

УДК 631.362.3:633.4

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ КОРМОВЫХ КОРНЕПЛОДОВ

**В.В. КАРПОВ***Государственное учреждение «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», Украина*

**Abstract.** When including fodder roots in the ration of farm animals problems arise with respect to the growing, harvesting, storage and preparing the roots for feeding. Fodder root cleaning from mud is obligatory and one of difficult operations before feeding animals and also when fodder roots are used as components for combined silo. From the ecological point of view the cleaning of fodder roots by dry (waterless) method is more advantageously, as the necessity falls off for cleaning the spent water and the possibility appears to return the removed soil residues back onto the fields. For substantiating the basic parameters of corrugated brush drum cleaner it is important to know the coefficients of friction-sliding of rest and motion of muddy and clean roots on the working surfaces. We worked out a methodology for determining the coefficients of friction-sliding of the roots with the use of a tribometer device.

**Key words:** Root cleaner; Tribometer device; Coefficients of friction-sliding

**Реферат.** При включении кормовых корнеплодов в рацион сельскохозяйственных животных возникают проблемы с возделыванием, уборкой, хранением и подготовкой их к скармливанию. Очистка кормовых корнеплодов от загрязнений является обязательной и одной из сложных операций перед скармливанием животным, а также при использовании кормовых корнеплодов в составе комбинированного силоса. С экологической точки зрения очистка кормовых корнеплодов сухим (безводным) способом является более выгодной, т.к. отпадает необходимость в доочистке отработанной воды и появляется возможность вернуть обратно на поля почвенные примеси. Для обоснования основных параметров гофрощеточного очистителя важно знать коэффициенты трения скольжения покоя и движения загрязненных и чистых корнеплодов по рабочим поверхностям. Нами разработана методика определения коэффициентов трения скольжения корнеплодов с использованием трибометрической установки.

**Ключевые слова:** Очиститель корнеплодов; Трибометрическая установка; Коэффициенты трения-скольжения

### ВВЕДЕНИЕ

Большая загрязненность кормовых корнеплодов приводит к резкому снижению качества приготавливаемого корма, предназначенного для скармливания сельскохозяйственным животным, а в отдельных случаях – к токсичности его.

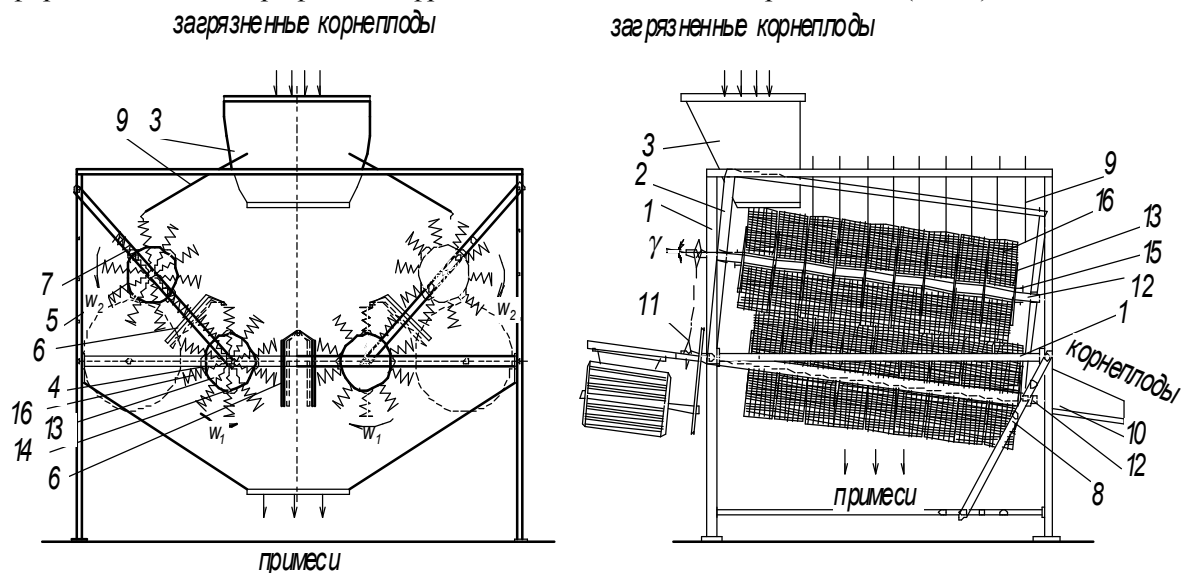
Самой трудной операцией при переработке корнеплодов является очистка их от загрязнений. Согласно зоотехническим требованиям остаточная загрязненность корнеплодов перед их скармливанием не должна превышать 3%. Практически загрязненность корнеплодов, после уборки комбайнами, всегда выше 8-9% и может достигать 20% и более (Карпов, В.В. 2013; Карпов, В.В. 2014; Карташов, Л.П. и др. 2005).

