

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ.

RESULTS OF RESEARCH AUTOMATED INSTALLATION FOR DEFINITION OF GEOMETRICAL PARAMETERS POTATO TUBERS BASED ON VISION SYSTEMS

Д. АЛИХАНОВ¹, Ж. ШЫНЫБАЙ¹, А. МОЛДАЖАНОВ¹, П. ДАСКАЛОВ²

Д. АЛИХАНОВ¹, к.т.н., профессор, Ж. ШЫНЫБАЙ, PhD, А. МОЛДАЖАНОВ¹, магистр, П. ДАСКАЛОВ², PhD, профессор

1. Kazakh National Agrarian University, Department of Energy Saving and Automation, Almaty, Kazakhstan

2. "Angel Kanchev" University of Ruse, Bulgaria

e-mail: alikhanov.d@list.ru, Alikhanov@kaznu.kz

Резюме/Abstract: В статье рассматриваются принцип работы, методика и результаты экспериментальных исследований автоматизированной установки для определения геометрических параметров клубней картофеля на базе системы технического зрения с использованием программного обеспечения LabVIEW и Vision Assistant. Установка обеспечивает повышение производительности и точности процесса измерения геометрических размеров и определения коэффициентов формы клубней картофеля. Принцип работы автоматизированной установки основан на бесконтактном методе измерения длины и ширины, площади и периметра продольного сечения клубня картофеля, а также вычисление значений коэффициентов формы и сравнение их с допустимыми пределами колебания измеренных параметров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА, МЕТОДИКА, РЕЗУЛЬТАТЫ, ЭКСПЕРИМЕНТ, КЛУБНИ КАРТОФЕЛЯ, СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ ФОРМЫ, LABVIEW.

1 Введение. При проведении селекционной работы, в частности при клубневом анализе необходимо выполнить большой объем работ, связанные с определением геометрических размеров и формы клубней картофеля. Форма клубней картофеля варьирует в широких пределах, от округлой до очень длинной. В пределах сорта у клубней неодинаковой массы значение соотношений линейных размеров изменяются. Из-за отсутствия единой методики количественной оценки формы клубней картофеля, применяется экспертная оценка формы клубней. При описании отличительных морфологических признаков клубня, в частности его размеров и формы у гибридов, и сортов в селекционной и семеноводческой работе, а также при оценке сортов на пригодность к промышленной переработке, проводится ручная работа по измерению длины, ширины и толщины клубня. Для предотвращения вырождения сорта семенного картофеля необходимо осуществлять оценку и выбраковку клубней несоответствующих по параметрам отличимости, однородности и стабильности (ООС) семенных клубней [1]. Существующие методы оценки сортовых показателей клубней картофеля, основанные на экспертных оценках, имеют низкую производительность и не обеспечивают объективную количественную оценку сортовых признаков. Настоящее время разработаны и широко применяются в различных отраслях производства методы машинного зрения и цифровой обработки изображений.

С целью повышения производительности труда процесса измерения геометрических размеров клубней картофеля в Казахском национальном аграрном университете в рамках плана научных исследований по целевой программе МОН РК «Целевое развитие университетской науки, ориентированной на инновационный результат» разработаны экспресс метод и автоматизированная установка для определения и анализа геометрических параметров клубней картофеля [2, 3]. Автоматизированная установка состоит из камеры, компьютера со специально разработанным программным обеспечением, штатива и рабочей поверхности для размещения исследуемого объекта. Программа получения и обработки изображения разработана в среде «LabVIEW». Программа включает блок диаграмму и виртуальный прибор, который выводит на монитор значения измеренных геометрических параметров (длина и ширина, площадь, периметр и значения коэффициентов формы) контролируемого объекта. Установка в автоматическом режиме определяет геометрические размеры клубня картофеля и сравнивает полученные значения размера и формы с заданными

значениями параметров в соответствии стандартом и формирует сигнал о соответствии размера и формы клубня картофеля предъявляемым требованиям. Проведенные исследования показали, что автоматизированная установка обеспечивает повышение производительности определения параметров клубней картофеля и разделение их на категории по размерам с одновременной отбраковкой клубней картофеля неправильной формы.

