

УДК 631.356

UDC 631.356

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
СОРТИРОВКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПО
ЦВЕТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL
PROCESS OF SORTING POTATO TUBERS BY
COLOR INFORMATION**

Бышов Николай Владимирович
д.т.н., профессор

Byshov Nikolay Vladimirovich
Dr.Sci.Tech., Full Professor

Горохова Марина Николаевна
к.т.н., доцент

Gorokhova Marina Nikolayevna
Cand.Tech.Sci., Associate Professor

Бышов Дмитрий Николаевич
к.т.н., доцент

Byshov Dmitry Nikolayevich
Cand.Tech.Sci., Associate Professor

Посконнов Виталий Александрович
аспирант

Poskonnov Vitaliy Aleksandrovich
graduate student

Нестерович Эдуард Олегович
аспирант

Nesterovich Eduard Olegovich
graduate student

Горохов Александр Анатольевич
студент

Gorokhov Alexander Anatolyevich
student

*Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева, Рязань,
Россия*

*Ryazan State Agrotechnological University named
after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

В статье разработано идентификационное устройство, позволяющее путем исследования графической информации клубней картофеля в процессе сортировки, отделять от общей массы клубни с высоким содержанием хлорофилла

In the article, the identification device was developed which is able to separate the potato tubers with high maintenance of chlorophyll from the other tubers by analyzing graphic information of potato tubers in the course of sorting

Ключевые слова: КАРТОФЕЛЬ, СОРТИРОВКА, ИДЕНТИФИКАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО, ЦВЕТОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Keywords: POTATO, SORTING, IDENTIFICATION DEVICE, COLOR INFORMATION

В настоящее время сортировка клубней картофеля для последующей товарной реализации и получения качественного посадочного материала выполняется на машинах, которые разделяют продовольственный картофель по наибольшему поперечному диаметру на две фракции: до 40 мм и более 40 мм, семенной – на три фракции: до 35 мм, 35-70 мм и более 70 мм при допустимой погрешности не более 10% [1,4,5].

В связи с большим разнообразием форм клубней картофеля машины для сортировки снабжены регулируемыми устройствами, позволяющими изменять основные параметры рабочих органов при выполнении

технологического процесса. Рабочие органы таких машин делятся на четыре типа: 1) плоско-решетные; 2) транспортерные; 3) роликовые; 4) барабанные [1,2].

По точности сортирования основное место занимают рабочие органы плоско-решетного типа, конструкция которых зависит от последовательности выделения фракций, их количества и типа подвесок решет. Достоинством рабочих органов такого типа является высокая производительность и низкая материалоемкость их изготовления. К недостаткам относятся высокая степень повреждаемости клубней картофеля и сложность конструкции.

Конструкция рабочих органов транспортерного типа зависит от вида сортирующей поверхности с использованием ремней или полотен, поступательное движение которых осуществляет технологический процесс. К недостаткам таких рабочих органов относится низкая производительность, высокая материалоемкость и износ рабочих поверхностей.

Рабочие органы роликового типа состоят из роликов двух типов - цилиндрических и фигурных. На сортирующих поверхностях роликового типа, образованных из фигурных роликов, получают параллельное и последовательное выделение фракций. Недостатком является низкая производительность процесса.

Рабочие органы барабанного типа состоят из барабанов двух типов: барабаны, в которых движение сортируемых клубней картофеля осуществляется за счет наклона геометрической оси, и барабаны со шнековыми направляющими лотками. Недостатком является то, что при их работе используется не более 16% сортирующей поверхности, высокая материалоемкость и низкая производительность процесса [2,3].

Общим недостатком рассмотренных рабочих органов машин является невозможность сортировки клубней картофеля с различной цветовой информацией (зеленый), которая образуется от неправильного хранения. Когда картофель подвергается воздействию прямого солнечного света, его поверхность принимает зеленую окраску в результате выделения хлорофилла. Позеленение сопровождается образованием соланина - токсина, в больших концентрациях вредного для человека. Его содержание в продуктах должно быть не выше 200 мг на 100 г продукта. В зелёном картофеле, содержание соланина может достигать 500 мг на 100 г картофеля [4].