В настоящее время операция очистки осуществляется на моечных машинах типа ИКМ-5А, ИКМ-Ф-10, ИКУ-Ф-10 и др. Применение моечных машин связано с большим расходом воды, требует их размещения в отапливаемых помещениях, оборудованных водопроводом, канализацией и полами с твердым покрытием. Это чрезмерно затрудняет их эксплуатацию, особенно в районах с суровым климатом. Таким образом, совершенствование технологического процесса очистки корнеплодов необходимо вести по пути исключения применения воды во вновь создаваемом оборудовании или снижения расхода воды за счет увеличения механических воздействий на корнеплоды в моечных машинах.

С экологической точки зрения внедрение сухого (безводного) способа очистки является более выгодным, т.к. отпадает необходимость в очистке отработанной воды и появляется возможность вернуть обратно на поля отделенные остатки почвы (Ревенко, І.І., Брагінець, М.В., Ребенко, В.І. 2009; Карташов, Л.П. и др. 2005).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящее время ведется научная работа (Карпов, В.В. 2013; Карпов, В.В. 2014) по обоснованию и созданию новых способов и устройств для безводной (сухой) очистки кормовых корнеплодов перед закладкой их на хранение или перед скармливанием сельскохозяйственным животным. Нами разрабатывается машина для сухой (безводной) очистки кормовых корнеплодов от загрязнений со щеточными рабочими элементами криволинейной (гофрированной) формы пыльчатого профиля – гофрощёточный очиститель корнеплодов (Рис.1).



**Рисунок 1.** Конструкторско – технологическая схема гофрощёточного очистителя корнеплодов.

**Примечания:** 1 – неподвижная рама; 2 – подвижная рама; 3 – загрузочный бункер; 4,5 – гофрощёточные барабаны; 6 – регулировочные заслонки; 7,8 – механизмы подъема-опускания барабанов; 9 – отражатели; 10 – выгрузной лоток; 11 – механизм привода барабанов; 12 – валы барабанов; 13,14 – диски с эллиптическими утолщениями; 15,16 – подвесная система и наборы криволинейных гофрированных полосок

Процесс механической очистки корнеплодов рабочими органами очистителя осуществляется посредством контакта головок единичных корнеплодов с поверхностями наклонных подагивных вращающихся цилиндрических гофрированных щёток. При этом за счёт принудительного вращательного движения гофрощёток и организации циклического движения корнеплодов по их поверхностям, осуществляется счѐсывание связанных с корнеплодами примесей (налипшей почвы и растительных остатков).

Для обоснования основных режимных и конструктивных параметров очистителя важно знать коэффициенты трения скольжения покоя и движения загрязненных и чистых корнеплодов по рабочим поверхностям очистки. С этой целью нами была составлена и опробована методика определения коэффициента трения скольжения загрязненных корнеплодов на специальной трибометрической установке типа «наклонная плоскость» (Рис. 2, 3).

Трибометрическая установка (Рис. 2, 3) состоит из платформы 1 с длиной рабочей поверхности 1,5 м и шириной 0,2 м. Платформа соединена шарнирно с неподвижным основанием 2 и фиксируется зажимом 3. Угол наклона платформы можно изменять от 0 до 70°. Отсчет угла наклона платформы производится по шкале 4. На боковой поверхности платформы установлено два фоторелейных датчика 5 и 6, которые могут переставляться вдоль ее длины. Датчики управляют работой секундомера 7. Наклон платформы (Рис. 3), с шарнирно закрепленными наборами гофрированных полосок 8, осуществляли вручную с помощью зажима 3. Скорость перемещения корнеплодов 9 по наклонной плоскости поддерживалась постоянной и равной 0,4 м/с. Точность показаний электронного секундомера  $\pm 0,01$  с. Установка питается от сети переменного тока напряжением 220 В. Подача напряжения на установку осуществляется включением тумблера, расположенного на задней стенке секундомера.

