

УДК 631.3  
ГРНТИ 68.85.37

## **ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОРСИНОК ЩЁТОК МАШИНЫ ДЛЯ СБОРА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА**

**Бурдейко Виктор Александрович**

м.п.н., старший преподаватель кафедры технического обеспечения  
сельскохозяйственного производства и агрономии

**Кейзик Святослав Дмитриевич**

обучающийся

Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,  
Республика Беларусь, Барановичи

**Аннотация:** Продовольственная безопасность является составной частью национальной безопасности страны, сохранения ее государственности и суверенитета, важнейшей составляющей демографической политики, системы жизнеобеспечения, необходимым условием обеспечения здоровья, физической активности, долголетия и высокого качества жизни населения Республики Беларусь. Картофель занимает по масштабам производства важное место среди главных пищевых сельскохозяйственных культур. На сегодня в нашей стране для технического обеспечения инновационных технологий производства картофеля имеются современные машины, установки и оборудование. Однако при выращивании картофеля остро стоит проблема уничтожения колорадского жука, особенно в тех случаях, когда необходим экологически чистый картофель.

Перспективными рабочими органами машина для сбора колорадского жука являются щетки, которые при работе ворсом счесывают особи колорадского жука. Наилучшие результаты дают щетки с ворсинками, изготовленными из полимерного материала. Приводятся физико-механические свойства материалов ворсинок щеток машины для сбора колорадского жука, применяемых с целью уничтожения вредителя, уменьшения травмирования ботвы при выращивании экологически чистого картофеля.

**Ключевые слова:** Классификация, колорадский жук, щётки ворс, полимерные материалы полипропилен гибкость жесткость износостойкость, экологически чистый картофель.

## **PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF THE BRISTLES OF THE BRUSHES OF THE COLORADO POTATO BEETLE COLLECTION MACHINE**

**Burdejko V.A.**

M.P.N., senior lecturer of the Department of Technical support  
of Agricultural Production and Agronomy

**Kejzik S.D.**, student

Baranovichi State University  
Republic of Belarus, Baranovichi

**Abstract:** Food security is an integral part of the national security of the country, the preservation of its statehood and sovereignty, the most important component of demographic policy, the life support system, a necessary condition for ensuring health, physical activity, longevity and high quality of life of the population of the Republic of Belarus. Potatoes occupy an important place among the main food crops in terms of production. Today, modern machines, installations and equipment are available in our country for the technical support of innovative potato production technologies. However, when growing potatoes, the problem of destroying the

Colorado potato beetle is acute, especially in cases where environmentally friendly potatoes are needed.

Promising working organs of the Colorado potato beetle collection machine are brushes that, when working with a pile, comb out individuals of the Colorado potato beetle. The best results are given by brushes with villi made of polymer material.

**Keywords:** Classification, Colorado potato beetle, brush pile, polymer materials polypropylene flexibility rigidity wear resistance, environmentally friendly potatoes.

Зеленая экономика уже давно стала центральной темой в глобальной повестке дня производства сельскохозяйственных продуктов. Беларусь не отстает от мирового тренда: 9 ноября 2018 года Президент подписал закон Республики Беларусь № 144-З «О производстве и обращении органической продукции». В главе 1 «Общие положения» (статья 4) говорится, что «объектами отношений в области производства и обращения органической продукции являются: семена; процессы производства и обращение органической продукции».

Перспективными методами сбора и уничтожения колорадского жука в период выращивания экологически чистого картофеля являются комплексный и механический [1]. Для этого используются специальные машины, установки и приспособления. Основными перспективными рабочими органами машин для сбора колорадского жука являются щётки. Производительность и качество их работы зависит от физико-механических свойств ворса. [2; 3; 4; 5; 6]. Наибольший эффект при работе щёток достигается счёсыванием колорадских жуков полимерным ворсом. Цель статьи – составление классификации физико-механических свойств материалов ворсинок машины для сбора колорадского жука и рассмотрение основных достоинств, недостатков и параметров полимерного ворса.