Таким образом, основной задачей исследования является разработка идентификационного устройства для проведения экспресс-анализа геометрических параметров, а также цветовой информации клубней картофеля.

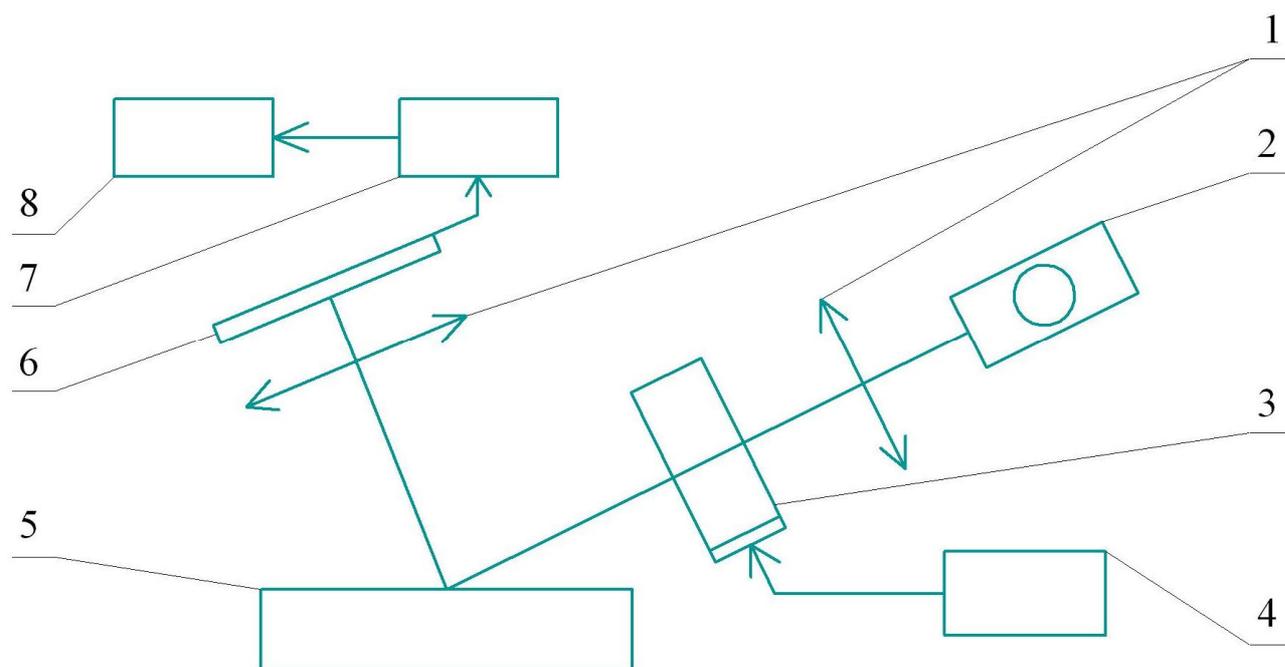
Разработка идентификационного устройства для создания набора эталонных данных геометрических параметров и цветовой информации основана на применении акустооптического перестраиваемого фильтра, который формирует поток оптического излучения, освещающего поверхность клубней картофеля с заданными величинами интервала селекции, количества этих интервалов и границ спектрального диапазона.

В качестве устройства для спектральной перестройки оптического излучения в заданном спектральном диапазоне использован акустооптический перестраиваемый фильтр, который может быть помещен между двумя скрещенными поляризаторами. В устройстве может быть установлен дополнительный акустооптический перестраиваемый фильтр, а также блок управления и поляризатор.

В устройстве при позиционировании клубней картофеля обеспечена

возможность их поворота на произвольно задаваемый угол вокруг оси, перпендикулярной плоскости в диапазоне 0-360°. В устройстве обеспечена программно задаваемая величина угла между падающим пучком света, освещающим плоскость клубней, и направлением, перпендикулярным этой плоскости. Фотодетекторное устройство установлено неподвижно. В качестве фотодетекторного устройства может применяться многоэлементное двумерное фоточувствительное матричное устройство. В качестве устройства для спектральной перестройки оптического излучения в заданном спектральном диапазоне для освещения клубней применен комплект светоизлучающих элементов.

