

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-87-94>
УДК: 635.64:631.531

В.П. Горобей¹,
Л.В. Павлов², В.Ю. Москалевич³

¹ ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарах»
НИИЦ «Курчатовский институт»
298600, Россия, Республика Крым,
г. Ялта, ул. Кирова, 31

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБУН ФНЦО)
143072, Россия, Московская область,
Одинцовский район, п. ВНИИССОК,
ул. Селекционная, д.14

³ ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»,
Институт «Агротехнологическая академия»,
295492, Россия, Республика Крым, п. Аграрное

*Автор для переписки: magarach@rambler.ru

Вклад авторов. Горобей В.П.: концептуализация, создание рукописи и ее редактирование; Павлов Л.В.: методология, администрирование проекта; Москалевич В.Ю.: программное обеспечение, верификация данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Горобей В.П., Павлов Л.В., Москалевич В.Ю. Выделение семян томата для селекционных исследований. *Овощи России*. 2025;(6):87-94.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-87-94>

Поступила в редакцию: 15.07.2025

Принята к печати: 22.10.2025

Опубликована: 18.12.2025

Vasily P. Gorobey¹,
Leonid V. Pavlov², Vadim Yu. Moskalevich³

¹ All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking
"Magarach" RAS
st. Kirova, 31, Yalta,
Republic of Crimea, Russia, 298600

² Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Selektionnaya str., VNISSOK,
Odintsovo region, Moscow district, 143072,
Russia

³ V.I. Vernadsky Crimean Federal University",
Institute "Agrotechnological Academy"
Agrarnoe settlement,
Republic of Crimea, 295492, Russia

*Corresponding Author: magarach@rambler.ru

Authors' Contribution: Gorobey V.P.: conceptualization, manuscript preparation and editing; Pavlov L.V.: methodology, project administration; Moskalevich V.Yu.: software, data verification.

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

For citation: Gorobey V.P., Pavlov L.V., Moskalevich V.Yu. Separation of tomato seeds for breeding research. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(6):87-94. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-87-94>

Received: 15.07.2025

Accepted for publication: 22.10.2025

Published: 18.12.2025

Выделение семян томата для селекционных исследований



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для достижения необходимого уровня самообеспеченности продукцией овощеводства необходимо соответствующее технико-технологическое обеспечение их производителей. Для решения данной задачи требуется внедрение инновационных технологий производства продукции овощеводства, а также обеспечение необходимым количеством современной высокопроизводительной техники и оборудования. Особое значение имеет механизация селекционных исследований с томатами, повышение эффективности выделения семян томатов за счет совершенствования технических решений и конструктивных особенностей машины, направленных на снижение энергоёмкости процесса и повышение производительности.

Материал и методика. Машина для выделения семян из селекционных партий томатов, содержит раму, электродвигатель, клиноременную передачу, бункер, вал, шнек, бичи, сито, кожух, щиток, сборник, лоток секций сепаратора и семьявыделителя. Секции сепаратора и семьявыделителя установлены на общей раме и снабжены приводами ведущих валов через клиноременную передачу от одного электродвигателя. Для регулирования эффективности работы машины за шнеком сепаратора установлен пропеллер под углом β , за ним установлены две пары последовательно расположенных бичевых планок с фиксированными углами опережения α_1 и α_2 . Семьявыделитель имеет на ведущем валу цилиндрический шнек и четыре бича, установленных попарно с возможностью регулирования угла опережения α_3 . Для теоретических исследований разработана эквивалентно-силовая схема шнека приемной камеры машины для выделения семян из плодов селекционных партий томата к определению силы резания плодов томата кромкой шнека с прерывистыми витками и учтены теоретические наработки по обоснованию конструктивно-режимных параметров измельчителя с зигзагообразным расположением ножей в режущем аппарате.

Результаты. Показано, что расчетная сила резания плодов томатов загрузочным шнеком сепаратора машины для выделения семян из селекционных партий зависит от состояния кромок витков. С вырезными сегментами на витках в рассматриваемом диапазоне прочностных характеристик прочности кожицы томатов она ниже, чем со сплошными. С вырезными сегментами сила резания изменяется от 55 Н до 200 Н, а со сплошными от 80 Н до 280 Н, что в среднем показывает снижение на 30 %. Приведены значения высоты свободного падения томатов из бункера на шнек со сплошной кромкой и предлагаемыми вырезными сегментами для оптимизации эффективности работы машины для выделения семян томатов в непрерывном режиме.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

томат, селекция, семена, выделение, сепаратор, семьявыделитель, шнек, кромка витка, вырезной сегмент, сила резания, параметры

Isolation of tomato seeds for breeding research

ABSTRACT

Relevance. To achieve the required level of self-sufficiency in vegetable products, it is necessary to provide their producers with appropriate technical and technological support. To solve this problem, it is necessary to introduce innovative technologies for the production of vegetable products, as well as to provide the necessary amount of modern high-performance machinery and equipment. Of particular importance is the mechanization of breeding research with tomatoes. increasing the efficiency of tomato seed selection by improving technical solutions and design features of the machine, aimed at reducing the energy intensity of the process and increasing productivity.

Material and Methodology. A machine for separating seeds from selection lots of tomatoes, comprising a frame, an electric motor, a V-belt drive, a hopper, a shaft, auger, beaters, a sieve, a casing, a shield, a collector, a tray of separator sections and a seed extractor. The separator and seed extractor sections are mounted on a common frame and are equipped with drives for the drive shafts via a V-belt drive from one electric motor. To regulate the efficiency of the machine, a propeller is installed behind the separator auger at an angle β , followed by two pairs of successively arranged flail bars with fixed advance angles α_1 and α_2 . The seed extractor has a cylindrical auger on the drive shaft and four flails installed in pairs with the ability to regulate the advance angle α_3 . For theoretical studies, an equivalent-force diagram of the auger of the receiving chamber of the machine for separating seeds from fruits of tomato selection lots was developed to determine the cutting force of the auger edge with intermittent turns of cutting tomato fruits by the auger edge and theoretical developments were taken into account to substantiate the design and operating parameters of a chopper with a zigzag arrangement of knives in the cutting apparatus.

