

УДК 631:362.333

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУХОЙ ОЧИСТКИ КОРНЕПЛОДОВ

*С.А. Сутягин, кандидат технических наук, доцент
Е.М. Горельшев, студент 2 курса инженерного факультета
В.И. Курдюмов, доктор технических наук, профессор
А.А. Павлушин, доктор технических наук, профессор,
тел. 8(8422) 55-95-41, andrejpravlu@yandex.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

Ключевые слова: *очистка, корнеплоды, спираль, движение, процесс, рабочие органы.*

Работа посвящена улучшению качества очистки корнеплодов от загрязнений в машинах, использующих сухой способ очистки, с рабочими органами в виде расположенных в одной плоскости роликов. Предложено в качестве рабочих органов таких машин использовать спиральный винт, повышение эффективности работы которого в устройствах подобного типа заключается в перераспределении вращательного и поступательного движения обрабатываемого продукта по поверхности спиральных винтов в зависимости от степени загрязненности корнеплодов и типа загрязнений.

Введение. Очистка корнеплодов от загрязнений сухим способом в линиях подработки, чаще всего, картофеля находит все большее применение в сельскохозяйственных предприятиях. Перспективность применения этого способа состоит в ликвидации потребности в воде для осуществления технологического процесса, отсутствии необходимости в системах очистки сточных вод и устройствах регулирования влажности в производственных помещениях. Это значительно удешевляет процесс подработки корнеплодов и резко снижает их себестоимость.

Однако реализация сухого способа очистки также связана с рядом трудностей, к которым, в частности, можно отнести высокую повреждаемость корнеплодов из-за несовершенства рабочих органов очистителей, недостаточное качество очистки и повышенное выделение пыли. Поэтому совершенствование машин для сухой очистки корнеплодов и их рабочих органов – важная и актуальная задача, решение которой вносит значительный вклад в развитие страны.

Материалы и методы исследования. В настоящее время для сухой очистки корнеплодов промышленность выпускает следующие тех-

нические средства: машина сухой мойки картофеля ОКС.01.000, машины для сухой очистки корнеклубнеплодов МСОК-5, МСОК-10 и МСОК-18, машина для сухой очистки картофеля СО-16, машина для сухой очистки картофеля, овощей, моркови, лука, корнеплодов УСО-10 и др.

Применяемые в средствах механизации очистки корнеклубнеплодов рабочие органы делят на винтовые (шнековые), барабанные, транспортерные и комбинированные [1, 2, 3]. В качестве рабочих элементов в таких рабочих органах наиболее распространены щетки и прутки. Основные требования, которым должны удовлетворять рабочие органы очистителей, использующих сухой способ очистки, это: 1) максимальное копирование поверхности клубней, для чего форму поверхности рабочих органов выполняют по возможности больше совпадающей с формой клубней (корнеплодов); 2) минимальная повреждаемость корнеплодов; 3) возможность одновременной очистки корнеплодов различных размеров. Однако здесь просматривается явное противоречие: при максимальном удовлетворении первому требованию теряется свойство рабочих органов обеспечить выполнение третьего требования.

Наибольшую производительность при сухой очистке корнеплодов обеспечивают машины транспортерного типа, выполненные в виде приводных рольгангов, представляющих собой расположенные в одной плоскости ролики, установленные на небольшом расстоянии друг от друга. Для лучшего качества очистки ролики выполняют сложной формы и снабжают щетками (рисунок 1).



Рисунок 1 - Машина сухой мойки картофеля ОКС.01.000

Определенный интерес представляют собой очистители корнеплодов от почвы, принципиальной особенностью которых является

установка на раме с возможностью вращения в одном направлении и связанных между собой звездочками роликов цилиндрической формы (рисунок 2). При этом звездочки четных и нечетных роликов приводят вращение с разной частотой. Это вызывает проскальзывание корнеплодов по поверхности роликов при их поступательном движении, способствуя повышению качества их очистки. Дополнительно качество очистки корнеплодов повышается при выполнении поверхностей четных и нечетных роликов из материалов с различными коэффициентами трения, а также при эксцентричной установке роликов на валах [4, 5, 6].