На рисунке 1 представлен вариант идентификационного устройства, в котором сформированный в коллимированный пучок при помощи формирующей оптики 1 свет источника излучения 2 поступает в область акустооптического взаимодействия акустооптического перестраиваемого фильтра 3 с блоком управления 4. Отфильтрованное излучение с последовательно изменяющейся длиной волны с выхода акустооптического перестраиваемого фильтра 3 падает на поверхность клубня картофеля, который предварительно устанавливается в устройстве позиционирования 5. Отклоненный от плоскости клубня пучок света, пройдя через формирующую оптику 1, попадает на многоэлементное фотодетекторное матричное устройство 6. Регистрируемые оптические сигналы, преобразованные в электронный вид, при помощи контроллера 7 поступают на персональный компьютер 8.



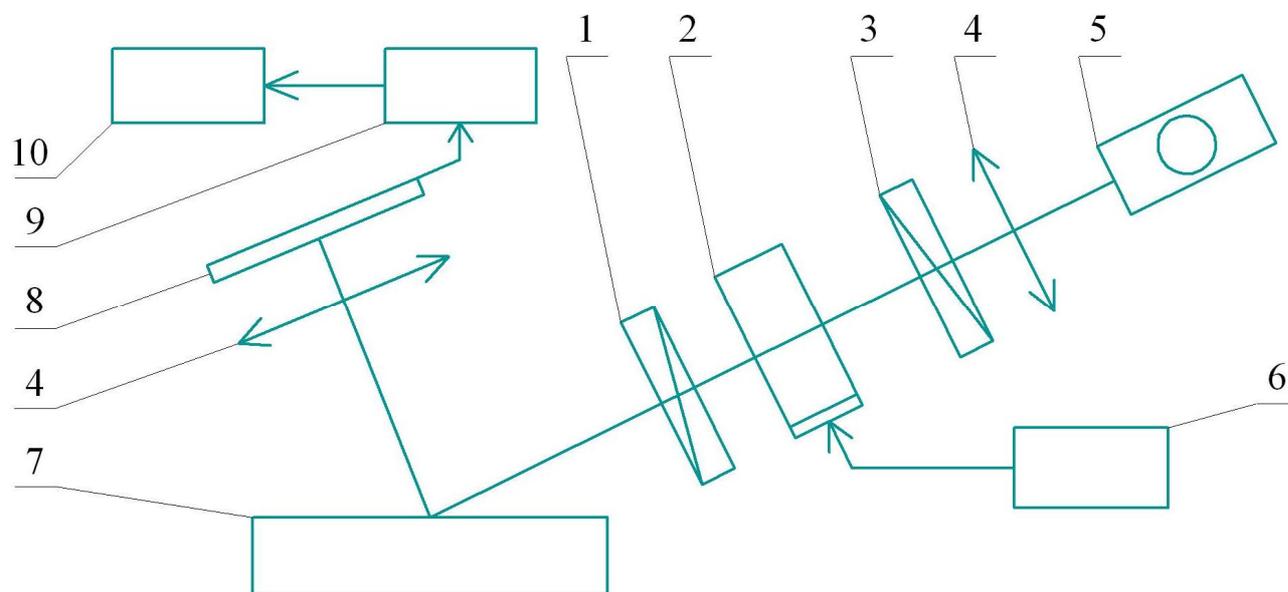
1-оптика, формирующая пространственные характеристики излучения; 2-источник излучения; 3-акустооптический перестраиваемый фильтр; 4-блок управления акустооптического перестраиваемого фильтра; 5-устройство позиционирования; 6-фотодетекторное матричное устройство; 7-контроллер обмена данными с персональным компьютером; 8-персональный компьютер

Рисунок 1 – Схема идентификационного устройства.

Программное обеспечение предназначено для управления всеми узлами устройства, управления автоматическими процедурами необходимых измерений, обработки регистрируемой пространственной и спектральной информации, создания набора эталонных данных, описывающих геометрический рельеф поверхности клубня картофеля, а также находящуюся на ней цветовую информацию. На основе полученных эталонных данных о параметрах поверхности клубня возможно обеспечить непрерывный мониторинг значения пространственной частоты рельефа поверхности, а также выявить соответствие параметров геометрического рельефа поверхности и цветовой информации, находящейся на ней, эталонным данным.