2. Материалы и методы исследований

Информация об объекте исследований. Объектом исследования является стационарная установка «Автоматизированная система – картофель» или сокращенно «АС – картофель» для определения геометрических размеров клубней картофеля. Стационарная автоматизированная установка позволяет определять следующие параметры клубней картофеля: длина (а), ширина (b), периметр (L), площадь продольного сечения (S), коэффициент формы K1 ($K1=a/b$), коэффициент формы K2 ($K2=L^2/S$) [1, 2]. Внешний вид стационарной установки показан на рисунке 1.

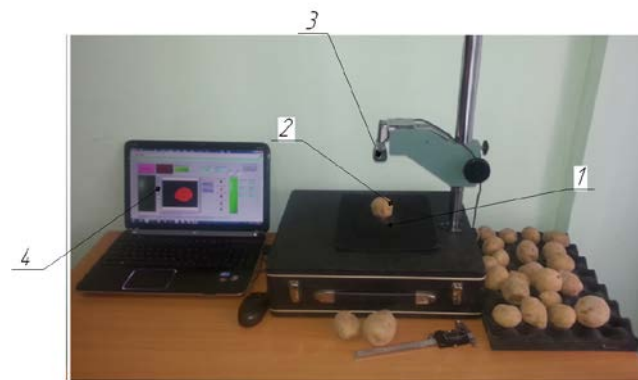


Рисунок 1 – Внешний вид устройства

1 - рабочая поверхность; 2 - объект исследования – клубень картофеля; 3 - захватывающее устройство (камера); 4 - персональный компьютер с программным обеспечением «АС – картофель».

2.1 Принцип работы установки. Клубень картофеля устанавливается на рабочей поверхности в зоне контроля захватывающего устройства, которое фиксирует объект исследования и передает полученное цифровое изображение в ПК, где при помощи специального программного обеспечения происходит определение размеров клубней картофеля.

Программное обеспечение «АС – картофель» обеспечивает захват фотографии поверхности с клубнем картофеля, с последующим определением параметров клубня. В Microsoft Office Excel переводятся данные размеров клубня в виде таблицы и формируется база данных. Разработанная программа в среде LabVIEW, обеспечивает комфортные условия работы оператора. Для работы на автоматизированной установке необходимо владение ПК, иметь навыки использования прикладных программ Windows 7, 8, 8.1 32-64bit; MS OFFICE, OpenOffice, LibreOffice; LabVIEW, Vision Builder, Vision Assistant, Vision Development.

Интерфейс программы «АС – картофель» приведен на рисунке 2 и состоит из следующих панелей управления и индикации:

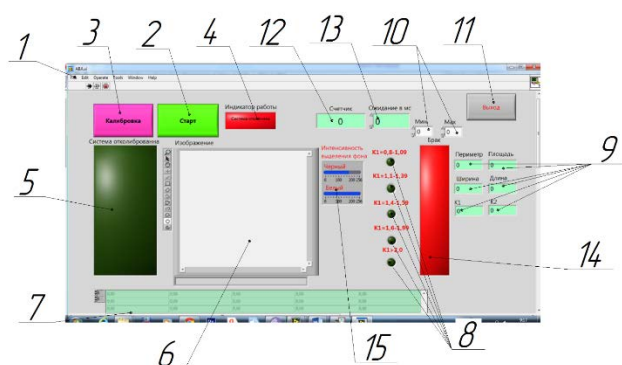


Рисунок 2 – Интерфейс программы «АС – картофель»

1. Основное меню - содержит функции закрытия программы, пуска программы, сворачивание окна программы, а также функцию справки по работе программы.

