими свойствами самих растений. В связи с этим в рамках исследования, посвященного разработке средств малой механизации уборки редиса, авторами было проведено определение его основных физико-механических свойств.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось на растениях двух сортов (Селеста и Белокрайка), типичных для Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. При этом по известным методикам определялись размерные, массовые и фрикционные характеристики растений редиса.

**Результаты исследования.** Установлено, что редис сорта Селеста в 1,2–2,1 раза крупнее и в 1,8–2,8 раза тяжелее редиса сорта Белокрайка. Масса головок корнеплодов (10–28 г) в общей массе растения составляет 52–90 %, а масса корешков – 0,5–0,6 %. Средний диаметр головок корнеплодов составляет 26,7–34 мм при коэффициенте вариации ( $V$ ) около 13–14 %; высота головок – 29–45 мм при  $V$  около 18–20 %. Выявлено наличие прямой корреляции между всеми рассмотренными размерами. Коэффициент трения покоя корнеплодов о неокрашенную сталь составил 0,63–0,66, движения – 0,44–0,58. Фрикционные характеристики стеблей ботвы в среднем в 1,25 раза выше. Диаметр пучка стеблей в месте предполагаемого среза – 9–12 мм.

**Обсуждение и заключение.** В целом физико-механические характеристики растений редиса существенным образом зависят от их сорта, степени созревания, свежести и других факторов, поэтому результаты исследования варьируются в значительных пределах. Тем не менее, они могут быть использованы в качестве первичной информации при проектировании машин для уборки и переработки редиса.

**Ключевые слова:** редис, механизация процесса, сорт, физико-механическое свойство, размерная характеристика, фрикционное свойство, масса

**Для цитирования:** Технологические свойства растений редиса / А. А. Ашитко [и др.] // Инженерные технологии и системы. 2019. Т. 29, № 2. С. 265–278. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201902.265-278>



## Technological Properties of Radish

A. A. Ashitko, E. A. Gavrish, A. Yu. Nesmiyan\*,  
R. Yu. Kolesnik

*Azov-Black Sea Engineering Institute of Don State  
Agrarian University (Zernograd, Russia)*

\*nesmiyan.andrei@yandex.ru

*Introduction.* When cultivating root crops, harvesting is one of the most important operations. In industrial production, the technique for harvesting beets, carrots, black radishes, chicory, etc. is widely known, except for radishes, which differ significantly in the sowing scheme, maturation periods, and in physical and mechanical properties of the plants. In the study dealing with the development of small-scale mechanization for harvesting radishes, the authors made a determination of basic physical and mechanical properties of this plant.

*Materials and Methods.* The study was conducted for the two radish varieties (Celeste and Belokrayka), typical for the Southern and North Caucasus federal districts of Russia. In doing so, the known methods were used to determine the size, mass and frictional characteristics of radishes.

*Results.* It was established that the Celeste radish was 1.2–2.1 times larger than the Belokrayka radish and 1.8–2.8 times heavier. The weight of the radish roots (10...28 g.) in the total mass of the plant was 52–90 %, and the weight was 0.5–0.6 %. The average diameter of the radish roots was 26.7–34 mm, with a coefficient of variation ( $V$ ) about 13–14 %, radish root height was 29–45 mm (at  $V \approx 18$ –20 %). A direct correlation between all the dimensions considered was found. The coefficient of the static friction of radish roots with unpainted steel was 0.63–0.66, the movement was 0.44–0.58. Frictional characteristics of the stems of the radish leaves were 1.25 times higher on the average. The diameter of the bundle of stems at the proposed cut end was 9–12 mm.

*Discussion and Conclusion.* In general, the physical and mechanical characteristics of radishes depend significantly on their variety, maturity, freshness and other factors, so the results of the study vary significantly. Nevertheless, they can be used as primary information for designing radish harvesting machines.

**Keywords:** radish, mechanization of process, variety, physical and mechanical property, dimensional characteristic, friction property, weight

**For citation:** Ashitko A.A., Gavrish E.A., Nesmiyan A.Yu., Kolesnik R.Yu. Technological Properties of Radish. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2019; 29(2):265-278. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201902.265-278>

### Введение

Овощеводство – важная отрасль сельского хозяйства, позволяющая не только получать ценную, богатую витаминами и микроэлементами продукцию для питания людей, но и способствующая повышению рентабельности использования посевных площадей. В России уровень потребления овощей

на одного человека в среднем составляет 62–70 % от нормы, рекомендованной Институтом питания. При этом существенная часть реализуемой на отечественном рынке продукции вырабатывается за рубежом, что говорит о необходимости увеличения объемов отечественного производства овощных культур<sup>1</sup> [1].

<sup>1</sup> Котов В. П., Адрицкая Н. А., Завьялова Т. И. Биологические основы получения высоких урожаев овощных культур : учеб. пособ. СПб. : 2010, 128 с. URL: <https://ours-nature.ru/lib/b/book/360683215>; Diop N., Jaffee S. M. Fruits and vegetables: global trade and competition in fresh and processed product markets // Global Agricultural Trade and Developing Countries / Eds. M. Ataman Aksoy, John C. Beghin. 2005. P. 237–257. URL: <https://siteresources.worldbank.org/INTGAT/Resources/GATChapter13.pdf>; Civil Rights Information & Resources. URL: [www.extension.umass.edu/civilrights](http://www.extension.umass.edu/civilrights); К 2020 году производство овощей в России должно вырасти до 17 млн тонн. URL: <https://www.gyazagro.ru/news/1813>

Особенностью овощеводства как сельскохозяйственной отрасли является то, что наибольшее количество продукции производится в личных и подсобных хозяйствах. Так, по данным Росстата, в 2015 г. в сельскохозяйственных организациях России было произведено всего около 20,7 % (6484 тыс. ц) овощей, а остальная продукция производилась в «хозяйствах населения» (74,9 %) и в других организациях. Причем данную тенденцию можно считать устоявшейся, поскольку и двадцатью годами ранее, в 1995 г., соотношение было схожим<sup>2</sup>.