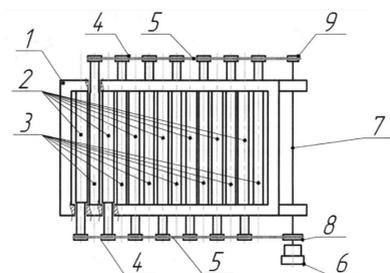


Рисунок 2 - Очиститель корнеплодов от почвы:
1 – рама; 2 – нечетные ролики; 3 – четные ролики; 4 – звездочки;
5 – цепь; 6 – привод; 7 – вал; 8, 9 – приводные звездочки с
различным числом зубьев

Такая конструктивно-технологическая схема устройства для очистки корнеклубнеплодов перспективна, так как практически без дополнительных затрат при минимальном усложнении конструкции можно получить качественно новый уровень осуществления технологического процесса.

Для получения искомого технического результата нами предложено использовать в качестве рабочего органа устройства спиральный винт.

Результаты и их обсуждение. Использование в качестве рабочих органов очистителя корнеплодов спиральных винтов predeterminedо двумя факторами: совмещением вращательного и поступательного движений у перемещающихся по их поверхности корнеплодов. Качество процесса очистки при оптимизированных диаметре спиральных винтов и расстоя-

ниях между ними в значительной степени зависит от соотношения этих движений. При преобладании поступательного движения увеличивается пропускная способность установки, при увеличении доли вращательного движения повышается качество очистки. Варьируя указанным выше соотношением можно обеспечить требуемое качество очистки корнеплодов с учетом степени их загрязнения и типа загрязнений.

Еще одно интересное свойство спирального винта – это способность преобразования поступательного движения во вращательное и наоборот, вращательного в поступательное. Как было отмечено выше в качестве гипотезы, количественное изменение преобразующей составляющей при реализации какого-либо технологического процесса позволяет поднять качественную сторону этого процесса на более высокий уровень. Особенно важно реализовать указанное выше свойство спирального винта применительно к техническому объекту или системе. При этом необходимо в результате исследований определить критические режимы, при которых конкретное сочетание вращательной и поступательной составляющих процесса перестает образовывать новые качественные свойства изучаемой технологии.

Учитывая изложенные выше особенности спирального винта, рассмотрим конкретный практический случай его применения в качестве работающего по принципу сухой очистки рабочего органа очистителя клубней картофеля.

Вектор абсолютной скорости точки клубня, находящейся на внешней поверхности спирального винта (рисунок 3) $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_0$, где $\vec{v}_1 = r\omega_0$ - переносная скорость; $\vec{v}_0 = v_r$ - скорость скольжения клубня по винтовой поверхности; r - расстояние от рассматриваемой точки до центра спирального винта, м; ω_0 - угловая скорость спирального винта, рад/с.

С помощью соответствующих преобразований [7] можно прийти к заключению, что угловая скорость абсолютного вращательного движения клубня, лежащего на поверхности спирального винта, связана с угловой скоростью спирального винта и его конструктивными параметрами:

$$\omega = \frac{\omega_0 \sin \alpha \cdot \cos \beta}{\sin (\alpha + \beta)}$$

где α - угол подъема винтовой линии спирали: $\alpha = \arctg S/(2\pi r)$, град.; S - шаг спирали, м; β - угол между векторами переносной и абсолютной

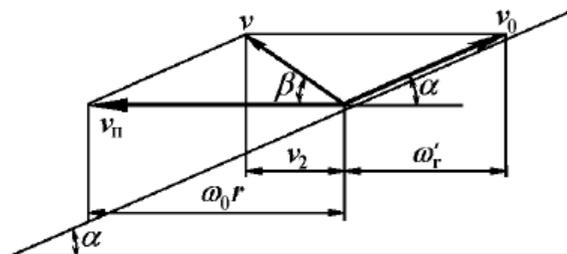


Рисунок 3 – К определению угловой скорости клубня на наружной поверхности спирального винта

скоростей, град, угол β часто называют угловым параметром.