2. Кнопка Старт – запускает работу камеры и программу определения и анализа геометрических параметров исследуемых объектов.

3. Кнопка старта калибровки «Калибровка» - запускает калибровку устройств. «Стоп Калибровка» - отключает калибровку устройства.

4. Индикатор работы программы (RUN).

5. Индикатор указывающий на точность калибровки. Зеленый цвет индикатора обозначает то, что система откалибрована. Красный - система не настроена для исследований.

6. Окно изображения анализируемого объекта - в данном окне выводятся изображения анализированного клубня в черно-красном формате.

7. Таблица с данными – в данную таблицу вносятся значения геометрических размеров каждого исследуемого объекта.

8. Индикаторы категорий. Индикаторы категорий загораются красным цветом показывая, к какой категории по размеру относится расположенный на рабочей поверхности клубень картофеля.

9. Индикаторы геометрических параметров – показывают текущие значения геометрических размеров исследуемого объекта. Длина, ширина, площадь, периметр и коэффициенты форм.

10. Контроллер диапазона изменения коэффициента формы. Задает граничные значения допустимого диапазона изменения значений коэффициента формы в зависимости от предъявляемых требований к исследуемому сорту картофеля.

11. Кнопка выхода – задает общий выход из системы.

12. Счетчик - показывает количество проведенных через установку клубней картофеля с момента старта работы системы.

13. Контроллер задержки. Вводится промежуток времени в миллисекундах, необходимый для определения параметров одного клубня. Время можно устанавливать в пределах от 0 до 3000 миллисекунд в зависимости от выполняемой работы.

14. Индикатор коэффициентов формы – показывают соответствие формы клубня стандарту по значениям двух коэффициентов, характеризующие форму клубня картофеля.

15. Контроллер интенсивности выделения фона - задается двумя мерными линейками (белый фон и черный фон), регулируя тем самым четкость выделения клубня от фона.

Процедура калибровки обеспечивает перевод значений геометрических параметров из цифровой формы, заданная в пикселях в метрическую систему (миллиметры). В случае, если картофель имеет неправильную форму, то индикатор коэффициента формы загорается красным цветом, что указывает на то, что картофель не попадает в заданный диапазон изменения коэффициента формы и клубень является нестандартной по форме (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Интерфейс программы с клубнем картофеля неправильной формы

Если клубень картофеля имеет стандартную форму, индикатор коэффициента формы остается зеленым, что указывает на то, что клубень находится в допустимом диапазоне изменения значений коэффициента формы и соответствует по форме требованиям стандарта (Рисунок 4).

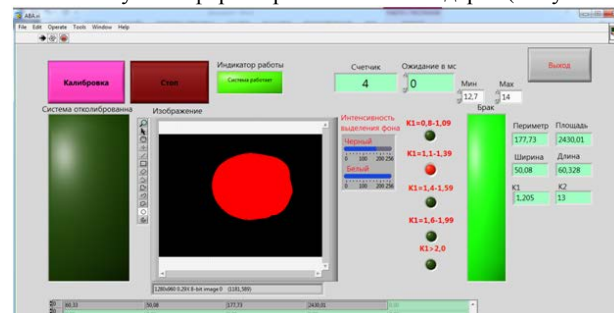


Рисунок 4 – Интерфейс программы с клубнем картофеля правильной формы

3 Методика и результаты экспериментальных исследований

3.1 Методика экспериментальных исследований

Основными техническими параметрами автоматизированной установки являются: точность измерения геометрических параметров, время обработки изображения и производительность. Экспериментальные исследования проводились в три этапа.

1. Оценка точности измерения размеров клубня.

2. Определение производительности измерения геометрических размеров клубней картофеля.

3. Определение производительности процесса разделения клубней картофеля на категории по форме.

Для проверки точности автоматизированной установки при измерении геометрических параметров картофеля проведены ряд испытаний, с расположением клубня картофеля под разными углами относительно камеры.