Физико-механические свойства ворсинок щёток машины для сбора колорадского жука.

Щетка состоит из ворса, прикреплённого к её корпусу. Материалом для ворса щеток может служить натуральный (конский, коровий и барсучий волос) и искусственный (из полипропилена, полиамида или поливинилхлорида) ворс.

*Натуральная щетина.* Основными физическими свойствами, определяющими качество натуральной щетины, являются упругость, твердость, толщина и длина (табл. 1).

Весь натуральный ворс является антистатическим: не генерирует статическое электричество, но поглощает влагу. Щетки из натуральной щетины применяются для легких работ.

Эти показатели зависят главным образом от того, на каком участке шкуры животного растёт щетина. В зависимости от расположения на шкуре животного щетина подразделяется на хребтовую и боковую.

Таблица 1 – Физико-механическая характеристика натурального ворса

Вид ворса	Физико-механические свойства
Конский волос	Гибкий ворс для легкой чистки (например, очистка пластиковых полос).
Козлиный волос	Чрезвычайно гибкий ворс для деликатных работ.
Свиная щетина	Жестче, чем конский волос.
Гусиное перо	Патинирование деревянной фурнитуры после полирования.
Страусиное перо	Очень мягкий материал, главное применение: уборка пыли и полирование кузовов автомобилей.
Тампико	Жестче чем свиная щетина, для полирования металлических поверхностей с применением пасты.

**Натуральные материалы:**

**CHS**

- свиная щетина имеет такие же свойства, что и конская, но более жесткая.
- Степень водной абсорбции – 40 %.
- Термостойкость во влажной среде +150 °С.
- Цвет серый/черный/бежевый.

**FIB**

• натуральное мексиканское волокно имеет антистатические свойства. Применяется при работе с деревянными поверхностями, полированными материалами и для герметизации при высоких температурах.

- Степень водной абсорбции – 35%.
- Термостойкость во влажной среде – +200°С.
- Цвет кремовый/натуральный.

**RHS**

• щетина из конского хвоста имеет антистатические свойства; очень хорошие свойства стирания, уплотнения и снятия пыли. Применяется как в сухих условиях, так и во влажных, а также для удаления пыли с деревянных или фанерных поверхностей.

- Степень водной абсорбции – 35 %.
- Термостойкость во влажной среде – +150 °С.
- Цвет черный/бежевый

**RHM**

щетина из конской гривы подходит для более чувствительных поверхностей.

- Степень водной абсорбции – 35 %.
- Термостойкость во влажной среде – +150 °С.
- Цвет черный/бежевый

**ZGH**

• козья шерсть имеет антистатические свойства. Подходит для косметического сектора или очень деликатных поверхностей.

- Степень водной абсорбции – 35 %.
- Термостойкость во влажной среде – +150 °С.
- Цвет белый.

*Искусственная щетина.* Для ворса щеток используют синтетические полимерные материалы – полиамидные, полипропиленовые и поливинилхлоридные щетины (табл. 2), а также щетину из сополимеров, к которым относятся сэтрон, вайлон и велипропилен.

Таблица 2 – Физико-механическая характеристика синтетического ворса

Вид ворса	Физико-механические свойства
Нейлон 6.6 (Полиамид 6.6)	Наиболее широко применяется в промышленности, очень хорошая стойкость к температуре и износу
Нейлон 6.12 (Полиамид 6.12)	Не поглощает влагу, лучше сопротивление, чем у Нейлона 6.6
Rilsan®	Не поглощает влагу, очень хорошая стойкость к абразивному износу.
Полипропилен (PP)	Не поглощает влагу, стойкость к кислотам, износостойкость ниже, чем у нейлона 6.6 и 6.12
Полиэстер (PE)	Очень хорошая стойкость к температуре, хорошая износостойкость, не поглощает влагу
Полимерабразив	Для деликатного удаления заусенцев, полирования, матирования

Сэтрон представляет собой смесь полиамида-6 (капрона) и полиэтилена высокого давления. Жилку выпускают диаметром 0,2...0,9 мм с интервалом 0,05 мм. Сэтрон обладает высокой упругостью, прочностью, хорошей химической стойкостью.