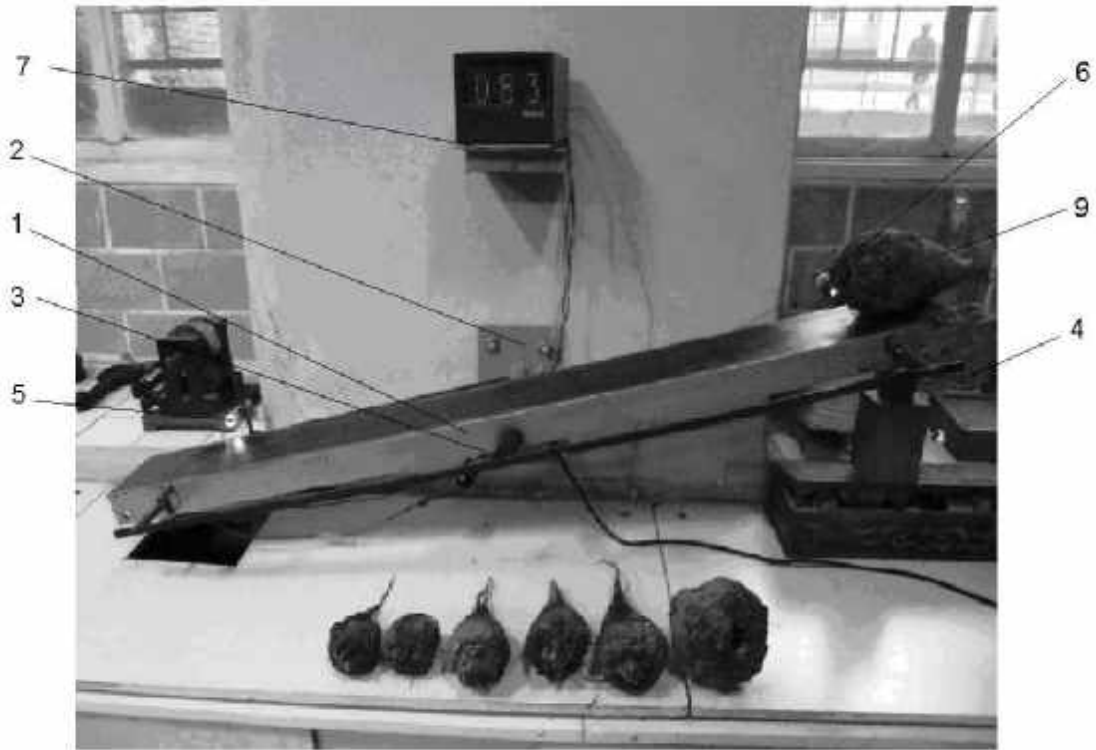


Рисунок 2. Общий вид трибометрической установки для определения коэффициентов трения скольжения по наклонной металлической поверхности