В объемах производства овощеводческой продукции важное место занимают корнеплоды, к которым относятся растения различных семейств. Например, хрен, редис, репа и редька относятся к семейству капустных; свекла – к семейству маревых; морковь, пастернак и сельдерей – к зонтичным; скорцонера и цикорий – к астровым. Наиболее ценной частью корнеплодов являются мясистые крупные корни. Они содержат в различных пропорциях клетчатку, 86–93 % воды, углеводы, белки, аминокислоты, омега-3 ненасыщенные жирные кислоты, пектин, гликозиды, фенолы, минеральные соли и витамины С, А, В, Е, РР, К. Для корнеплодов, в отличие от других типов овощей, характерны относительно низкая себестоимость производства, а также высокие показатели лежкости и транспортабельности<sup>3</sup>.

В технологиях возделывания корнеплодов, как и при возделывании большинства других сельскохозяйственных культур, одной из важнейших операций является уборка, сроки и качество выполнения которой существенно образом определяют эффективность всего предыдущего технологического цикла<sup>4</sup>. Поэтому разработку новых и совершенствование существующих корнеплодоуборочных машин можно считать перспективным направлением развития сельскохозяйственной техники, реализация которого будет способствовать решению части важных продовольственных и экономических задач.

### Обзор литературы

В промышленном производстве из корнеплодов наибольшее распространение получили сахарная и кормовая свекла<sup>5</sup>, в меньшей степени – кормовая морковь. Именно для уборки этих культур и предназначено большинство серийно выпускаемых машин, имеющих достаточно проработанную конструкцию<sup>6</sup> [2–4]. Ежегодно предприятиями сельхозмашиностроения выпускаются новые, все более мощные и производительные свеклоуборочные комбайны, весьма качественно реализующие необходимый набор операций. Машины для уборки столовых корнеплодов изначально были востребованы меньше, однако постепенное развитие технической оснащенности сельского хозяйства позволило при-

<sup>2</sup> Росстат. URL: <http://cbsd.gks.ru>

<sup>3</sup> Relf D., McDaniel A. Root crops. URL: [https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs\\_ext\\_vt.edu/426/426-422/426-422\\_pdf.pdf](https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt.edu/426/426-422/426-422_pdf.pdf); Vegetable Production Guide for Commercial Growers, 2018–19. URL: <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/id/id36/id36.pdf>; Корнеплоды. URL: <http://dom-eda.com/ingredient/item/korneplody.html>

<sup>4</sup> Kitinoja L., Kader A. A. Small-scale postharvest handling practices : a manual for horticultural crops. 4<sup>th</sup> ed. Davis : University of California. Postharvest Technology Research and Information Center, 2002. URL: <http://www.fao.org/inpho/EN/resources/library/index.asp>

<sup>5</sup> Beets. Horticulture Information Leaflets. URL: <https://content.ces.ncsu.edu/beets>

<sup>6</sup> Small M. Study of rotary cutter of haulm. Fundamental and applied studies in EU and CIS countries // The 1<sup>st</sup> International Academic Conference. Oxford, 2014. № 1. P. 14–21; Properties of the sugar beet tops during the harvest / V. M. Bulgakov [et al.] // Proceeding of 6<sup>th</sup> International Conference on Trends in Agricultural Engineering / Eds. R. Chotěborský, S. Kovář, V. Křepčík. Prague : Czech University of Life Sciences Prague, 2016. P. 102–108. URL: <http://lib.tsatu.edu.ua/handle/123456789/3779>

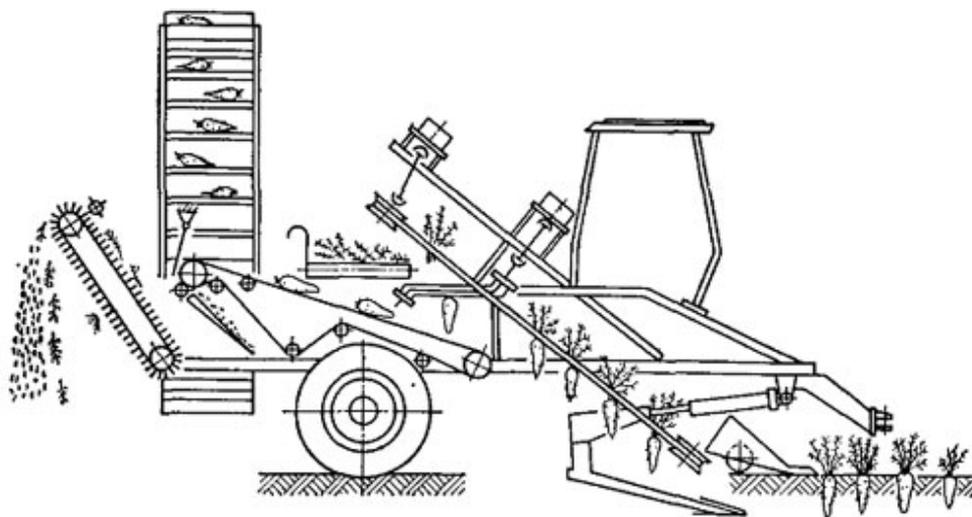
ступить и к их производству. В СССР целенаправленные работы в данном направлении были инициированы еще в 1950 г.<sup>7</sup>, а с 1975 г. начались поставки из ГДР однорядной прицепной машины ЕМ-11, которая агрегатировалась с тракторами класса 1,4. При движении агрегата вдоль ряда специальный лемех машины подкапывал корнеплоды. Одновременно лежащая на земле ботва поднималась ботвоподъемниками, формировалась в пучок и подавалась в пространство между теребильными ремнями. Ремни извлекали подкопанные корнеплоды из почвы за ботву и подавали их к роторно-планчатому механизму. Здесь корнеплоды отделялись от ботвы и падали на сепарирующий элеватор, а сама ботва сбрасывалась отводным щитком на поверхность убранного поля. Корнеплоды после очистки на продольном и поперечном элеваторах подавались погрузочным транспор-

ром в кузов идущего рядом транспортного средства<sup>8</sup>.