Results. It is shown that the calculated cutting force of tomato fruits by the loading auger of the separator of the machine for extracting seeds from breeding lots depends on the state of the edges of the turns. With cut segments on the turns in the considered range of strength characteristics of the tomato skin, it is lower than with solid ones. With cut segments, it changes from 55 N to 200 N, and with solid ones from 80 N to 280 N, which on average shows a decrease of 30 %. The values of the free fall height of tomatoes from the hopper onto the auger with a solid edge and the proposed cut segments are given to optimize the efficiency of the machine for extracting tomato seeds in a continuous mode.

KEYWORDS:

tomato, selection, seeds, extraction, separator, seed extractor, auger, edge of the turn, cut segment, cutting force, parameters

Введение

Среди основных направлений ускорения развития сельскохозяйственного производства особое значение имеет селекционная работа. Одной из задач при создании новых сортов томатов является выделение семян из томатов селекционных участков и участков элитного семеноводства. Семеноводство овощных культур сложно и трудоемко. Некоторые технологические процессы не отработаны в производственных условиях. Кроме того, в связи с большим разнообразием технологических процессов производства семян необходимо применять механизацию с учетом биологических и агротехнических особенностей культуры.

Народная селекция, а позднее профессиональные селекционеры, используя самые разнообразные методы, добились больших успехов и получили сорта и гибриды культурного типа, имеющие плоды от мелких вишневидных (черри) до «гигантов» – массой 800 г и более [1]. Для обеспечения потребности овощеводческих хозяйств элитными семенами необходимы сельскохозяйственные машины и оборудование для их выращивания и уборки, так как нагрузка на технику для овощеводства значительно превышает существующие нормативы. Технологический уровень и техническая оснащенность большинства семеноводческих хозяйств не сопоставимы с уровнем современных зарубежных селекционно-семеноводческих центров и компаний [2-5]. Селекционерами проводятся исследования по оценке и отбору коллекционного материала томата, как одной из наиболее распространенных овощных культур, стоящей по площади возделывания на первом месте, обнаружению новых доноров и генетических источников с набором ценных признаков и использования их для создания новых линий и сортов [6], изучение высокопродуктивных сортов и гибридов томата отечественной и зарубежной селекции с высокой транспортабельностью с хорошим отделением от плодоножки на пригодность для механизированной уборки [7]. Отмечается направление селекции томата по созданию сортов, которые, наряду с декоративно-эстетической раскраской плода, не уступают по урожайности и вкусовым качествам уже существующим, включающее отбор исходного донорского материала с комплексом хозяйственно-ценных признаков, межсортовую гибридизацию, отбор растений и линий на селективируемые признаки, беккроссирование и последующий отбор с целью передачи сортам заданных отдельных или комплекса признаков [8]. Для перспектив производства высококачественных семян томата, борьбы с патогенами, передающимися через семена и получения сильной рассады проводятся работы по определению влияния метода экстракции семян на их физиологическое качество [9,10].

Селекционеры, для извлечения семян из образцов (селекционных номеров) плодов томата, обычно имеют дело с большим количеством образцов. Технологические приемы проведения селекционных работ выполняются, в основном, за счет ручного труда для ускорения выведения новых перспективных сортов. Требуется создание техники и оборудования для работы с небольшими партиями, так как использование для этих целей машин и оборудования механизированных линий для подготовки выделения семян томатов на семеноводческие цели практически нереально.

Известно технико-экономическое исследование потенциального влияния рабочих параметров машины на выделение семян томата. Анализ данных показал, что при работе машины со скоростью барабана 15,71 м/с (600 об/мин), загрузке 150 кг/ч плодов томата и выборе барабана с диаметром отверстий

5 мм были достигнуты следующие результаты экономичной эксплуатации разработанной машины: производительность (9,12 кг/ч), эффективность (96,80%), чистота семян (92%), процент потерь семян (3,20%) и удельное энергопотребление (0,042 кВт·ч/кг). Испытания на всхожесть показали, что механическое извлечение семян не ухудшает их всхожесть по сравнению с ручным методом. Стоимость ручного процесса выделения семян на 42 и 182% больше по сравнению со стоимостью механической системы до и после вычета выручки от продажи томатной мякоти соответственно [11].

Наиболее близким устройством для практического решения технических задач выделения семян томатов для селекционных исследований является выделитель ВСТ-0,5. Машина предназначена для извлечения семян из образцов (селекционных номеров) плодов томата на третьем и четвертом этапах работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве [12,13]. Производительность в час основного времени – 764 кг, потребляемая мощность 2 кВт. Состоит из двух кинематических независимых устройств: сепаратора, предназначенного для дробления плодов томатов и отделения семян и сока от кожицы, с диаметром отверстия сита 5 мм и семявыделителя, предназначенного для выделения семян из сока, с диаметром отверстия сита 1,2 мм. Привод стационарный, от трех электродвигателей. Производительность в час основного времени по исходному материалу при непрерывной подаче – не менее 500 кг. Машина применяется при работе с партиями томатов при сортоиспытаниях и в первичном семеноводстве, которые значительно отличаются по объему и количеству обрабатываемых образцов на различных этапах селекционной работы. Недостатками известного устройства при получении семян из селекционных партий томатов являются потери семенного материала, большая энергоемкость процесса и низкая производительность при выделении семян из партий образцов томатов с малыми массами (от 2–3 до 100 кг).

Отмечается целесообразность технико-технологической модернизации производственных процессов имеющейся в них базовой сельскохозяйственной техники для повышения обеспеченности сельскохозяйственных организаций сельскохозяйственной техникой и оборудованием для овощеводства [14, 15], а для достижения необходимого уровня самообеспеченности продукцией овощеводства необходимо соответствующее технико-технологическое обеспечение их производителей. Для решения данной задачи требуется внедрение инновационных технологий производства продукции овощеводства, а также обеспечение необходимым количеством современной высокопроизводительной техники и оборудования [16].

По результатам ранее проведенных исследований для обоснования выбора рабочих органов и узлов перспективного устройства выделения семян томата [17] предложена машина для выделения семян томата из селекционных партий [18], состоящая из секций сепаратора и семявыделителя. Ее устройство может быть также применено для выделения семян из столовых и технических сортов винограда для исследований и переработки.