Компоненты поверхности объекта в виде искусственных или натуральных нитей, волокон или фрагментарных включений будут регистрироваться устройством в виде данных об их линейных параметрах и пространственных координатах на поверхности аналогично элементам цветной информации.

На рисунке 2 представлен вариант устройства, содержащий источник излучения 5, формирующую пучок оптику 4, поляризатор 3, акустооптический перестраиваемый фильтр 2 с блоком управления 6. В этом варианте свет от источника 5 после прохождения акустооптического перестраиваемого фильтра 2 проходит через анализатор 1 и падает на поверхность клубня картофеля, размещенного на устройстве позиционирования 7. Поляризатор 9 предназначен для формирования плоскополяризованного пучка света, а анализатор 1 выполняет роль режекторного фильтра для света, прошедшего через акустооптический перестраиваемый фильтр 2 без дифракции.

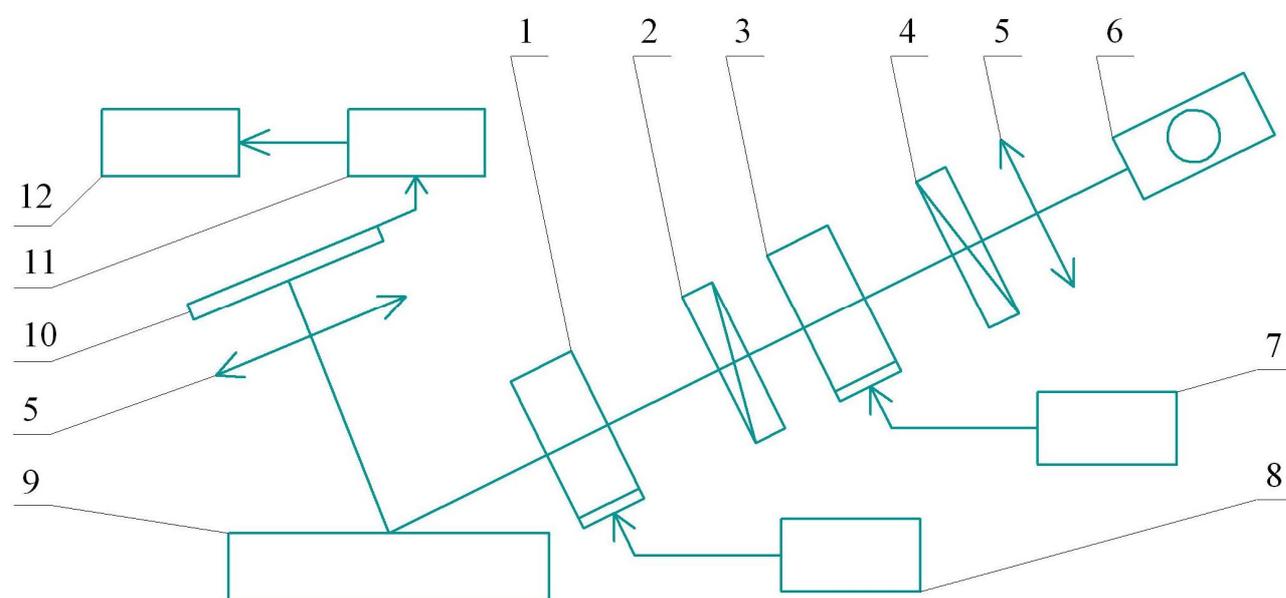


1-анализатор; 2-акустооптический перестраиваемый фильтр; 3-поляризатор; 4-оптика, формирующая пространственные характеристики излучения; 5-источник излучения; 6-блок управления акустооптического перестраиваемого фильтра; 7-устройство позиционирования; 8-

фотодетекторное устройство; 9-контроллер обмена данными с персональным компьютером 10-персональный компьютер

Рисунок 2 – Схема идентификационного устройства с установленными поляризатором и анализатором.