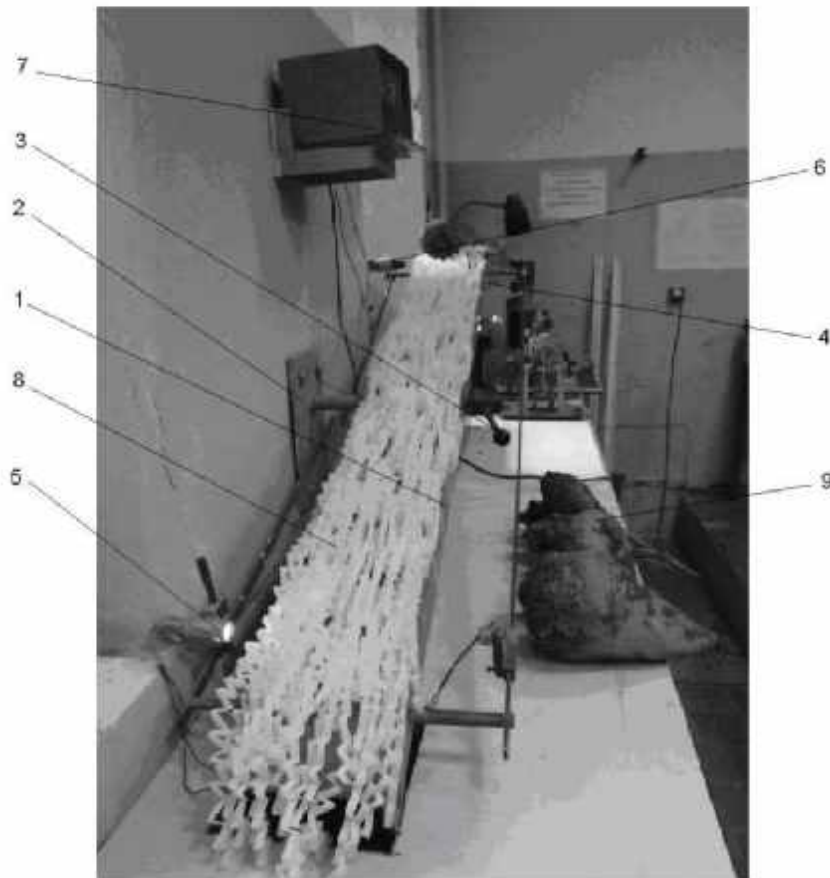


Рисунок 3. Общий вид трибометрической установки с наклонной поверхностью из гофрированных капроновых щеточных полосок

В соответствии с принятой методикой, для определения коэффициентов трения скольжения покоя, устанавливаем корнеплод на горизонтально установленную платформу в начале движения (фоторелейный датчик б), медленно производим подъем платформы до момента начала движения корнеплода и фиксируем угол подъема платформы. Далее опускаем платформу и переставляем корнеплод ниже первой установки на 1/5 общей длины движения и снова фиксируем угол начала движения. Постепенно переставляя корнеплод вниз по пути его движения, повторяем опыт еще три раза. Аналогично повторяем опыт со всеми типами материалов рабочей поверхности: металлической, резиновой и гофрированной криволинейными щеточными полосками (Рис. 3).

В экспериментах определяли коэффициенты трения скольжения движения корнеплодов кормовой и сахарной свеклы по необработанной стали, резине и гофрированным полоскам из капрона. Для определения коэффициентов трения скольжения движения платформа устанавливается под углом большим, чем угол трения покоя загрязненного корнеплода. Показания секундомера обнуляются. Корнеплод устанавливается вплотную к лучу верхнего датчика б и начинает движение. При движении корнеплода включается и выключается секундомер, показания которого фиксируем с точностью  $\pm 0,01$ с. Для каждой пары трения определяем среднеарифметическое значение времени  $t_{cp}$  и среднеквадратическую ошибку измерений  $y_i$  по формуле:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum \cdot (t_i - t_{cp})^2}{n-1}} \quad (1)$$

где:  $n$  – число измерений.

По полученным результатам испытаний коэффициенты трения скольжения при движении определяем по формуле:

$$f = \operatorname{tg} \gamma - \frac{2S}{gt^2 \cos \gamma} \quad (2)$$

где:  $\gamma$  – угол наклона плоскости к горизонту, град;

$S$  – отрезок пути по наклонной плоскости, пройденный корнеплодом, м;

$t$  – время движения корнеплода, с.

Для каждого типа рабочей поверхности опыт повторяем пять раз.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

При проведении экспериментов корнеплоды кормовой свеклы имели мешкоподобную форму, которую можно аппроксимировать цилиндром с примыкающими к его основаниям двумя усеченными конусами, корнеплоды сахарной свеклы имели коническую форму, которую можно аппроксимировать конусом с примыкающей к его большему основанию полусферой. Загрязнения распределялись по поверхностям корнеплодов неравномерно, в основном сосредотачиваясь в неровностях, трещинах и в межкорешковом пространстве.