Цель исследований – повышение эффективности механизированного выделения семян томатов для ускорения работы в селекции за счет совершенствования технических решений и конструктивных особенностей машины, включающей секции сепаратора и семявыделителя, направленных на снижение энергоемкости процесса и повышение производительности, в частности, обоснования параметров шнекового узла сепаратора.

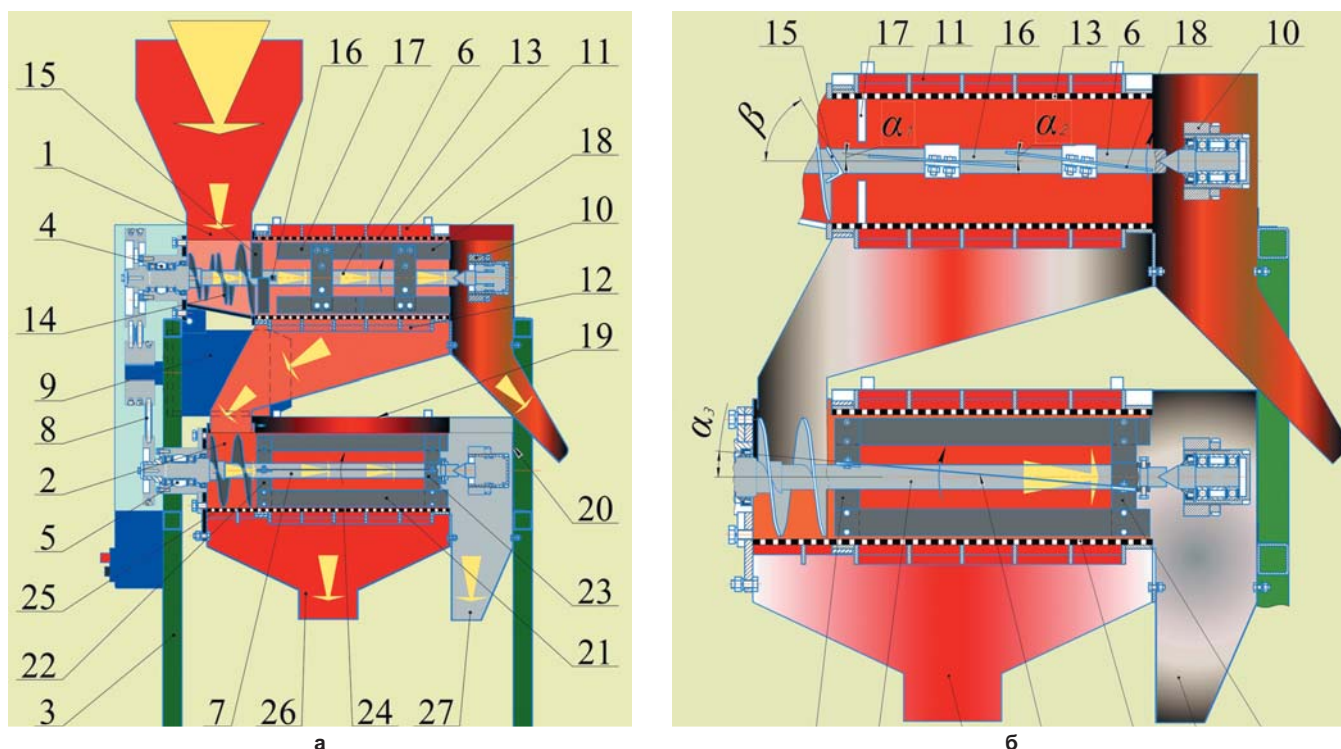


Рис. 1. Схематическое изображение машины для выделения семян томата из селекционных партий:
а – вид сбоку, б – продольный разрез фрагментов секций сепаратора и семьявыделителя
Fig. 1. Schematic representation of a machine for separating tomato seeds from breeding lots:
a – side view, b – longitudinal section of fragments of the separator and seed extractor sections

Материал и методы исследований

При проведении исследований были учтены технические решения и конструктивные особенности машины для выделения семян томата из селекционных партий (рис. 1, а), включающей секции сепаратора 1 и семьявыделителя 2, которые установлены на общей раме 3 и снабжены приводами 4, 5 ведущих валов 6, 7 через клиноременную передачу 8 от электродвигателя 9 [18].

На ведущем валу 6 сепаратора, один конец которого соединен крестообразной полумуфтой с приводом 4, а противоположный установлен на опорной траверсе 10, состоящей из резьбового корпуса, в котором на подшипниках установлен вал с конусообразной оконечностью, уплотнением сальником и фиксационной контргайкой, закрепленной на соединении верхнего 11 и нижнего 12 каркасов, охватывающих сетчатый цилиндр 13, расположены шнек 14, пропеллер 15 противорез 16 и последовательно расположенные бичевые планки 17, 18. Семьявыделитель содержит такие же составные части, как и сепаратор: полуцилиндрические каркасы: верхний и нижний, траверсу, щитки верхний 19 и торцевой 20, привод аналогичной конструкции, отличающийся шкивом, ведущий вал, цилиндрический шнек, четыре бича 21 на неподвижно закрепленном на валу кронштейне 22 и подвижном кронштейне 23 для регулирования угла опережения α_3 , сетчатый цилиндр 24, сетчатый полуцилиндр 25, сборник сока 26, приемник семян 27.

Для регулирования эффективности работы машины за шнеком сепаратора установлен пропеллер разнополюсный двухлопастной под углом β к оси приводного вала. За ним установлены две пары последовательно расположенных бичевых планок с отверстиями для крепления эластичных накладок на спиралевидных кронштейнах с фиксированными углами опережения α_1 и α_2 (рис. 1, б). Пропеллер и бичи расположены в сетчатом цилиндре, установленном обечайкой в полукольца полуцилиндрических

каркасов, закрепленных одним торцом в станине, а другим замками на раме. Каркасы имеют ребра жесткости, причем кольцевые выполнены вертикальными и контактируют с цилиндрическим ситом, а продольные установлены под наклоном, имеют с ситом технологический просвет и снабжены противорезами квадратного сечения, расположенными между пропеллером и бичевыми пластинами. Семьявыделитель имеет на ведущем валу цилиндрический шнек и под ним ситчатый полуцилиндр, четыре бича, установленных попарно на неподвижно закрепленном кронштейне и подвижном кронштейне для регулирования угла опережения α_3 (рис. 1, б). Сепаратор и семьявыделитель имеют унифицированные цилиндрические сита, отличающиеся размером отверстий, а частота вращения валов их приводов регулируется и различна. Один конец ведущего вала секций соединен разъемно с приводом, а второй – запирается конусообразной оконечностью вала траверсы с оперативной возможностью регулировки положения перемещением резьбового корпуса с последующей его фиксацией при сборе машины при смене образца.