С 1983 г. в СССР заводом «Лидсельмаш» начат выпуск однорядной уборочной машины ММТ-1, разработанной на базе машины ЕМ-11 совместно ВИСХОМом и ГСКБ по машинам для овощеводства. Несколько позже в ГДР начата реализация более производительной двухрядной машины Е-825 (рис. 1)<sup>9</sup>.

Приблизительно в это же время выпускаются трехрядный морковуборочный комбайн МУК-1,8 и свеклоуборочные комбайны КСТ-3А, КСТ-2А, КС-6Б<sup>10</sup>.

В странах Западной Европы для уборки столовых корнеплодов были широко распространены комбайны фирм «Mather and Platt» (Великобритания), FMC (США) и «Asa Lift» (Дания), принцип действия которых в основных чертах аналогичен рабочим процессам машин ЕМ, ММТ и под.<sup>11</sup>



Р и с. 1. Схема двухрядной машины Е-825

F i g. 1. The scheme of the two-row machine E-825

<sup>7</sup> Машины для уборки столовых корнеплодов – Машины теребильного типа (морковуборочные комбайны). URL: [http://www.newtechagro.ru/inform2/mashinj\\_dlya\\_uborki\\_stolovjh\\_korneplodov\\_mashinj.html](http://www.newtechagro.ru/inform2/mashinj_dlya_uborki_stolovjh_korneplodov_mashinj.html)

<sup>8</sup> Там же.

<sup>9</sup> Там же.

<sup>10</sup> Там же.

<sup>11</sup> Там же.

Сейчас как на отечественном, так и на зарубежном рынке широко представлены машины для уборки столовых корнеплодов таких компаний, как «Eugora», «De Wulf», «Asa Lift», «Grimme» и других<sup>12</sup>. Большинство корнеплодоуборочных машин этих фирм предназначено для заготовки моркови, столовой свеклы, редьки, цикория и других культур со схожими технологическими свойствами. Исключением является одна из наиболее перспективных овощных культур – редис, который существенно отличается схемой посева, сроками созревания и физико-механическими свойствами корнеплода<sup>13</sup>.

Перспективность возделывания редиса обусловлена тем, что его плоды богаты аскорбиновой кислотой, эфирными маслами, лизоцимом, микроэлементами и другими биологически активными веществами. Его потребление стимулирует работу желудка, оказывает мочегонное действие, способствует подавлению вредной кишечной микрофлоры, благоприятно влияя на пищеварение в целом. К тому же редис – один из первых овощей открытого грунта, попадающий весной на стол<sup>14</sup>. Для его уборки приходится разрабатывать и внедрять в производство узкоспециализированные машины. Например, в СССР была спроектирована четырех-

рядная редисоуборочная машина РУ-4<sup>15</sup>, производство которой в перестроечные годы было прекращено. В США широко применялись навесные трех- и шестирядные машины фирмы FMC<sup>16</sup>. Сегодня европейским и российским сельхозпроизводителям больше известны редисоуборочные комбайны фирм «Grimme», «Koppert Machines» (рис. 2) и «Asa Lift» (рис. 3)<sup>17</sup>.

При этом все современные машины для уборки редиса, выпускаемые промышленно, рассчитаны на применение в полевых условиях. Они имеют высокую стоимость, значительную энерго- и материалоемкость и не подходят для использования в личных и подсобных хозяйствах<sup>18</sup>, хотя почти три четверти урожая редиса производится именно в них<sup>19</sup>. Разработки в области механизации уборки корнеплодов для хозяйств малых форм направлены, как правило, на уборку лука и плодов цилиндрической формы (моркови, пастернака и под.) [см., например, 5–8], и для заготовки редиса не подходят. В связи с этим повышение уровня механизации уборочных процессов при возделывании редиса в хозяйствах малых форм является актуальной и практически не исследованной задачей, решение которой позволит существенным образом повысить обеспеченность населения

<sup>12</sup> Морковоуборочные комбайны. URL: [http://www.agro-sistema.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=189:morkovouborochnye-kombainy&catid=22&itemid=45](http://www.agro-sistema.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=189:morkovouborochnye-kombainy&catid=22&itemid=45)

<sup>13</sup> Там же; Машины для уборки столовых корнеплодов – Машины теребильного типа (морковоуборочные комбайны). URL: [http://www.newtechagro.ru/inform2/mashinj\\_dlya\\_uborki\\_stolovjh\\_korneplodov\\_mashinj.html](http://www.newtechagro.ru/inform2/mashinj_dlya_uborki_stolovjh_korneplodov_mashinj.html)

<sup>14</sup> Radish cultivation. URL: <http://prodachu.com/en/korneplodi/viraschivanie-redisa>; Radish. URL: <https://horticulture.oregonstate.edu/oregon-vegetables/radish-0>; Редис, польза и вред для организма человека. URL: <http://yazdorovee.ru/posevnoj-redis-polza-i-vred>

<sup>15</sup> Машины для уборки столовых корнеплодов – Машины теребильного типа (морковоуборочные комбайны). URL: [http://www.newtechagro.ru/inform2/mashinj\\_dlya\\_uborki\\_stolovjh\\_korneplodov\\_mashinj.html](http://www.newtechagro.ru/inform2/mashinj_dlya_uborki_stolovjh_korneplodov_mashinj.html)

<sup>16</sup> Там же.