Вайлон – это искусственная щетина из поливинилхлорида с примесью полиамида-6. По упругости вайлон уступает полиамиду-6 и сэтрону; кроме того, он недостаточно стоек к некоторым органическим растворителям.

Велипропилен представляет собой смесь полипропилена с полиэтиленом высокого давления. Он выдерживает кипячение, стоек к кислотам и щелочам, обладает значительной упругостью и прочностью.

Синтетическая щетина выпускается диаметром 0,15...0,8 мм и имеет различные цвета. В отличие от натуральной синтетическая щетина более гладкая, не имеет пор, считается более гигиеничной, например, при изготовлении зубных щеток, однако некоторые специалисты отмечают высокую абразивность синтетических щетин, что приводит к незначительному повреждению ботвы картофеля. С этой позиции жесткость и абразивность натуральных щетин являются более щадящими при соприкосновении с ботвой картофеля во время работы щетки [7].

#### **Синтетические волокна**

Мягкий нейлон (полиамид, РА6).

- Самое мягкое волокно из всех щетин.
- Отлично подходит для работы щетки при счесывании особей колорадского жука в верхней части картофельной ботвы (не травмирует листья ботвы).
- Степень водной абсорбции – 9,5 %.
- Термостойкость во влажной среде +90 °С.
- Цвет прозрачный/черный.
- Диаметр волокна 0,008...2,5 мм.
- Плотность 1,14 г/см<sup>3</sup>. • Стойкость к абразиву (РА6.12 = 100%) – 75

#### **Нейлон 6.6 (полиамид ПА 6.6)**

Отличается от РА6 меньшей степенью абсорбции и большей абразивной стойкостью.

Нейлон 6.6 (полиамид ПА 6.6) представляет собой наиболее распространенную композицию промышленных нейлонов.

В нейлоне 6.6 хорошо сбалансированы свойства прочности, жесткости, термостойкости.

Помимо прекрасных физических качеств, нейлон обладает также превосходными диэлектрическими свойствами. Этим обусловлено широкое применение изделий из нейлона.

- Степень водной абсорбции – 8,5 %.
- Термостойкость во влажной среде +100 °С.
- Цвет прозрачный/черный.
- Диаметр волокна 0,008...1,5 мм.
- Плотность 1,14 г/см<sup>3</sup>.
- Стойкость к абразиву (РА6.12 = 100%) – 85.

#### **Нейлон 12 (РА12).**

Волокно высокого качества с очень высокой абразивной и деформационной стойкостью, в отличие от РА6.

Используются он преимущественно во влажной среде, например, где щетки контактируют с водой (например, при работе щетки на картофельном поле после дождя).

Нейлон 12 (РА12) представляет собой еще одну популярную модификацию полиамида, по некоторым качествам превосходящую характеристики традиционного нейлона 6.6. Высокая стойкость к воздействию масел, растворителей и солей. Устойчивость к растрескиванию под воздействием напряжений и абразивному истиранию делает его незаменимым в тех случаях, когда требуются повышенная прочность и

износостойкость. Нейлон 12 имеет самый низкий показатель адсорбции воды среди всех полиамидов, однако обратной стороной применения данного материала является его стоимость, цена изделий может быть в 2-4 раза выше, чем на продукты из ПА66.

- Степень водной абсорбции – 3,0 %.
- Термостойкость во влажной среде +100 °С.
- Цвет прозрачный/черный.
- Диаметр волокна 0,008...2,5 мм.
- Плотность 1,08 г/см<sup>3</sup>.
- Стойкость к абразиву (РА6.12 = 100%) – 100.