Для исследований повышения эффективности работы машины для выделения семян из селекционных партий рассмотрены технические решения шнека сепаратора с формой активно измельчающего томата участка кромки шнека, выполненного по конической логарифмической спирали с участками длины дуги кромки шнека со сплошной формой витка и с вырезными сегментами. Для теоретического обоснования резания плодов томата кромкой шнека учтены теоретические наработки по обоснованию конструктивно-режимных параметров измельчителя с зигзагообразным расположением ножей в режущем аппарате [19], создана эквивалентно-силовая схема к определению силы резания плодов томата кромкой шнека с прерывистыми витками в программе КОМПАС-3D, расчеты выполняли в MS Excel.

Результаты и обсуждение

Согласно техническим решениям, машина для выделения семян из селекционных партий томатов, содержащая раму, электродвигатель, клиноременную передачу, бункер, вал, шнек, бичи, сито, кожух, щиток, сборник, лоток секций сепаратора и семьявыделителя, содержит секции сепаратора и семьявыделителя, которые установлены на общей раме и снабжены приводами ведущих валов через клиноременную передачу от одного электродвигателя.

В отличие от базовой машины для выделения семян из томатов после загрузки исходного сырья в бункер сепаратора, в предлагаемой конструкции для выделения семян разрушение плодов томатов осуществляется при транспортировке шнеком 14, имеющим на диаметрально противоположных сторонах витков трапецевидные вырезные сегменты (рис. 2). Деформированные плоды томатов подхватываются разнополюсным двухлопастным пропеллером 15, установленным перед неподвижным противорезом 16 к оси вала под углом β , и дальше томатная масса подается на протирку семян с соком через отверстия сетчатого цилиндра двумя парами последовательно расположенных бичевых планок 17, 18 (с различным фиксированными углами опережения α_1 и α_2) с эластичными накладками (рис. 1, а, б).

Для теоретического обоснования резания плодов томата кромкой шнека учтены теоретические наработки

по обоснованию конструктивно-режимных параметров измельчителя с зигзагообразным расположением ножей в режущем аппарате [19].

Эквивалентно-силовая схема шнека приемной камеры машины для выделения семян из плодов селекционных партий томата к определению силы резания кромкой шнека с прерывистыми витками представлена на рис. 2. На схеме обозначены участки шнека: АВ – заходный цилиндрической формы шнека со сплошной кромкой витка, ВС – активно измельчающий конической формы со сплошной кромкой режущей части витка (или вырезными сегментами), СЕ – подающий конической формы со сплошной формой кромки витка.

Общая длина L винтовой линии кромки шнека складывается из длины L_1 кромки заходного цилиндрического участка шнека со сплошной формой витка, длины L_2 активно измельчающего конического участка кромки шнека и длины L_3 подающего конического участка шнека со сплошной формой кромки витка. Длина L_1 дуги винтовой линии заходного цилиндрического участка шнека со сплошной формой витка определяется по выражению [20]:

$$L_1 = \sqrt{s^2 + (\pi D)^2}, \quad (1)$$

где s – шаг винтовой линии;

D – диаметр цилиндрической части шнека.

Учитывая форму активно измельчающего участка кромки шнека по конической логарифмической спирали, длину L_2 дуги кромки шнека со сплошной формой витка на этом участке определим по формуле [21]:

$$L_2 = \frac{\sqrt{(1+q^2)k^2+1}}{k} (r_2 - r_1), \quad (2)$$

где q – наклон образующих конуса к его основанию;

k – коэффициент показателя степени в уравнении логарифмической спирали $r(\varphi) = ae^{k\varphi}$;

r_1 и r_2 – длины радиус-векторов начала и конца дуги логарифмической спирали, очерчивающей кромку витка шнека на режущем участке.

Длину L_{2B} дуги измельчающего участка кромки шнека по конической логарифмической спирали с вырезными сегментами найдем по выражению:

$$L_{2B} = L_2 - \Delta L, \quad (3)$$

где ΔL – длина дуги вырезных сегментов.

Длину L_3 подающего конического участка шнека со сплошной формой кромки витка определим по выражению [21]:

$$L_3 = \frac{\sqrt{(1+q^2)k^2+1}}{k} (r_3 - r_2), \quad (4)$$

где r_2 и r_3 – длины радиус-векторов начала и конца дуги логарифмической спирали, очерчивающей кромку витка шнека на выходном участке.

Силу F резания плодов томата кромкой шнека на режущем участке можно определить по выражению [19]:

$$F = S \cdot \sigma_p, \quad (5)$$

где S – площадь кромки шнека, находящейся в контакте с поверхностью плода томата;