<sup>17</sup> Radish harvester. URL: <http://www.agriexpo.online/agricultural-manufacturer/radish-harvester-1951.html>; Koppert selfdriven комбайн машина для редиса. URL: <https://www.duijndam-machines.com/ru-машини/2253/koppert-selfdriven-комбайн-машина-для-редиса>

<sup>18</sup> Конструктивно-технологическая схема машины для обрезки редиса / Е. А. Гавриш [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. С. 44–48.

<sup>19</sup> Росстат. URL: <http://cbsd.gks.ru>



Р и с. 2. Самоходный редисоуборочный комбайн «Koppert Selfdriven»  
F i g. 2. The self-moving radish harvester Koppert Selfdriven



Р и с. 3. Прицепной редисоуборочный комбайн «Asa Lift»  
F i g. 3. The trailed radish harvester Asa Lift

вкусной и полезной продукцией, повысить рентабельность ее заготовки.

Известно, что рациональные параметры и эффективные режимы работы практической всех сельскохозяйственных машин существенным образом зависят от технологических свойств объектов, на которые они воздействуют<sup>20</sup> [9–11]. Поэтому в рамках исследования, посвященного разработке средств малой механизации уборки редиса, авторами было проведено определение его основных физико-механических свойств.

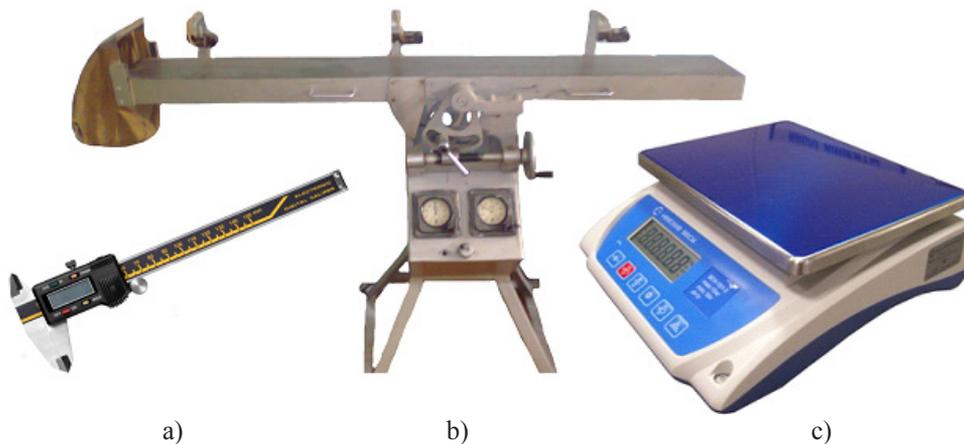
#### Материалы и методы

Исследование проводилось на растениях двух сортов (Селеста и Белокрайка, урожай 2017 г.), характерных для Южного и Северо-Кавказского федеральных округов.

По известным методикам<sup>21</sup> [9–12] определялись размерные, массовые и фрикционные свойства редиса.

Измерение размерных характеристик редиса производилось на ста предварительно очищенных растениях каждого сорта электронным штангенциркулем (рис. 4, а). Для каждого размера были выявлены числовые зависимости и их основные статистические характеристики: средняя величина  $M$ , среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  и коэффициент вариации  $V$  (табл. 1)<sup>22</sup>.

Помимо основных линейных размеров растений, для каждого сорта редиса определялись отношения некоторых наиболее характерных параметров, а также коэффициенты корреляции между



Р и с. 4. Оборудование, применяемое при исследовании физико-механических свойств редиса: а) электронный штангенциркуль; б) установка ТМ-21 для определения фрикционных свойств; в) весы лабораторные ВСН-3/0,2-3

Fig. 4. The equipment used for studying the physical and mechanical properties of radish: а) electronic calipers; б) ТМ-21 device for determination of frictional properties; в) laboratory scales ВСН-3/0,2-3

<sup>20</sup> Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. Т. 2. Теория / Под общ. ред. В. П. Горячкина. М. ; Л. : Сельхозгиз, 1936. 536 с.; Технологические свойства семян. URL: <http://mehanik-ua.ru/lektsii-po-mtsskhm/178-tehnologicheskie-svoystva-semyan.html>; **Летошнев М. Н.** Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание. М. ; Л. : Сельхозиздат, 1955. 764 с.; Измерение коэффициента статического трения поверхностей различного качества и природы методом наклонной плоскости. URL: <http://helpiks.org/4-4246.html>; **Ашитко С. А.** Технологические свойства семян сои // Совершенствование технических средств в растениеводстве : межвуз. сб. науч. тр. Черноград : ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2012. С. 81–86.

<sup>21</sup> Там же.

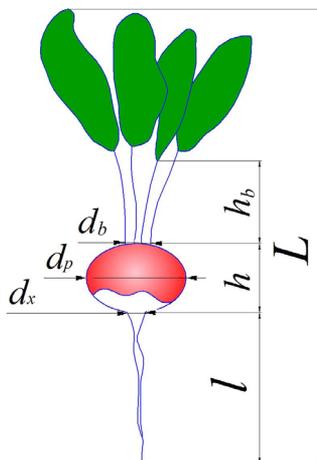
<sup>22</sup> **Никитин В. И.** Первичная статистическая обработка экспериментальных данных. Самара : Сам. гос. техн. ун-т, 2017. 80 с.; Основы научных исследований в агрономии / Б. Д. Киришин [и др.]. М. : Колос С, 2009. 398 с.