Результаты определения коэффициентов трения скольжения покоя загрязненных корнеплодов приведены в табл. 1.

**Таблица 1.** Коэффициенты трения скольжения покоя корнеплодов по различным поверхностям

№ п/п	Вид поверхности трения	Корнеплоды	
		кормовая свекла	сахарная свекла
1	Необработанная сталь	0,58	0,65
2	Резина	0,77	0,86
3	Гофрополосная капроновая щетка	1,47	1,56

Для загрязненных корнеплодов кормовой и сахарной свеклы значение коэффициента трения скольжения по гофрированным капроновым полоскам колебалось от 1,2 до 1,7. Это объясняется тем, что в ходе взаимодействия с корнеплодами гофрированная щеточная поверхность испытывает большие упругие деформации. Очищаемые корнеплоды не только деформируют ее, но и образуют в ней разрывы, исчезающие одновременно с прекращением контакта между

корнями и щеткой. Силы упругости деформированных гофрополосок увеличивают силу трения, вызванную нормальным давлением от веса вышележащих корнеплодов, противодействуют их скольжению по поверхности очистки и создают большее суммарное сопротивление движению, чем при скольжении корнеплода по материалу гофрополосок. Кроме того, для корнеплодов кормовой и сахарной свеклы наблюдалось увеличение коэффициента трения скольжения по необработанной стали, соответственно, от 0,5 до 0,6 и от 0,6 до 0,7 при уменьшении массы корнеплода.

## ВЫВОДЫ

1. На величину силы трения скольжения влияют геометрия корнеплодов, величина их исходной загрязненности, влажность налипшей почвы, степень их привяленности, состояние их поверхности (наличие неровностей, трещин, корешков).

2. Угол трения связан тангенциальной зависимостью с коэффициентом трения скольжения покоя корнеплодов о рабочие поверхности.

3. Силы упругости деформированного гофрощеточного ворса увеличивают полезную силу трения скольжения корнеплодов по поверхности очистки и создают большее суммарное сопротивление движению, чем при скольжении корнеплодов просто по материалу гофрополосок.

4. Значения коэффициентов трения скольжения корнеплодов при движении всегда меньше, чем в состоянии покоя – из-за воздействий рабочих органов и общей вибрации машины корнеплоды начинают движение по наклонным рабочим поверхностям при углах наклона, гораздо меньших угла трения скольжения покоя.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. КАРПОВ, В.В., 2013. Форма рабочих элементов гофродискового очистителя кормовых корнеплодов. В: Проблемы констрування, виробництва та експлуатації с.-г. техніки: матеріали ІХ-ї Міжнародної наук. практич. конф. Кіровоград: КНТУ, вип. 1, с. 151 - 153.

2. КАРПОВ, В.В., 2014. Построение номограммы для определения параметров гофродискового очистителя корнеклубнеплодов. В: Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. Барнаул: «АГАУ», № 1(111), с. 91-93.

3. КАРТАШОВ, Л.П. и др., 2005. Моделирование рабочего процесса шнеково-вальцевого очистителя корнеплодов отпочвенных примесей. В: Техника в сельском хозяйстве, № 1, с. 11-15.

4. КОЛЧИН, Н.Н., ФУРЛЕТОВ, В.М., АРСЕНЬЕВ, Д.А., 1983. Состояние и перспективы развития отделителей примесей для послеуборочной обработки картофеля и овощей. Москва: ЦНИИТЭИ тракторсельмаш. 64 с.

5. ПРИЙМАК, І.Д. та ін., 2009. Буряківництво: підручник. Київ: Колоб'іг. 464 с.

6. РЕВЕНКО, І.І., БРАГІНЕЦЬ, М.В., РЕБЕНКО, В.І., 2009. Машини та обладнання для тваринництва: Підручник. Київ: Кондор.

7. РЕВЕНКО І.І., БРАГІНЕЦЬ, М.В., ЗАБОЛОТЬКО, О.О. та ін., 2012. Машини та обладнання для тваринництва : посібник-практикум. Київ: Кондор. 731 с.

Data prezentării articolului: 05.03.2014

Data acceptării articolului: 21.05.2014