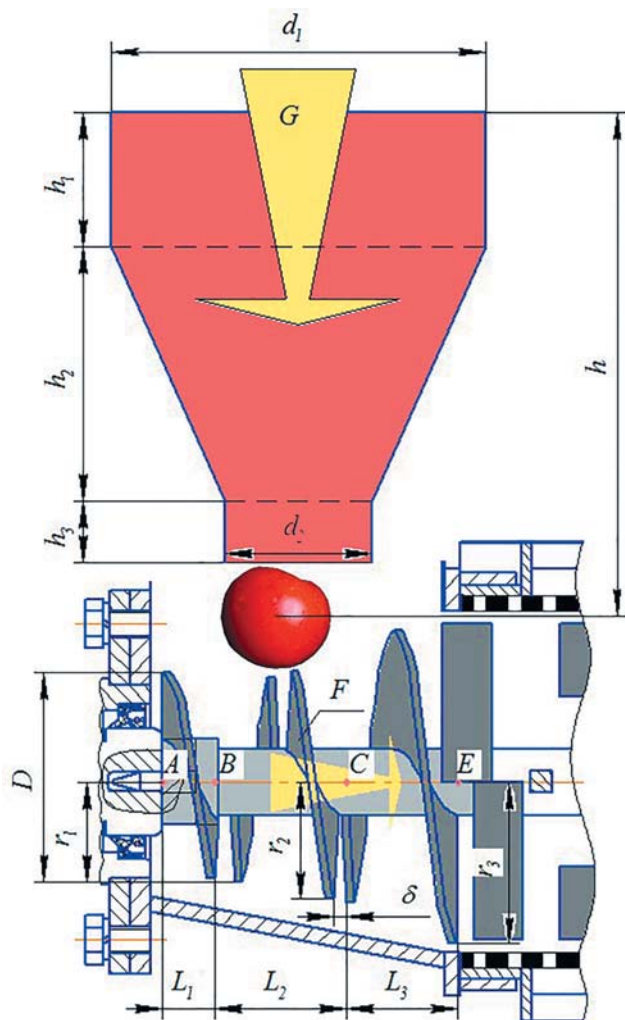


Рис. 2. Эквивалентно-силовая схема к определению силы резания плодов томата кромкой шнека с прерывистыми витками
Fig. 2. Equivalent force drawing for determining the cutting force of tomato fruits by the edge of a screw with intermittent turns

σ_p – разрушающее контактное напряжение (прочность кожицы) плодов томата.

Площадь измельчающего участка кромки шнека со сплошной формой витка определим по формуле:

$$S = \delta \cdot L_2 \cdot \sigma_p, \quad (6)$$

где δ – толщина кромки шнека;

L_2 – длина режущего конического участка кромки шнека.

Площадь измельчающего участка кромки шнека по конической логарифмической спирали с вырезными сегментами определим по формуле:

$$S = \delta \cdot L_{2B} \cdot \sigma_p, \quad (7)$$

где δ – толщина кромки шнека;

L_{2B} – длина режущего конического участка кромки шнека с вырезными сегментами.

Принимая прочность кожицы томатов красных в пределах $\sigma_p = 0,2\text{--}0,7$ Н/мм² [22], выполнили расчет в MS Excel силы F резания плодов томата кромкой шнека и построили графики зависимости F от σ_p для сплошного и вырезного шнека (рис. 3).

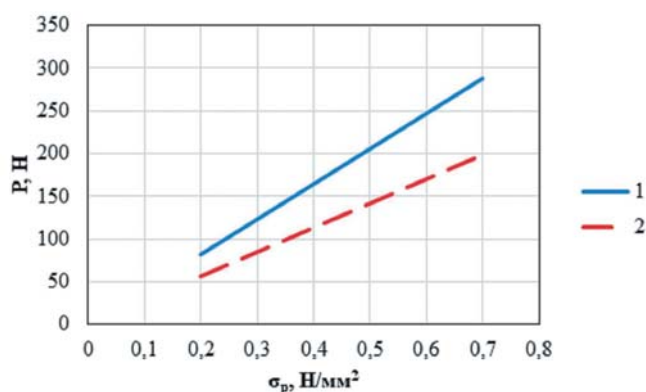


Рис. 3. Зависимость силы резания плодов от прочности кожицы томатов загрузочным шнеком сепаратора машины для выделения семян из селекционных партий:

1 – со сплошными витками, 2 – с вырезными сегментами
Fig. 3. Dependence of the cutting force of fruits on the strength of the tomato skin by the loading auger of the separator of the machine for separating seeds from selection lots:
 1 – with solid turns, 2 – with cut segments

Полученные величины расчетных параметров загрузочного шнека сепаратора составили: $L_1 = 177$ мм; со сплошными витками $L_2 = 274$ мм; с вырезными сегментами $L_{2B} = 190$ мм; $L_3 = 371$ мм; $r_1 = 37$ мм; $r_2 = 46$ мм; $r_3 = 60$ мм.

Расчетная сила резания плодов томатов загрузочным шнеком сепаратора машины для выделения семян из селекционных партий зависит от состояния кромок витков. С вырезными сегментами на витках в рассматриваемом диапазоне прочностных характеристик прочности кожицы томатов по полученным данным представленным в виде графиков на рис. 3 она ниже чем со сплошными. С вырезными сегментами она изменяется от 55 Н до 200 Н, а со сплошными от 80 Н до 280 Н, что в среднем показывает снижение на 30 %. Данное обстоятельство способствует также скорости прохождения материала через рассматриваемый узел машины.

Для преодоления силы F резания создается сила веса G плодов томатов в бункере:

$$G = mg, \quad (8)$$

где m – масса плодов томатов в бункере, кг;

g – ускорение свободного падения, кг·м/с²,

$$m = \rho \cdot V, \quad (9)$$

где ρ – объемный вес плодов томатов, кг/м³;

V – объем бункера, м³.

Объем бункера найдем как сумму объемов его частей: верхней цилиндрической V_1 высотой h_1 , средней конической V_2 высотой h_2 и нижней цилиндрической V_3 высотой h_3 согласно рис. 1 по выражению [23]:

$$V = \frac{1}{4}\pi d_1^2 h_1 + \frac{1}{12}\pi h_2 (d_1^2 + d_1 \cdot d_2 + d_2^2) + \frac{1}{4}\pi d_2^2 h_3, \quad (10)$$

где d_1 и d_2 – диаметры соответственно верхней загрузочной и нижней выходной горловин бункера.

С учетом размеров бункера $d_1 = 280$ мм, $d_2 = 110$ мм, $h_1 = 100$ мм,

$h_2 = 190$ мм, $h_3 = 46$ мм его объем по формуле (7) получили $V = 0,013$ м³. Принимая объемный вес плодов томатов, равный 600 кг/м³ [16], при полном заполнении бункера, по формулам (5), (6) получаем $G = 76,5$ Н.

Скорость падения плодов томатов на шнек определим из закона сохранения импульса [24], [18]:

$$A \cdot t = m_1 \cdot v, \quad (11)$$

$$v = \frac{F \cdot t}{m_1}, \quad (12)$$

где t – продолжительность взаимодействия плода с кромкой шнека;

m_1 – масса одного плода.