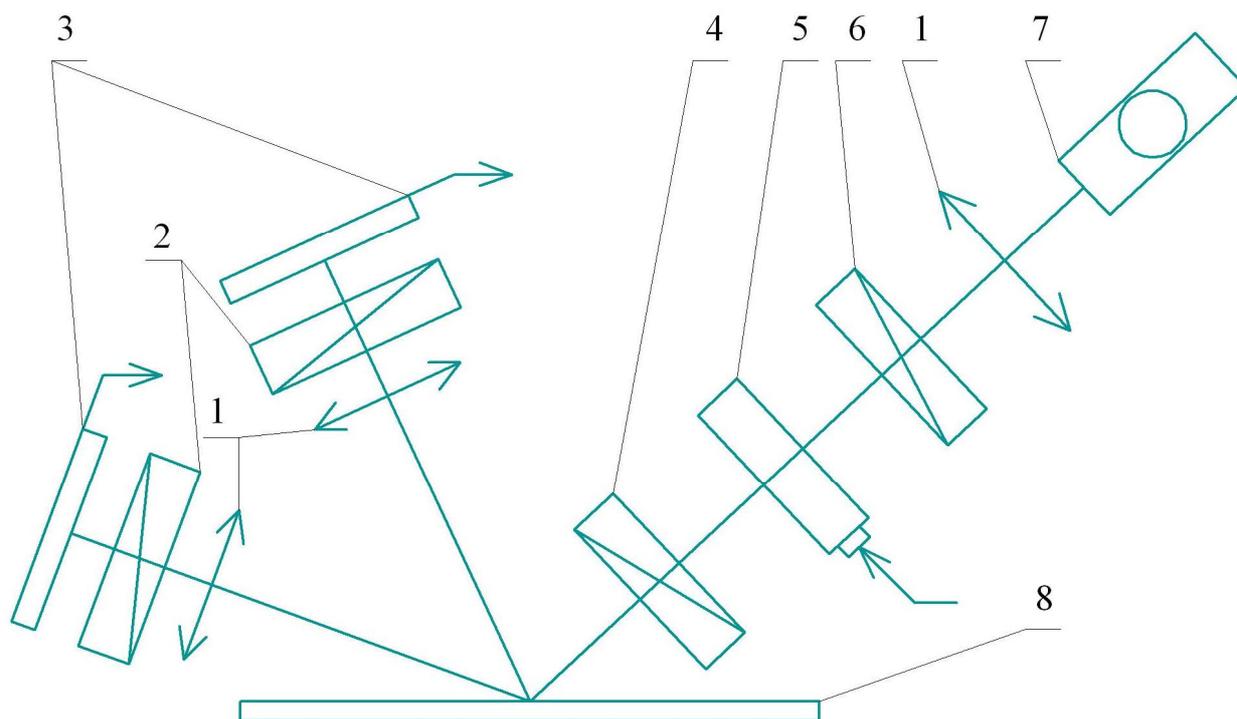
На рисунке 3 представлен вариант идентификационного устройства, которое содержит дополнительный фильтр 1 с блоком управления 8. Последовательное применение двух фильтров 1 и 3 позволяет увеличить селективность устройства по длине волны.



1-дополнительный акустооптический перестраиваемый фильтр; 2-анализатор; 3-акустооптический перестраиваемый фильтр; 4-поляризатор; 5-оптика, формирующая пространственные характеристики излучения; 6-источник излучения; 7- блок управления акустооптического перестраиваемого фильтра; 8- блок управления дополнительного акустооптического перестраиваемого фильтра; 9-устройство позиционирования; 10-фотодетекторное устройство; 11- контроллер обмена данными с персональным компьютером; 12-персональный компьютер

Рисунок 3 – Схема идентификационного устройства с установкой дополнительного акустооптического перестраиваемого фильтра.

Вариант идентификационного устройства, представленный на рисунке 4, содержит дополнительные поляризаторы 2, установленные на пути пучков света, отраженных от диффузной полихромной поверхности объекта и от геометрического рельефа поверхности объекта. С помощью этих поляризаторов обеспечивается фильтрация помех, создаваемых бликами и другими источниками.