ними<sup>23</sup>. Полученные данные сводились в табл. 2.

В табл. 1; 2 приняты обозначения, указанные на рис. 5.

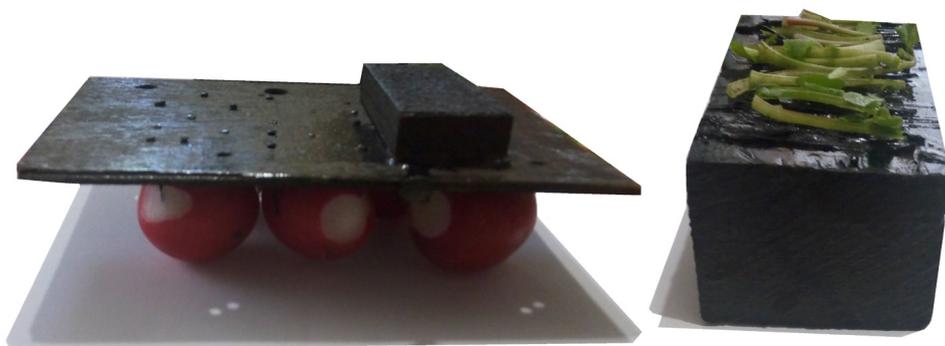
Коэффициенты трения (покоя и движения) редиса о стальную неокрашенную поверхность определялись по из-

вестным методикам с использованием установки ТМ-21<sup>24</sup> [9]. Для проведения исследования предварительно были изготовлены образцы – деревянные бруски, на которых закреплялись (накалывались и приклеивались соответственно) корнеплоды редиса и стебли ботвы



Р и с. 5. Схема для определения основных размерных характеристик редиса:  $L$  – общая длина растения, мм;  $l$  – длина корешка, мм;  $h_b$  – длина стеблей от головки корнеплода до листьев ботвы, мм;  $h$  – высота головки корнеплода, мм;  $d_{p1}$  – диаметр головки корнеплода, мм;  $d_{p2}$  – диаметр головки корнеплода (нормально к  $d_{p1}$ ), мм;  $d_b$  – суммарный диаметр стеблей у головки корнеплода, мм;  $d_x$  – диаметр корешка у головки корнеплода, мм

F i g. 5. The scheme for determining the basic dimensional characteristics of radish:  $L$  – total length of plant, mm;  $l$  – length of radicle, mm;  $h_b$  – stem length from root to tops leaves, mm;  $h$  – height of the root, mm;  $d_{p1}$  – diameter of the root, mm;  $d_{p2}$  – diameter of the root (perpendicular to the  $d_{p1}$ ), mm;  $d_b$  – total diameter of stems at the the root, mm;  $d_x$  – diameter of radicle at the root, mm



Р и с. 6. Бруски с закрепленными на них корнеплодами и стеблями ботвы редиса

F i g. 6. The bars with roots fixed on them and the stems of the radish top

<sup>23</sup> Там же.

<sup>24</sup> Измерение коэффициента статического трения поверхностей различного качества и природы методом наклонной плоскости. URL: <http://helpikis.org/4-4246.html>

Таблица 1  
Table 1Основные размерные характеристики растений редиса  
The basic dimensional characteristics of radish plants

Сорт редиса / Radish varieties	L		l		h <sub>1</sub>		h		d <sub>p1</sub>		d <sub>p2</sub>		d <sub>b</sub>		d <sub>x</sub>									
	M <sub>L2</sub> / mm	σ <sub>L2</sub> / mm	M <sub>dp12</sub> / mm	σ <sub>dp12</sub> / mm	V <sub>dp2</sub> / %	M <sub>dp22</sub> / mm	σ <sub>dp22</sub> / mm	M <sub>dp22</sub> / mm	σ <sub>dp22</sub> / mm	V <sub>dp2</sub> / %	M <sub>dp22</sub> / mm	σ <sub>dp22</sub> / mm												
Селеста / Celeste	318,3	72,5	22,8	61,0	34,0	4,7	13,9	32,0	4,5	13,9	8,8	1,7	19,6	4,4	1,6	36,4	22,9	37,5	78,2	31,3	40,1	45,0	8,3	18,4
Белокрайка / Belokrayka	239,7	33,1	13,8	31,7	26,7	3,6	13,2	*	*	*	12,3	3,0	24,1	5,1	1,3	26,0	19,2	60,6	73,8	12,1	16,4	28,8	5,8	20,3

Примечание: \* – размер не определялся, поскольку визуально незначительно отличался от d<sub>p1</sub> / Note: \* – the size was not determined, as visually insignificantly differed from d<sub>p1</sub>

Таблица 2  
Table 2Характеристики зависимости между размерами растений редиса  
The characteristics of the relationship between the sizes of radish plants

Сорт редиса / Radish varieties	Отношения средних размеров / The medium size relationships				Коэффициенты корреляции / The coefficients of correlation				
	d <sub>cp</sub> / h	d <sub>x</sub> / d <sub>cp</sub>	d <sub>b</sub> / d <sub>cp</sub>	h / L	d <sub>cp</sub> / L	R(d <sub>cp</sub> / h)	R(d <sub>x</sub> / d <sub>cp</sub> )	R(d <sub>b</sub> / d <sub>cp</sub> )	R(h / L)
Селеста / Celeste	0,73	0,13	0,27	0,14	0,10	0,36	0,04	0,52	0,27
Белокрайка / Belokrayka	0,93	0,19	0,46	0,12	0,11	0,24	0,19	0,11	0,18

(рис. 6). Все измерения проводились в трехкратной повторности, полученные значения коэффициентов трения сводились в таблицу.