Следовательно, перемещаясь по спиральным винтам, клубни вращаются вокруг своей оси. С учетом того, что многие клубни имеют неправильную форму, важно организовать их вращение одновременно в разных плоскостях, что значительно улучшит качество очистки. Такое вращение обеспечивается двойной ролью спиральных винтов, обеспечивающих как поворот клубней вокруг оси, параллельной оси симметрии спиральных винтов, так и вращение клубней вокруг горизонтальной оси, параллельной направлению их поступательного движения. Частота вращения клубней во втором случае зависит не только от разности частот вращения четных и нечетных спиральных винтов, но и от шага спирали S .

Важной задачей при эксплуатации устройства для очистки корнеклубнеплодов является выбор правильного соотношения между качеством очистки и пропускной способностью машины.

При очистке клубней картофеля пропускная способность машины, кг/с,

$$Q = l d_k v \mu \rho,$$

где l – длина ролика, выполненного в виде спирального винта, м; d_k – средний диаметр клубня, м; v – скорость поступательного движения клубня по поверхности роликов, м/с; μ – коэффициент, учитывающий количество клубней, размещаемое на единице площади поверхности, для картофеля $\mu = 0,7 \dots 0,8$; ρ – насыпная плотность картофеля, кг/м³, обычно $\rho = 650 \dots 750$ кг/м³.

С учетом того, что

$$v = (0,4 \dots 0,6)\pi Dn, \text{ м/с},$$

где D – наружный диаметр спиральных винтов, м; n – средняя частота их вращения, $n = 0,5(n_1 + n_2)$, окончательно пропускная способность

$$Q = (0,2 \dots 0,3)\pi l d_k D (n_1 + n_2) \mu r.$$

Следует учитывать, что для предупреждения отрыва клубней от поверхности спиральных винтов максимальная частота вращения любого из них, как правило, не должна превышать $3,43 \text{ с}^{-1}$.

Заключение. Проведенный анализ научно-технической литературы с использованием эвристического подхода, а также выполненные исследования дали основание считать, что улучшить качества очистки корнеплодов от загрязнений в машинах, использующих сухой способ очистки, можно при использовании в качестве рабочих органов спиральных винтов. Повышение эффективности работы таких машин подобного типа достигается при вращении четных и нечетных спиральных винтов с разной частотой при частоте вращения любого из них, не превышающей $3,43 \text{ с}^{-1}$.

Библиографический список:

1. Дусенов, М.К. Определение кинематических параметров устройства для очистки корнеплодов / М.К. Дусенов, Р.Р. Джапаров // Механизация и электрификация сельского хозяйства; 2008, № 21-1. С. 16-17.
2. Конвейеры-очистители корнеуборочных машин (теория и расчет) / Б.П. Шабельник. - Киев: Міносвіта, 1998. - 243 с.
3. Патент 2397633 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Очиститель корнеклубнеплодов / А.В. Бычков, В.Ю. Фролов; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет». – Заявка № 2008150305/21, заявл. 18.12.2008; опубл. 27.08.2010, Бюл. № 24.
4. Патент 2705298 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Очиститель корнеплодов от почвы / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин, А.В. Сергеев; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». – Заявка № 2018143787, заявл. 10.12.2018; опубл. 06.11.2019, Бюл. № 31.
5. Патент 2705308 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Очиститель корнеплодов от почвы / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин, А.В. Сергеев; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюд-

- жетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». – Заявка № 2018143785, заявл. 10.12.2018; опубл. 06.11.2019, Бюл. № 31.
6. Патент 195292 Российская Федерация, МПК A01D 33/00, A01D 33/08. Очиститель корнеплодов от почвы / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, А.И. Мулянов; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». – Заявка № 2019126061, заявл. 16.08.2019; опубл. 22.01.2020 Бюл. № 3.
 7. Григорьев, А.М. Винтовые конвейеры. Монография. - М.; Машиностроение, 1972. - 184 с.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF DRY CLEANING OF ROOT CROPS

Sutyagin S., Gorelyshev E., Kurdyumov V., Pavlushin A.

Keywords: *cleaning, root crops, spiral, movement, process, working bodies.*

The work is devoted to improving the quality of cleaning root crops from contamination in machines using a dry cleaning method, with working bodies in the form of rollers located in the same plane. It is proposed to use a spiral screw as the working bodies of such machines, increasing the efficiency of which in devices of this type consists in redistributing the rotational and translational movement of the processed product over the surface of the spiral screws, depending on the degree of contamination of root crops and the type of contamination.