Минимальную высоту h падения плодов томатов на шнек, необходимую для разрушения их кожицы кромкой шнека, найдем из закона сохранения энергии [24]:

$$EK = EP, \quad (13)$$

$$\frac{m_1 v^2}{2} = m_1 g h, \quad (14)$$

$$h = \frac{v^2}{2g}, \quad (15)$$

Принимая массу одного плода средней крупности $m_1 = 0,17$ кг в обозначенных пределах σ_p [16], выполнили расчет в MS Excel минимальной высоты h падения плодов томатов на шнек и построили графики зависимости h от σ_p для сплошного и вырезного шнека (рис. 4).

При анализе процесса разрушения плодов томата шнеком согласно представленной графической зависимости (рис. 4) установлено, что разрушение всех плодов томата шнеком со сплошной кромкой витков осуществляется при свободном падении плодов с высоты $h=58$ см, а с предлагаемыми вырезными сегментами – $h=28$ см. Поэтому для оптимизации эффективности работы машины для выделения семян томатов в непрерывном режиме высота бункера для приема исходного сырья должна быть не менее указанных значений.

Рабочие органы и основные технологические узлы машины изготовлены из пищевой коррозионностойкой нержавеющей

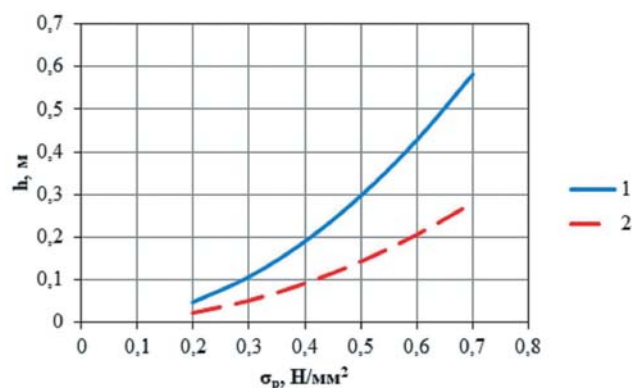


Рис. 4. Зависимость минимальной высоты h падения плодов томатов на шнек от прочности кожицы томатов загрузочным шнеком сепаратора машины для выделения семян из селекционных партий:

1 – со сплошными витками, 2 – с вырезными сегментами
 Fig. 4. Dependence of the minimum height h of falling tomato fruits on the auger of the separator of the machine for separating seeds from selection lots:
 1 – with solid turns, 2 – with cut segments

щей стали 316. Бункер сепаратора для загрузки томатов имеет размеры 250×280 мм в верхней части и 110×120 мм на входе в зону открытой части шнека с витками диаметром от 80 до 110 мм с трапециевидными вырезами оснований в среднем 8-13 мм, диаметр ситчатого цилиндра 120 мм, длина 328 мм, перфорация 5 мм. Ширина полок двухлопастного пропеллера 20×32 мм, длина лопасти 46 мм, противорез имеет квадратное сечение 8 мм, длиной 43 мм, установлен к оси ведущего вала под углом $\beta = 60^\circ$. Углы опережения первой пары бичевых планок с эластичными накладками сепаратора $\alpha_1 = 1,5^\circ$, второй пары – $\alpha_2 = 4^\circ$, бичевых планок семявыделителя $\alpha_3 = 5^\circ$. Радиальный зазор между бичевой пластиной и ситчатым цилиндром в передней части устанавливаются в пределах 6-7 мм, а на выходе – 3-4 мм. Электродвигатель 380/220 В асинхронный АИР80А6, мощностью 0,75 кВт, $d = 22$ мм, масса 11,9 кг (электрошкаф оснащен преобразователем частоты CFM 110). Шкив электродвигателя $d = 100$ мм, $n = 1000$ об/мин, на номинальных оборотах приводит во вращение вал привода сепаратора $n = 625$ об/мин (шкив $d = 160$ мм) и вал привода семявыделителя $n = 909$ об/мин (шкив $d = 110$ мм). Ситчатый цилиндр и полуцилиндр семявыделителя имеют перфорацию размером 1,2 мм, по размерам ситчатый цилиндр унифицирован с сепаратором, диаметр витков цилиндрического шнека семявыделителя 110 мм.

Сравнительные технико-технологические характеристики выделителя семян томата ВСТ-0,5 и машина для выделения семян томата из селекционных партий (МВСТСП)

Техническая характеристика	ВСТ - 0,5	МВСТСП
Производительность в час эксплуатационного времени, кг	460	240
Потребляемая мощность, кВт	2	0,75
Размеры загрузочного бункера, мм	280×430	250×280
Чистота семян, %	8,5	8,5
Площадь, занимаемая машиной, м ²	2	0,5
Габаритные размеры, мм	1140 × 1860 × 1530	850 × 550 × 1220
Масса, кг	336	140

Результаты приведенных теоретических исследований машина для выделения семян томата из селекционных партий [18] (далее МВСТСП). и экспериментальной апробации ее узлов по выделению семян томата, семян из образцов технических и столовых белых и красных сортов винограда, а также сравнительные технико-технологические характеристики (таблица) с базовым выделителем семян томата ВСТ-0,5, разработчик и изготовитель НПО «Селекционная техника», г. Симферополь [25], (согласно акта приемки опытного образца № 2173 от 23.12.1987) показывают перспективность предлагаемых технических решений для решения обозначенных задач при проведении селекционных работ.

При выделении семян из ягод винограда были установлены ситчатый цилиндр в сепараторе перфорацией 9 мм, в семявыделителе – 2 мм, угол опережения бичей семявыделителя $\alpha_3 = 3 \dots 12^\circ$, скорость вращения ведущего вала сепаратора – 700 об./мин., семявыделителя 980 об./мин.

Заключение

Предлагаемые технические решения направлены на повышение эффективности операции механического разрушения образцов партий плодов томатов в секции сепаратора и извлечения семян из образцов (селекционных номеров) плодов томата в секции семявыделителя на втором и третьем этапах работ в селекции.

Исследованиями машины для выделения семян томата из селекционных партий установлено, что расчетная сила резания плодов томатов загрузочным шнеком сепаратора зависит от состояния кромок витков. С вырезными сегментами на витках в рассматриваемом диапазоне прочностных характеристик прочности кожицы томатов она ниже, чем со сплошными. С вырезными сегментами сила резания изменяется от 55 Н до 200 Н, а со сплошными от 80 Н до 280 Н, что в среднем показывает снижение на 30%.