1 положение. Клубень расположен горизонтально относительно камеры, длина вдоль оси абсцисс, а ширина по оси ординат. Такое расположение стандартное при измерении размеров клубня. Однако оператор в процессе работы может расположить клубень с некоторыми отклонениями от строго

заданного положения, в результате чего могут возникнуть дополнительные погрешности при измерении размеров клубней картофеля. Расположение клубня картофеля для первого положения показано на рисунке 4.

2 положение. Клубень картофеля расположена примерно под 45 градусов относительно камеры.

3 положение. Клубень картофеля расположена примерно под 90 градусов относительно камеры.

4 положение. Клубень картофеля расположена примерно под 135 градусов относительно камеры.

Для каждого из рассмотренных положений были измерены геометрические параметры одного и того же клубня с десятикратной повторностью. После каждого измерения параметров, клубень устанавливался заново. Такой подход имитирует процесс измерения размеров клубней и учитывает случайные погрешности, обусловленные произвольным расположением объекта относительно камеры в процессе работы оператора.

3.2 Результаты экспериментальных исследований

3.2.1 Результаты оценки точности измерения размеров клубней

На экспериментальной установке с десятикратной повторностью были измерены длина, ширина, периметр и площадь изображения и значения коэффициентов формы K1 и K2. Для сравнительной оценки точности измерения геометрических размеров на экспериментальной установке, длина и ширина одного и того же клубня были измерены и с помощью электронного штангенциркуля десятикратной повторностью с точностью до 0,01мм. Обобщенные значения математического ожидания и среднеквадратического отклонения геометрических параметров и коэффициентов формы приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Обобщенные значения геометрических параметров картофеля

№		a	b	L	S	K1	K2
0	M	68,46	50,4	188,8	2710,3	1,36	13,1
	σ	0,21	0,13	0,08	6,35	0,01	0,02
45	M	68,89	50,6	190,0	2742,8	1,36	13,1
	σ	0,11	0,13	0,11	2,58	0,01	0,02
90	M	68,53	51,0	189,8	2748,6	1,34	13,1
	σ	0,08	0,03	0,15	3,83	0,00	0,00
135	M	69,08	49,6	188,9	2693,0	1,39	13,2
	σ	0,41	0,53	0,08	12,79	0,02	0,07

3.2.2 Результаты сравнительной оценки производительности автоматизированной установки.

Целью данного эксперимента является сравнительная оценка производительности двух методов измерения геометрических параметров клубней картофеля, ручного метода измерения длины и ширины с помощью электронного штангенциркуля и вводом данных в компьютер и определение длины, ширины, площади и периметра, а также значений коэффициентов формы на автоматизированной экспериментальной установке. Исследования проводились в два этапа:

1.Измерение размеров клубней электронным штангенциркулем;

2.Измерение размеров клубней на автоматизированной установке.

Для определение производительности измерений штангенциркулем проводился хронометраж продолжительности измерений длины и ширины для 10, 30 и 60 клубней.

На измерение размеров 10 клубней картофеля с помощью электронного штангенциркуля потребовалось 168 секунд или 16,8 сек. на клубень. На измерение размеров 30 клубней картофеля потребовалось 407 секунд или 13,6 секунд

на клубень. На измерения размеров 60 клубней потребовалось 795 секунд или 13,25 секунд на клубень.

При проведении измерений на автоматизированной установке потребовалось 3 секунды на клубень, следовательно производительность измерения размеров клубней на автоматизированной установке в 4,5 раза выше по сравнению с измерениями с помощью штангенциркуля:

Сравнение значений длины и ширины клубней картофеля, измеренных с помощью штангенциркуля с данными, полученными на автоматизированной установке показали, что абсолютное значение погрешности составляют, для длины не более 0,68 мм, а для ширины не более 0,26 мм. Полученные значения погрешностей дает основание считать, что точность определения линейных размеров клубней на автоматизированной установке удовлетворяет технологическим требованиям.