При определении массовых характеристик редиса сначала взвешивалось целое растение, затем отдельно – корнеплод и отдельно – корешок. Масса 100 штук каждого из элементов определялась трехкратно. Взвешивание проводилось с использованием лабораторных электронных весов ВСН-3/0,2-3 с точностью до 0,1 г.

**Результаты исследования**

Размерные характеристики растений редиса представлены в табл. 1.

Анализ данных, приведенных в табл. 1, позволяет сделать следующие выводы:

- редис сорта Селеста по линейным размерам в 1,2–2,1 раза крупнее редиса сорта Белокрайка;

- диаметр корнеплодов для обоих сортов является наиболее стабильным размером: коэффициент вариации составляет 13,2–13,9 %;

- высота головок корнеплодов варьируется в диапазоне 18,4–20,3 %, изменяясь при этом по среднему размеру от 29 до 45 мм. В общей длине растений высота головок корнеплодов занимает 12–14 %;

- диаметр пучка стеблей в месте предполагаемого среза составляет в среднем около 9–12 мм, при среднеква-

дратическом отклонении около 2–3 мм. Диаметр корешка у предполагаемого места среза в среднем составляет 4–5 мм.

Характеристики зависимостей между размерами редиса сведены в табл. 2. При этом средний диаметр  $d_{cp}$  редиса для сорта Селеста определялся как среднее геометрическое  $d_{p1}$  и  $d_{p2}$ , для сорта Белокрайка  $d_{cp} = d_{p1}$ .

Анализ данных, приведенных в табл. 2, позволяет заключить, что:

- корнеплоды редиса сорта Белокрайка по форме приближаются к шару, в то время как у редиса сорта Селеста головки корнеплодов имеют вытянутую форму: их высота примерно в 1,4 раза больше среднего диаметра;

- соотношение диаметра пучка ботвы в предполагаемом месте среза и диаметра головки корнеплода у исследуемых сортов составляет 0,27–0,46, а диаметра корешков к диаметру головок – 0,13–0,19;

- для исследуемых сортов редиса между всеми рассмотренными размерами выявлено наличие прямой корреляции.

Коэффициенты трения отдельных частей растений редиса о неокрашенную сталь представлены в табл. 3.

Данные, приведенные в таблице, показывают, что головки корнеплодов отличаются более низкими (примерно в 1,25 раза) фрикционными показателями.

Таблица 3  
Table 3

**Некоторые фрикционные характеристики редиса**  
**Some frictional characteristics of radish**

Сорт редиса / Radish varieties		Селеста / Celeste	Белокрайка / Belokrayka
Коэффициент трения движения / The coefficient of the friction motion	Корнеплоды / Roots	0,58	0,44
	Стебли / Stems	0,69	0,61
Коэффициент трения покоя / The coefficient of the static friction	Корнеплоды / Roots	0,66	0,63
	Стебли / Stems	0,87	0,71

**Массовые характеристики редиса**  
**The mass characteristics of radish**

Сорт редиса / Radish varieties	Селеста / Celeste			Белокрайка / Belokrayka		
	Масса растения / Plant weight	Масса корнеплода / Root weight	Масса корешка / Rootlet weight	Масса растения / Plant weight	Масса корнеплода / Root weight	Масса корешка / Rootlet weight
$M_m$ , г / $M_m$ , g	35,5	28,3	0,2	19,3	10,1	0,1
$\sigma_m$ , г / $\sigma_m$ , g	3,3	3,5	–	2,9	1,7	–
$V_m$ , %	9,4	12,4	–	15,0	16,9	–
$m_{max}$ , г / $m_{max}$ , g	43,9	35,3	–	24,2	13,4	–
$m_{min}$ , г / $m_{min}$ , g	31,9	22,0	–	16,8	8,2	–

телями, чем стебли. По исследуемым сортам редиса коэффициенты трения отличались существенно (примерно на 17 %), что может быть связано с разной степенью свежести растений. При этом коэффициенты трения движения в среднем были в 1,24 раза меньше коэффициентов трения покоя.

Статистические характеристики массы растений редиса и их отдельных частей представлены в табл. 4.

Из данных, приведенных в табл. 4 следует, что:

- на долю корешка приходится 0,5–0,6 % от общей массы растения редиса; следовательно, при анализе производственных процессов массой корешка в расчетах можно пренебречь;

- отношение массы головки корнеплода к общей массе растения существенно варьируется в зависимости от сорта редиса и его состояния; в проведенных исследованиях эти соотношения изменялись от 0,52 до 0,9;

- масса всего растения редиса сорта Селеста больше массы растения редиса

сорта Белокрайка примерно в 1,8 раза; для головок корнеплодов аналогичное соотношение – 2,8 раза.

#### **Обсуждение и заключение**

Физико-механические свойства растений редиса существенным образом зависят от их сорта, степени созревания, свежести и других факторов, поэтому результаты исследования варьируются в значительных пределах. Например, проведенное исследование позволило установить, что редис сорта Селеста по линейным размерам в 1,2–2,1 раза крупнее редиса сорта Белокрайка и примерно в 1,8–2,8 раза тяжелее.

Масса головок корнеплодов (10–28 г) в общей массе растения составляет 52–90 %, а масса корешков – 0,5–0,6 %. Соответственно, при аналитических расчетах массой корешка можно пренебречь.

Средний диаметр головок корнеплодов исследованных сортов составляет от 26,7 до 34 мм при коэффициенте вариации ( $V$ ) около 13–14 %; высота головок корнеплодов составляет от 29

до 45 мм (при  $V \approx 18\text{--}20\%$ ). При этом корнеплоды редиса сорта Белокрайка по форме близки к шару, в то время как у редиса сорта Селеста высота головок корнеплодов примерно в 1,4 раза больше среднего диаметра. Для исследуемых сортов редиса выявлено наличие прямой корреляции между всеми рассмотренными размерами. Коэффициент трения покоя корнеплодов о неокрашенную сталь составляет 0,63–0,66, движения – 0,44–0,58.