Приведены значения высоты свободного падения томатов из бункера на шнек со сплошной кромкой и предлагаемыми вырезными сегментами для оптимизации эффективности работы машины для выделения семян томатов в непрерывном режиме. Полученные данные могут быть использованы для разработки конструкторской документации на опытный образец машины для выделения семян томата из селекционных партий.

• Литература

1. Пивоваров В.Ф. Овощи России. М.: ГНУ ВНИИССОК, 2006. 384 с. <https://elibrary.ru/qkxtmt>
2. Таран В.В., Алпатов А.В., Александров И.А. и др. Методические подходы к расчету потребности в основных видах сельскохозяйственной техники для сельского хозяйства. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;9(115):73–81. <https://doi.org/10.33938/249-73>
<https://elibrary.ru/fvnizz>
3. Алексеев К.И., Мельников А.Б., Новоселов Э.А. и др. Современное состояние машинно-тракторного парка производителей овощных культур в России. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;1(107):112–121. <https://doi.org/10.33938/241-112>
<https://elibrary.ru/ynaeeo>
4. Аксенов А.Г., Сибирев А.В. Состояние технического обеспечения производства овощных культур в Российской Федерации. *Картофель и овощи*. 2021;(8):3–8. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.85.47.001>
<https://www.elibrary.ru/lohulj>
5. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Сибирев А.В. Современное состояние технологического обеспечения производства овощных культур в Российской Федерации. *Овощи России*. 2023;(5):5–17. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-5-17>
<https://elibrary.ru/cylubg>
6. Капанова Р. Х., Кигашпаева О.П., Гулин А.В. Изучение коллекционных образцов томата. *Сельскохозяйственный журнал*. 2020;5(13):36–41. <https://doi.org/10.25930/2687-1254/006.5.13.2020>
<https://elibrary.ru/xuahnc>
7. Батыров В.А., Гарьянова Е.Д., Киселева Г.Н. Подбор сортов томата для механизированной уборки в условиях прикаспийской низменности. *Вестник КрасГАУ*. 2020;(7):26–30. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-7-26-30>
<https://elibrary.ru/hrfjpn>
8. Авдеев А.Ю., Кигашпаева О.П., Джабраилова В.Ю., Сисенгалиева С.Т. Оригинальные фенотипические проявления окраски плодов томата. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2020;1(183):5–10. <https://elibrary.ru/kgcwpc>
9. Alemu Degwale, Tiru Tesfa, Belete Meseret et al. Effect of Seed Extraction Methods of Tomato on Physiological Quality of Seeds and Seedlings, 02 November 2020, PREPRINT (Version 1), available at Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-49268/v1>
10. Alemu Degwale, Tiru Tesfa, Belete Meseret, Solomon Fantaw Seed extraction methods affect the physiological quality of tomato seed and developing seedlings. *International Journal of Vegetable Science*. 2023;29(1):16–24. <https://doi.org/10.1080/19315260.2022.2083042>
11. Soliman Ahmed M.I., El-Nono M.A., Mustafa M.M.; El-Amin M. A. Manufacturing a tomato seed extracating machine. *Misr. Journal of Agricultural Engineering*. 2017;34(1):65–82. <https://doi.org/10.21608/mjae.2012.102553>
12. Семенов Ю.А., Некипелов Ю.Ф. Каталог для заказа машин, приборов, лабораторного оборудования для механизации работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве сельскохозяйственных культур. М.: АгроНИИТЭИИТО, 1988. 149 с.
13. Павлов Л.В., Павлов С.А., Дринча В.М., Некипелов Ю.Ф. и др. Машины для механизации селекционно-семеноводческих работ в овощеводстве: Справочное пособие. М., 2005. С. 98–99.
14. Аварский Н.Д., Таран В.В., Гасанова Х.Н. Актуальные вопросы материально-технического обеспечения агропродовольственного сектора России. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;3(109):96–108. <https://doi.org/10.33938/243-96>
<https://elibrary.ru/ftpzrw>
15. Аварский Н.Д., Таран В.В., Гасанова Х.Н. и др. Проблемы технической модернизации сельскохозяйственных товаропроизводителей и их реализация на современном этапе. *АПК: экономика, управление*. 2023;(3):85–96. <https://doi.org/10.33305/233-85>
<https://elibrary.ru/dsjogg>
16. Солдатенко А.В., Аварский Н.Д. Технологическая оснащенность производства овощных культур в России. *Овощи России*. 2025;(1):92–101. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-92-101> <https://www.elibrary.ru/hrwify>
17. Горобей В.П., Москалевич В.Ю., Пивоваров В.Ф., Павлов Л.В. Исследование и создание рабочих органов устройства выделителя семян томата. *Овощи России*. 2022;(4):73–79. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-73-79>
<https://www.elibrary.ru/ojefuc>
18. Горобей В.П. Пат. 2824020 РФ. Машина для выделения семян томата из селекционных партий. № 2023133163; опубл. 31.07.2024, Бюл. № 22.
19. Антонов Н.М., Лебедь П.И., Искуснов Ю.В. Результаты экспериментальных исследований по определению усилий резания плодов и корнеплодов. *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2012;2(26):37–141. <https://elibrary.ru/oyyrlj>
20. https://razvitie-pu.ru/?page_id=4440
21. https://en.wikipedia.org/wiki/Conical_spiral
22. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. М.: Колос, 1970. 423 с.
23. Корн Г.А., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров: Определения. Теоремы. Формулы. СПб.: Лань, 2003. 831 с.
24. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 560 с.
25. Шишкина Е.А. Выделитель семян томата ВСТ-0,5. Листок-каталог № 1589. АгроНИИТЭИИТО. 1988. 4 с.