3.2.3. Результаты определение производительности процесса разделение клубней картофеля на категории по форме.

Для проведения эксперимента использовались 60 клубней картофеля, которые предварительно по значению коэффициента формы разделены на две категории: 1 – клубни картофеля соответствующие требованиям стандарта; 2 – клубни картофеля не соответствующие требованиям стандарта. Затем клубни картофеля перемещивались и три эксперта независимо друг от друга органолептическим методом вручную разделяли клубни картофеля на две категории по форме. Такую же процедуру проводили на экспериментальной установке. Оператор устанавливал клубни картофеля на рабочую поверхность и по сигналу индикатора формы разделял их на две категории по форме. Если индикатор зеленого цвета, то клубень картофеля по форме соответствует стандарту, если красного цвета – то не соответствует стандарту. В результате проведенных исследований получены следующие результаты. Из 60 клубней картофеля 14 имеют нестандартную форму (23,3%). При органолептическом отборе получили следующие усредненные результаты: Среднее время, затрачиваемое на разделение 60 клубней картофеля, составило 196 секунд или 3,26 секунд на клубень картофеля. Производительность сортировки составляет 1100 клубней картофеля в час. Относительная точность отбора клубней картофеля по форме органолептическим методом составила 35%.

При разделении клубней картофеля на категории по форме на автоматизированной установке исследовали два варианта отбора. Первый вариант с задержкой между отбором две секунды. Второй вариант с задержкой три секунды. В первом варианте время сортировки составляет 120 секунды, количество ошибок оператора составило 9. Ошибки были допущены в результате механически неправильного перемещения клубня картофеля. По инерции клубень правильной формы перекалывается в тару с нестандартными клубнями или наоборот. Точность разделения клубня на категории по форме составила 15%. Во втором варианте время сортировки для 60 клубней составило 180 секунд. Точность разделения клубней на категории по форме составила 5,0%.

Заключение

В результате проведенных исследований получены следующие результаты.

1. Анализ результатов хронометража показывают, что продолжительность измерения размеров одного клубня картофеля ручным методом составляет 13,6 секунды. На автоматизированной установке на измерение затрачивается три секунды. Производительность ручного измерения параметров клубней картофеля составляет в среднем 265 клубней картофеля в час, а на автоматизированной установке 1200 клубней картофеля в час. Автоматизированная установка обеспечивает повышение производительности труда, затрачиваемая на измерения размеров клубней картофеля в 4,5 раза и дополнительное получение количественной информации

о размерах (длина и ширина) и форме (коэффициент формы) клубней картофеля, недоступную для ручного измерения.

2. Время необходимое для определения параметров одного клубня картофеля на автоматизированной установке составляет 960 миллисекунды. Технологические возможности автоматизированной установки позволяет довести производительность процесса определения параметров до 3600 клубней картофеля в час.

3. Точность экспертного (органолептического) разделения клубней картофеля на категории составляет 35%, а точность разделения клубней картофеля на категории зависит от времени необходимое для правильной реакции оператора на сигнал индикатора виртуального прибора и составляет, при производительности 1800 клубней картофеля в час 15%, а при производительности 1200 в час – 5,0%.

Литература:

1. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 53136-2008 от 01 января 2010 г.
2. Alikhanov Dz., Shynybay Zh., Daskalov P., Tsonev R. Express method and device for definition of potato tubers parameters // Bulgarian journal of agricultural science. – 2013. – vol. 19, №4. – P. 866-874.
3. Алиханов Д.М., Шыныбай Ж.С., Молдажанов А.К., Султамуратова Л. Устройство для автоматизированного измерения размеров клубней картофеля. Труды 9-й международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Ч. 5. Москва, ГНУ ВИЭСХ, 2014. С. 76-82.