- 1-оптика, формирующая пространственные характеристики излучения;
 2-дополнительный поляризатор; 3- фотодетекторное матричное устройство;
 4-анализатор; 5- акустооптический перестраиваемый фильтр; 6- поляризатор;
 7- источник излучения; 8- устройство позиционирования

Рисунок 4 – Схема идентификационного устройства с дополнительно установленными поляризаторами.

Базовым компонентом устройства является акустооптический перестраиваемый фильтр, который обеспечивает скоростное, электронно-управляемое выделение спектральных компонент из входного оптического

излучения с заданной величиной спектрального интервала, перестройкой в заданных границах спектрального диапазона и произвольным доступом к любой его точке. При этом обеспечивается программное управление перестройкой длины волны излучения в рабочем спектральном диапазоне акустооптического перестраиваемого фильтра, а также модуляцией интенсивности отфильтрованного излучения.

Рельеф поверхности клубня картофеля может состоять из комплекта разнонаправленных дифракционных решеток. При перестройке падающей длины волны излучения, падающего на геометрический рельеф поверхности объекта, будет меняться интенсивность отклоненного (отраженного) света, причем каждой конкретной длине волны падающего света должна строго соответствовать максимальная интенсивность отклоненного (отраженного) пучка света от соответствующего конкретного фрагмента изображения (дифракционной решетки) поверхности объекта.

В основе разработки заложена возможность определения пространственной частоты геометрического рельефа поверхности клубня картофеля. Рассмотрим падение плоской световой волны на спектрально перестраиваемое устройство, например фазовую синусоидальную отражающую дифракционную решетку. Пусть падение света происходит под углом α к нормали. Падающая световая волна может быть описана комплексной амплитудой A :

$$A = a \exp(i\omega t) \exp(i2\pi x \sin \alpha / \lambda), \quad (1)$$

где x - координата вдоль поверхности решетки, λ - длина волны света, ω - угловая частота света, α – угол падения света.

Предположим, что период дифракционной решетки Λ намного больше ее глубины d . Тогда отраженный свет описывается комплексной амплитудой $A_{отр}$:

$$A_{отр} = a \exp(i\omega t) \exp(-i2\pi x \sin \alpha / \lambda) \exp(i2\pi d \sin \alpha / \lambda),$$

(2)

где $\Omega = 2p / \Lambda$ - пространственная частота решетки в угловом исчислении.

Минус во втором сомножителе появляется в силу симметрии при отражении света от решетки.

Третий сомножитель представляет собой образующую функцию для бесконечной суммы функций Бесселя первого рода:

$$\exp(-2px \sin a / l) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} J_j(2pd / l) \exp(ij\Omega x)$$

(3)

Тогда первый дифракционный порядок будет описываться волной с амплитудой A_1 :

$$\begin{aligned} A_1 &= a J_1(2pd / l) \exp(i\omega t) \exp(-i2px \sin a / l + i2px / \Lambda) = \\ &= a J_1(2pd / l) \exp(i\omega t) \exp[2pix(\sin a / l - 1 / \Lambda)] \end{aligned}$$

(4)

Таким образом, интенсивность света в пучке первого дифракционного порядка будет пропорциональна квадрату функции Бесселя первого порядка от аргумента $2pd / l$, а угол пучка первого порядка к нормали будет равен α_1 :

$$\alpha_1 = \arcsin(1 / \Lambda - \sin a / l)$$

(5)

Можно произвести расчет максимальной точности при измерении пространственной частоты геометрического рельефа поверхности. Величина угла дифракции от геометрического рельефа поверхности составляет $j = l\Omega$,

где l - длина волны оптического излучения, Ω - пространственная частота геометрического рельефа.

Если многоэлементный фотоприемник неподвижен и считается, что для регистрации используется только один элемент ($j = \text{const}$ или $l\Omega$ -

const). Селективностью устройства идентификации является $I\Omega$. Нижней границей интервала селективности (величины полосы пропускания акустооптического перестраиваемого фильтра) является длина волны оптического излучения I , а верхней границей $I + \Delta I$. В этом случае полоса селективности устройства определяется:

$$I\Omega = (I + \Delta I)(\Omega - \Delta\Omega)$$

(6)

после преобразования выражения (6) в форму:

$$I\Omega = I\Omega + \Delta I\Omega - I\Delta\Omega - \Delta I\Delta\Omega$$

(7)

и пренебрегая величиной $\Delta I\Delta\Omega$, получаем соотношение:

$$\Delta I\Omega = I\Delta\Omega \quad \text{или} \quad \Delta\Omega = \Delta I(\Omega / I)$$

(8)

Так, например: если $I = 500$ нм, $\Delta I = 10$ нм, а $\Omega = 100$ лин/мм, то максимальная точность измерений составит $\Delta\Omega = 2$ лин/мм.