Диаметр пучка стеблей в месте предполагаемого среза в среднем составляет от 9 до 12 мм, диаметр корешка у предполагаемого места среза – 4–5 мм. Фрикционные показатели стеблей ботвы в среднем в 1,25 раза выше, чем фрикционные свойства головок корнеплодов.

Полученные в исследовании данные, несмотря на их вариативность, могут быть использованы в качестве исходной информации при проекти-

ровании машин для уборки и первичной переработки редиса. Например, их можно применять при нахождении рациональной степени прижатия друг к другу несущих ременных транспортеров в зависимости от массы растений, суммарного диаметра стеблей и их фрикционных свойств; при определении оптимального расположения ножей относительно ремней транспортера в зависимости от линейных размеров растений (при заготовке обрезного редиса); при определении удельных энергозатрат резания с учетом площади стеблей ботвы и корешка в месте среза; при расчете суммарной мощности, потребляемой ботвообрезочной машиной заданной производительности и т. д. Особый интерес полученные данные могут представлять при разработке малогабаритных технических средств, применение которых было бы рентабельно в условиях личных и подсобных хозяйств.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Gibba A.** Revealed comparative advantage and trade competitiveness in global vegetable products // International Journal of Scientific & Technology Research. 2017. Vol. 6, issue 5. P. 8–15. URL: <http://www.ijstr.org/final-print/may2017/Revealed-Comparative-Advantage-And-Trade-Competitiveness-In-Global-Vegetable-Products.pdf>
2. **Storozhuk I. M., Pankiv V. R.** Research results of harvesting haulm remnants of root crops // INMATEH – Agricultural Engineering. 2015. Vol. 46, no. 2. P. 101–108. URL: <http://oaji.net/articles/2016/1672-1453480911.pdf>
3. **Барановський В. М., Скальський О. Ю.** Аналіз конструктивно-технологічних аспектів функціонування копачів коренеплодів // Innovative Solutions in Modern Science. 2016. Vol. 1, no. 1. P. 147–154. [Электронный ресурс]. URL: <https://naukajournal.org/index.php/ISMSD/article/view/709>
4. Identification development process adapted root crop machines / V. A. Dubrovin [et al.] // Machinery and Energetics. 2013. № 185. P. 12–28. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica/article/view/4625/4543>
5. Машина для обрезки концов овощей : пат. 246952 СССР : МПК А 01 F, А 47 J / Кулаков А. Ф.; заявитель и патентообладатель Кулаков А. Ф. № 1153670/13 ; заявл. 06.05.67 ; опубл. 20.06.69, Бюл. № 21.
6. Устройство для обрезки концов моркови : пат. 982643 СССР : МПК А 23 N 15/04 / Штейнберг Р. В., Иларьев С. И., Вавилин В. С. ; заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт продуктов детского питания и систем управления агропромышленными комплексами консервной промышленности. № 3301752/13 ; заявл. 11.06.81 ; опубл. 23.12.82, Бюл. № 47.
7. Устройство для обрезки концов корнеплодов : пат. 1284497 СССР : МПК А 23 N 15/04 / Силифанов Ю. А. ; заявитель и патентообладатель Силифанов Ю. А. № 3849315/13 ; заявл. 31.01.85 ; опубл. 23.01.87, Бюл. № 3.

8. Устройство для обрезки листьев лука и корнеплодов : пат. 2240712 Рос. Федерация : МПК А 23 N 15/04 / Ларюшин Н. П., Кшникаткин С. А., Кирюхина Т. А. ; заявитель и патентообладатель Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. № 2002132345/12; заявл. 02.12.02 ; опубл. 27.11.04, Бюл. № 33.

9. Влияние физико-механических свойств семян пропашных культур на качество работы пневмовакуумного высевающего аппарата / А. Ю. Несмиян [и др.] // Агро XXI. 2012. № 4-6. С. 44–46.

10. Размерные характеристики семян масличных гибридов подсолнечника / А. Ю. Несмиян [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. 2014. № 1 (25). С. 39–46. URL: <http://achraa.pf/wp-content/uploads/2013/01/ref1-25-2014.pdf>

11. **Ahmadi R., Kalbasi-Ashtari A., Gharibzahedi S. M. T.** Physical properties of psyllium seed // International Agrophysics. 2012. № 26. С. 91–93. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10247-012-0013-y>

12. **Aydin C., Ozcan M.** Some physico-mechanic properties of terebinth (*Pistacia terebinthus* L.) fruits // Journal of Food Engineering. 2002. Vol. 53, issue 1. P. 97–101. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00145-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00145-5)

*Поступила 08.07.2018; принята к публикации 14.09.2018; опубликована онлайн 28.06.2019*

*Об авторах:*

**Ашитко Андрей Андреевич**, аспирант, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» (347740, Россия, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21), ResearcherID: N-6272-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4896-2682>, [ashitko2010@yandex.ru](mailto:ashitko2010@yandex.ru)

**Гавриш Евгений Андреевич**, магистрант, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» (347740, Россия, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21), ResearcherID: N-6380-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3573-0041>, [zhenya.gavrisch@yandex.ru](mailto:zhenya.gavrisch@yandex.ru)

**Несмиян Андрей Юрьевич**, профессор, кафедра технологий и средств механизации агропромышленного комплекса, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» (347740, Россия, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21), доктор технических наук, доцент, ResearcherID: N-6221-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5556-1767>, [nesmiyan.andrei@yandex.ru](mailto:nesmiyan.andrei@yandex.ru)