• References

1. Pivovarov V.F. Vegetables of Russia. Moscow: GNU VNISSOK, 2006. 384 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/qkxtmt>
2. Taran V.V., Alpatov A.V., Aleksandrov I.A. et al. Methodological approaches to calculating the need for the main types of agricultural machinery for agriculture. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;9(115):73– 81. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/249-73>
<https://elibrary.ru/fvnizz>

3. Alekseev K.I., Melnikov A.B., Novoselov E.A. et al. Current state of the machinery and tractor fleet of vegetable producers in Russia. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;1(107):112-121. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/241-112>
<https://elibrary.ru/ynaeeo>
4. Aksenov A.G., Sibirev A.V. State of technical support for the production of vegetable crops in the Russian Federation. *Potato and vegetables*. 2021;(8)3-8. (In Russ.)
<https://doi.org/10.25630/PAV.2021.85.47.001>
<https://www.elibrary.ru/lohulj>
5. Lobachevsky Ya.P., Dorokhov A.S., Sibirev A.V. The current state of technological support for vegetable crops production in the Russian Federation. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(5):5-17. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-5-17>
<https://elibrary.ru/cylubg>
6. Kapanova R.Kh., Kigashpaeva O.P., Gulina A.V. Study of collectible tomato samples. *Agricultural Journal*. 2020;5(13):36-41. (In Russ.)
<https://doi.org/10.25930/2687-1254/006.5.13.2020>
<https://elibrary.ru/xuahnc>
7. Batyrov V.A., Garyanova E.D., Kiseleva G.N. Selection of tomato varieties for mechanized harvesting in the Caspian lowland. *Bulletin of KSAU*. 2020;(7):26-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-7-26-30> <https://elibrary.ru/hrfjpn>
8. Avdeev A.Yu., Kigashpaeva O.P., Dzhabrailova V.Yu., Sisengalieva S.T. Original phenotypic manifestations of color of tomato fruits. *Bulletin of Altai State Agrarian University*. 2020;1(183):5-10. (In Russ.)
<https://elibrary.ru/kgcwpc>
9. Alemu Degwale, Tiru Tesfa, Belete Meseret et al. Effect of Seed Extraction Methods of Tomato on Physiological Quality of Seeds and Seedlings, 02 November 2020, PREPRINT (Version 1), available at Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-49268/v1>
10. Alemu Degwale, Tiru Tesfa, Belete Meseret, Solomon Fantaw. Seed extraction methods affect the physiological quality of tomato seed and developing seedlings. *International Journal of Vegetable Science*. 2023;29(1):16-24.
<https://doi.org/10.1080/19315260.2022.2083042>
11. Ahmed M.I. Soliman; M.A. El-Nono; M.M. Mustafa; El-Amin M. A. Manufacturing a tomato seed extracting machine. *Misr. Journal of Agricultural Engineering*. 2017;34(1):65-82.
<https://doi.org/10.21608/mjae.2012.102553>
12. Semenov Yu.A., Nekipelov Yu.F. Catalog for ordering machines, devices, laboratory equipment for the mechanization of work in selection, variety testing and primary seed production of agricultural crops. Moscow: AgroNIITEITO, 1988. 149 p. (In Russ.)
13. Pavlov L.V., Pavlov S.A., Drincha V.M., Nekipelov Yu.F. et al. Machines for the mechanization of selection and seed production work in vegetable growing: A reference manual. Moscow, 2005. P. 98-99. (In Russ.)
14. Avarsky N.D., Taran V.V., Gasanova H.N. Actual issues of material and technical support of the agro-food sector of Russia. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;3(109):96-108. (In Russ.)
<https://doi.org/10.33938/243-96> <https://elibrary.ru/ftpzrw>
15. Avarsky N.D., Taran V.V., Gasanova H.N. et al. Problems of technical modernization of agricultural producers and their implementation at the present stage. *AIC: economics, management*. 2023;(3):85-96. (In Russ.) <https://doi.org/10.33305/233-85>
<https://elibrary.ru/dsjogg>
16. Soldatenko A.V., Avarskii N.D. Technical and technological equipment of vegetable crops production in Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):92-101. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-92-101>
<https://www.elibrary.ru/hrwify>
17. Gorobey V.P., Moskalevich V.Y., Pivovarov V.F., Pavlov L.V. Research and creation of working organs of the tomato seed separator device. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):73-79. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-73-79>
<https://www.elibrary.ru/ojefuc>
18. Gorobey V.P. Patent. 2824020 RF. Machine for isolating tomato seeds from breeding lots. No. 2023133163; publ. 31.07.2024, Bull. № 22. (In Russ.)
19. Antonov N.M., Lebed P.I., Iskusev Yu.V. Results of experimental studies to determine the cutting forces of fruits and root crops. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2012;2(26):37-141. (In Russ.)
<https://elibrary.ru/ooylrj>
20. https://razvitie-pu.ru/?page_id=4440
21. https://en.wikipedia.org/wiki/Conical_spiral
22. Physical and mechanical properties of plants, soils and fertilizers. - M.: Kolos, 1970. -- 423 p.
23. Korn G.A., Korn T. Handbook of Mathematics for Scientists and Engineers: Definitions. Theorems. Formulas. St. Petersburg: Lan, 2003. 831 p. (In Russ.)
24. Trofimova T.I. Physics Course. Moscow: Publishing Center "Academy", 2006. 560 p. (In Russ.)
25. Shishkina E.A. Tomato seed extractor VST-0.5. Catalogue sheet No. 1589. AgroNIITEITO. 1988. 4 p. (In Russ.)

Об авторах:

Василий Петрович Горобей – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник сектора разработки и исследований макетных и экспериментальных технологических установок,
<https://orcid.org/0000-0002-3214-4725>,
автор для переписки, magarach@rambler.ru

Леонид Васильевич Павлов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, эксперт-консультант по отраслевым стандартам качества

Вадим Юрьевич Москалеви – доктор технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе,
<https://orcid.org/0000-0003-4818-3910>,
SPIN-код: 3595-5845, v_moskalevich@mail.ru

About the Authors:

Vasiliy P. Gorobey – Dr. Sci. (Engineering), Senior Researcher, Sectors for the development and research of prototype and experimental technological installations,
<https://orcid.org/0000-0002-3214-4725>,
Corresponding Author, magarach@rambler.ru

Leonid V. Pavlov – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Expert Consultant on Industry Quality Standards

Vadim Y. Moskalevich – Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness,
<https://orcid.org/0000-0003-4818-3910>,
SPIN-code: 3595-5845, v_moskalevich@mail.ru