Таким образом, на основе этого идентификационного устройства обеспечивается конструирование рабочих органов сортировочных машин, предназначенных для сортировки клубней картофеля с различным геометрическим параметрами и цветовой информацией.

Библиографический список

1. Бышов Н.В. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных комбайнов: моногр. / Н.В. Бышов, А.А. Сорокин. – Рязань: Скопинская типография, 1999. – 128с.

2. Борычев С.Н. Оценка уровня эксплуатационной надежности технических средств, используемых при уборке картофеля. / Борычев С.Н., Успенский И.А., Бышов Н.В., Рембалович Г.К. // В журн. «Вестник РГАТУ». – 2009 г., № 4 стр. 29-31.

3. Борычев С.Н. Современные пути решения проблем механизированной уборки картофеля. / Борычев С.Н., Бышов Д. Н. // В журн. «Вестник РГАТУ». – 2010 г., № 3 (7) стр. 63-65.

4. Горохова М.Н. Идентификационное устройство для оперативного исследования износа рабочих поверхностей деталей кузнечно-прессового оборудования // Сборник докладов и материалов 12 конгресса «Кузнец – 2012»: «Состояние, проблемы и перспективы развития кузнечно-прессового машиностроения, кузнечноштамповочного

производства и обработки материалов давлением». – Рязань: ОАО «Тяжпрессмаш», 2012. – С128-141.

5. Горохова М.Н. Идентификационное устройство для оперативного исследования химического состава изношенных деталей машин /М.Н. Горохова, А.П. Ткачев //Тезисы докладов 39 научно-методической конференции: «Информационные технологии в образовательном процессе института». - Рязанский военный автомобильный институт им. генерала армии В.П. Дубынина, 2009. - С. 143-145.

References

1. Byshov N.V. Principy i metody rascheta i proektirovaniya rabochih organov kartofeleuborochnyh kombajnov: monogr. / N.V. Byshov, A.A. Sorokin. – Rjazan': Skopinskaja tipografija, 1999. – 128s.

2. Borychev S.N. Ocenka urovnja jekspluatacionnoj nadezhnosti tehniceskikh sredstv, ispol'zuemyh pri uborkе kartofelja. / Borychev S.N., Uspenskij I.A., Byshov N.V., Rembalovich G.K. // V zhurn. «Vestnik RGATU». – 2009 g., № 4 str. 29-31. (Russian source)

3. Borychev S.N. Sovremennye puti reshenija problem mehanizirovannoj uborki kartofelja. / Borychev S.N., Byshov D. N. // V zhurn. «Vestnik RGATU». – 2010 g., № 3 (7) str. 63-65.

4. Gorohova M.N. Identifikacionnoe ustrojstvo dlja operativnogo issledovanija iznosa rabochih poverhnostej detalej kuznechno-pressovogo oborudovanija // Sbornik dokladov i materialov 12 kongressa «Kuznec – 2012»: «Sostojanie, problemy i perspektivy razvitija kuznechnopressovogo mashinostroenija, kuznechnoshtampovochnogo proizvodstva i obrabotki materialov davleniem». – Rjazan': ОАО «Tjazhpressmash», 2012. – S128-141.

5. Gorohova M.N. Identifikacionnoe ustrojstvo dlja operativnogo issledovanija himicheskogo sostava iznoshennyh detalej mashin /M.N. Gorohova, A.P. Tkachev //Tezisy dokladov 39 nauchno-metodicheskoj konferencii: «Informacionnye tehnologii v obrazovatel'nom processe instituta». - Rjazanskij voennyj avtomobil'nyj institut im. generala armii V.P. Dubynina, 2009. - S. 143-145.