**Колесник Руслан Юрьевич**, аспирант, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» (347740, Россия, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21), ResearcherID: N-6372-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5614-2428>, [microlis05-05@mail.ru](mailto:microlis05-05@mail.ru)

*Заявленный вклад соавторов:*

А. А. Ашитко – исследование размерных и массовых характеристик растений редиса сорта «белокрайка», анализ уровня механизации процессов уборки корнеплодов; Е. А. Гавриш – исследование размерных и массовых характеристик растений редиса сорта «селеста»; А. Ю. Несмиян – формирование первоначального варианта статьи, анализ полученных результатов, вычитка текста статьи; Р. Ю. Колесник – исследование фрикционных свойств растений редиса, оформление списка использованных источников.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи*

## REFERENCES

1. Gibba A. Revealed comparative advantage and trade competitiveness in global vegetable products. *International Journal of Scientific & Technology Research*. 2017; 6(5):8-15. Available at: <http://www.ijstr.org/final-print/may2017/Revealed-Comparative-Advantage-And-Trade-Competitiveness-In-Global-Vegetable-Products.pdf>

2. Storozhuk I.M., Pankiv V.R. Research results of harvesting haulm remnants of root crops. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2015; 46(2):101-108. Available at: <http://oaji.net/articles/2016/1672-1453480911.pdf>

3. Baranovskiy V.M., Skalskiy O.Yu. The analysis of constructive-technological aspects the function of root crops diggers. *Innovative Solutions in Modern Science*. 2016; 1(1):147-154. Available at: <https://naukajournal.org/index.php/ISMSD/article/view/709> (In Russ.)
4. Dubrovin V.A., Golub G.A., Dubchak N.A., Tesliuk V.V. Identification development process adapted root crop machines. *Machinery and Energetics*. 2013; 185:12-28. Available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica/article/view/4625/4543>
5. Kulakov A.F., inventor and assignee. Cutting machine for vegetable ends. USSR Patent 246952, 1969 June 20. (In Russ.)
6. Steinberg R.V., Ilariev S.I., Vavilin V.S., inventors. All-Union Scientific Research and Design Institute of Baby Food Products and Management Systems for Agro-Industrial Complexes of Canning Industry, assignee. Device for trimming the ends of carrots. USSR Patent 982643 1982 Dec 23. (In Russ.)
7. Silifanov Yu.A., inventor and assignee. Device for trimming root ends. USSR Patent 1284497. 1987 Jan 23. (In Russ.)
8. Laryushin N.P., Kshnikatkin S.A., Kiryukhina T.A., inventors. Penza State Agricultural Academy, assignee. Device for trimming leaves of onions and roots. Ru Patent 2240712. 2004 Nov 27. (In Russ.)
9. Nesmiyan A. Yu., Yakovets A.V., Dolzhikov V.V., Ashitko S.A. Influence of physical and mechanical properties of seeds of cultivated crops on the quality of the pneumatic vacuum seeder. *Agro XXI*. 2012; 4-6:44-46. (In Russ.)
10. Nesmiyan A. Yu., Khronyuk Ye.V., Gaivoronskaya S.P., Pavlenko O.S., Bragin R.N. Dimensional characteristics of oilseeds hybrids of sunflower. *Vestnik agrarnoy nauki Dona = Don Agrarian Science Bulletin*. 2014; 1:39-46. Available at: <http://ачгаа.рф/wp-content/uploads/2013/01/ref1-25-2014.pdf> (In Russ.)
11. Ahmadi R., Kalbasi-Ashtari A., Gharibzahedi S.M.T. Physical properties of psyllium seed. *International Agrophysics*. 2012; 26:91-93. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10247-012-0013-y>
12. Aydin C., Ozcan M. Some physico-mechanic properties of terebinth (*Pistacia terebinthus* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*. 2002; 53(1):97-101. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00145-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00145-5)

*Received 08.07.2018; revised 14.09.2018; published online 28.06.2019*

*About authors:*

**Andrey A. Ashitko**, Post Graduate Student, Azov-Black Sea Engineering Institute of Don State Agrarian University (21 Lenina St., Zernograd 347740, Russia), ResearcherID: N-6272-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4896-2682>, [ashitko2010@yandex.ru](mailto:ashitko2010@yandex.ru)

**Evgeny A. Gavrish**, Graduate Student, Azov-Black Sea Engineering Institute of Don State Agrarian University (21 Lenina St., Zernograd 347740, Russia), ResearcherID: N-6380-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3573-0041>, [zhenya.gavrisch@yandex.ru](mailto:zhenya.gavrisch@yandex.ru)

**Andrey Yu. Nesmiyan**, Professor, Chair of Technologies and Mechanization Tools of Agriculture, Azov-Black Sea Engineering Institute of Don State Agrarian University (21 Lenina St., Zernograd 347740, Russia), D.Sc. (Engineering), Associate Professor, ResearcherID: N-6221-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5556-1767>, [nesmiyan.andrei@yandex.ru](mailto:nesmiyan.andrei@yandex.ru)

**Ruslan Yu. Kolesnik**, Post Graduate Student, Azov-Black Sea Engineering Institute of Don State Agrarian University (21 Lenina St., Zernograd 347740, Russia), ResearcherID: N-6372-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5614-2428>, [microlis05-05@mail.ru](mailto:microlis05-05@mail.ru)

*Contribution of the authors:*

A. A. Ashitko – studying the size and mass characteristics of the Belokrayka radish plants, analyzing the level of mechanization of the processes of harvesting of root crops; E. A. Gavrish – studying the size and mass characteristics of the Celeste radish plants; A. Yu. Nesmiyan – writing the draft version of the article, analysing the results, proofreading the text of the article; R. Yu. Kolesnik – studying frictional properties of radish plants, creating a list of references.

*All authors have read and approved the final version of the paper.*