**Полимерное волокно РВТ (полибутилентерефталат).** Оно дешевле, чем РА6.12.

Очень низкая степень водной абсорбции. Подходит для использования в условиях высокой влажности при температуре не более 60°С; очень высокая устойчивость к пластической деформации.

- Степень водной абсорбции – 0,3%.
- Термостойкость во влажной среде +60 °С.
- Цвет прозрачный.
- Диаметр волокна 0,20...2,5 мм.
- Плотность 1,31 г/см<sup>3</sup>.
- Стойкость к абразиву (РА6.12 = 100%) – 80.

**РЕК (группа полиарилэфиркетоны)**

Используется при высоких температурах, например, для уплотнения оборудования для сушки. Очень высокая химическая стойкость, стойкость к гидролизу и горению (UL94).

- Степень водной абсорбции – 1,0 %.
- Термостойкость во влажной среде +190 °С.
- Цвет желтый.
- Диаметр волокна 0,20...2,5 мм.
- Плотность 1,31 г/см<sup>3</sup>.
- Стойкость к абразиву (РА6.12=100%) – 110.

**РР полипропилен.** Термопластичный полимер пропилена, хороший диэлектрик, износостойкость, малое водопоглощение, химическая устойчивость к агрессивным жидкостям.

• Идеально подходит для легкой и средней очистки.  
 • Отличная универсальная щетка.  
 • УРР – отсутствует водная абсорбция, хорошая химическая стойкость. Меньшая абразивная стойкость и устойчивость деформации, чем у РА6-6.12 и РВТ.

- Степень водной абсорбции – 0,1 %.
- Термостойкость во влажной среде – +90 °С.
- Цвет прозрачный/черный.
- Диаметр волокна 0,10...2,0 мм.
- Плотность 0,91 г/см<sup>3</sup>.
- Стойкость к абразиву (РА6.12 = 100%) – 60.

**Ворс полипропиленовый** (рис. 1). Используется для изготовления щёток бытового и промышленного назначения. Производство данного материала осуществляется на специально оборудованной линии с применением полипропилена высокой плотности.



Рисунок 1 – Ворс полипропиленовый

Это наиболее качественная категория сырья, гарантирующая долговечность и надёжность готовой конструкции. Для изготовления щеточного ворса используется только гранулированный полипропилен и специальные добавки. Полипропилен – идеальный материал для ворса щеток: теплостойкий до 73 градусов, износостойкий и практически не поглощающий влагу (0,01%). Ворс полипропиленовый изготавливается методом экструзии (табл. 3).

Фирма «Техполимер» изготавливает ворс диаметром 1,8...3,2 и длиной 350...950 мм для различных щеток. Также он может быть, как гофрированным – увеличивается жесткость и упругость, так и прямым, который хорошо подходит для изготовления щёток машины для сбора колорадского жука.

Таблица 3 – Техническая характеристика полипропиленового ворса (лески)

Наименование показателя	Значение
Диаметр	2,5 мм ±0,3 мм
Длина	350...950 мм ±5 мм
Водопоглощение	0,01%
Профиль (сечение)	Может меняться в зависимости от области применения и сезона от 1,8 до 2,8 мм
Внешний вид	Одинакового диаметра по всей длине без уплотнений

**Преимуществами данного ворса являются** качество, износостойкость и хорошее копирование поверхности, с которой соприкасается щетка. В сравнении с другими материалами полипропиленовый ворс надолго сохраняет форму. Средний срок службы почти в 1,5 раза больше, чем у капроновых щёток.

**Рассмотрим особенности полипропиленового ворса при удалении колорадского жука.** Ворс из полипропилена отличается повышенной износоустойчивостью и долговечностью. Всё благодаря усовершенствованной технологии обработки. Гранулы полиэтилена, прошедшие поэтапную калибровку, вытягиваются и легко принимают практически любую форму. Кроме того, огромное значение играют свойства сырья. Полипропилен по праву считается одним из самых прочных и долговечных материалов. Перечисленные характеристики приобретает и готовое изделие. Производится полипропиленовый ворс желтого зеленого синего и оранжевого цветов ворсинок диаметром в сечении их 1, 2, 3, 4 и 5 мм.

Проведённые исследования показали, продолжительность службы полипропиленовых щёток в машине для сбора колорадского жука больше, чем капроновых примерно в 1,5 раза (2625 против 1820 часов). При эксплуатации щетки с полипропиленовым ворсом достигается высокое качество работы – это счесывание более 75% особей колорадского жука с допустимым уровнем травмирования ботвы картофеля. Наиболее эффективные результаты счесывания особей колорадского жука показали щетки с полипропиленовым ворсом диаметром 2,5 и 3 мм и длиной 7...12 мм.

Таким образом, представленная классификация перспективных материалов щёток машин характеризует их физико-механические свойства, которые влияют как на производительность, так и на качество работы. Наиболее перспективными материалами ворса для изготовления щёток с целью счесывания колорадского жука при выращивании экологически чистого картофеля являются полипропиленовые и синтетические волокна диаметром 2,5 и 3 мм, так как они при работе щёток более эффективно счесывают особи колорадского жука по сравнению с натуральным ворсом, при этом обладая соответствующими физико-механическими свойствами.

#### Список литературы:

1. Бурдейко В.А. Перспективные рабочие органы машин для сбора колорадского жука // Техника и технологии: инновации и качество: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 18 дек. 2015 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранов. гос. ун-т, Студен. науч. сообщество БарГУ; редкол.: А.В. Никишова (гл. ред.), Ю.Е. Горбач (отв. ред.) [и др.]. – Барановичи: РИО БарГУ, 2015. – С. 7-8.
2. Бурдейко В.А., Шаид Ю.И. Перспективные методы и средства для сбора и уничтожения колорадского жука // Технологии, экономика и право: актуальные проблемы и инновации: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 20 нояб. 2014 г., Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: А.В. Никишова (гл. ред.), А.К. Гавриленя (отв. ред.) [и др.]. – Барановичи, РИО БарГУ, 2014. – С. 139–142.
3. Заяц П.В., Заяц Э.В. Комбинированный агрегат для получения экологически чистого картофеля // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. : в 4 т. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь; Гродн. гос. аграр. ун-т / под ред. В.К. Пестиса. – Т. 1. Сельскохозяйственные науки (агрономия). – С. 185–191.
4. Тележка для сбора колорадского жука [Электронный ресурс]: пат. U20070400 Респ. Беларусь, МПК A01M5/00 / В.К. Пестис, Э.В. Заяц, С.Н. Ладутько, П.П. Казакевич, П.В. Заяц ; заявитель и патентообладатель Гродн. гос. аграр. ун-т // База патентов Беларуси. URL: <http://byopatents.com/> (дата обращения 10.09.2021).
5. Устройство для сбора колорадского жука [Электронный ресурс] : пат. РФ № 2202883, МПК 7 A01M 5/04 / Н.В. Бышов, И.Б. Тришкин, В.Д. Липин, В.В. Важинский, В.П. Топилин, Т.В. Липина /заявитель и патентообладатель Рязан. гос. агротехнол. ун-т им. П.А. Костычева // Информ. портал рос. изобретателей. URL: <http://bankpatentov.ru/> (дата обращения 10.09.2021).
6. Устройство механического сбора вредных насекомых, их личинок или семян [Электронный ресурс] : пат. РФ [2390127](https://patents.fips.ru/patent/2390127) МПК [A01M5/04](https://patents.fips.ru/patent/A01M504) / В.А. Парамошко // Нац. цифровой ресурс Руконт. URL: <http://rucont.ru/> (дата обращения 10.09.2021).
7. Бурдейко В.А., Вожейко Д.М., Кейзик С.Д. Перспективные материалы щёток машины для сбора колорадского жука // Новатор-2021 : материалы III Баранович. науч.-образоват. форума ; 20 сент. 2021 г., Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: В.В. Климук (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи, БарГУ, 2021.