

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ
МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION**

**МРНТИ 68.39.37
УДК 631.171(075.8)**

DOI

А.К. Молдажанов¹, Д.М. Алиханов¹, А.Т. Кулмахамбетова^{1},
Д.А. Зинченко¹, А.А. Азизов¹*

*¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет
(г. Алматы, Казахстан), aktmaral.t.k@ya.ru**

**МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
ЯЙЦА НА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ УСТАНОВКЕ**

Аннотация

Статья посвящена комплексному исследованию метода определения параметров и показателей качества яиц по новому алгоритму и компьютерной программе с использованием неразрушающих оптико-электронных методов, приведены новые методы определения индекса формы (If) яйца, коэффициент формы (K1) и объема яйца оптическим методом, определяемой по одной плоскости, а также плотности яйца, вычисляемой косвенным способом. Для исследования адекватности алгоритма и программы получения и обработки изображения яйца и вычисления информативных признаков оценки показателей качества разработана и изготовлена экспериментальная оптико-электронная установка (ОЭУ), основными компонентами которой являются оптическая камера и тензометрический датчик. Проведены результаты экспериментальной проверки работы макетного образца оптико-электронной установки, по результатам которой проведен статистический анализ целесообразности применения оптико-электронного метода в сравнении с традиционным методом определения параметров и показателей качества яиц. Результаты статистической обработки показали, что значения больших и малых диаметров при ручном измерении и измерении на ОЭУ незначительно отличаются, причем для мелких яиц значения диаметров, измеренные на ОЭУ меньше значений измеренных штангенциркулем вручную, а для крупных яиц наоборот, значения плотностей яиц при ручном взвешивании на весах и измеренные на ОЭУ автоматизированным методом практически совпадают, относительная ошибка не превышает 0,33 %.

Ключевые слова: алгоритм, программа, яйцо, эксперимент, показатели, качество, статистика, автоматизация, установка.

Введение. Куриное яйцо является важнейшим продуктом питания человека и входит в разряд стратегических продуктов. О качестве яиц судят по ряду признаков и показателей, таких, как: свежесть, товарный вид, масса, форма, чистота и целостность скорлупы, плотность. По данным Комитета по статистике РК, предприятия республики производят около 5 млрд. штук куриных яиц ежегодно. Научная основа казахстанской отрасли птицеводства держится на зарубежных технологиях и разработках. Кроссы (породы птиц), оборудование, технологии содержания и схемы кормления разработаны и апробированы зарубежными специалистами. Инкубационные яйца и суточные цыплята в основном импортируются. Чтобы наладить собственное производство продукции птицеводства необходимо подготовить свои кадры и внедрить высокотехнологичное оборудование в

сотрудничестве с отечественной наукой [1]. Одним из сложных процессов производства яиц является определение показателей качества и сортировка яиц на категории в соответствии с требованиями стандартов. Для оценки качества яиц на птицефабриках используется труд лаборантов, которые с помощью ручных измерительных инструментов и органолептическим методом оценивают показатели качества яиц. При сортировке яиц по массе используются различные сортировочные машины. Инкубационные яйца сортируют вручную перед их закладкой на инкубацию. В связи с этим требуется усовершенствование методов оценки показателей качества яиц и повышение производительности процесса разделения яиц на категории в соответствии с требованиями стандартов. Одним из актуальных направлений в области птицеводства является создание устройств и методов для сортировки яиц с возможностью отбора яиц не только по весу, но и по другим параметрам, таким как малый и большой диаметр яйца, площадь и периметр продольного сечения и определения дефектов скорлупы. Повышение производительности и точности процесса определения показателей качества яйца возможно путем внедрения цифровых неразрушающих методов определения показателей качества яиц и автоматизированных установок сортировки их на категории, с использованием передовых достижений в области информационных технологий. [2;3]

Методы и материалы. В результате проведенных исследований в НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет» по теме «Разработка экспресс метода и устройства определения показателей качества инкубационных яиц с использованием IT технологий» по бюджетной программе 055 МОН РК, подпрограмме 100 за 2011-2014 годы (№ гос. регистрации 0111РК00485) установлено, что информативными признаками для определения размеров и формы яиц являются: большой и малый диаметры, площадь продольного сечения и коэффициент формы, равный отношению квадрата периметра к площади продольного сечения изображения яйца. Разработано и испытано автоматизированное устройство для определения размеров и формы яиц в стационарном режиме работы. Автоматизированное устройство состоит из камеры, компьютера и рабочей поверхности для размещения исследуемого объекта. Программа получения и обработки изображения разработана в среде «LabVIEW» [4;5]. По результатам исследований по проекту МОН РК «Разработка машины для автоматической сортировки яиц на базе системы технического зрения» разработан алгоритм и программа получения и обработки изображения яиц, и разделение их на категории в потоке [6;7]. По результатам исследования размерно-массовых характеристик яиц установлены корреляционные зависимости между геометрическими размерами и массой [8]. Установлено, что для оценки формы яйца информативными признаками являются индекс и коэффициент формы [9]. Разработан метод определения объема яйца косвенным способом через площадь продольного сечения и малый диаметр яйца. Данный метод обеспечивает повышение производительности определения объема в 30 раз, по сравнению с прямым методом. [10;11] Обоснован метод определения плотности яйца путем измерения значения массы и определение значения объема. Данный метод позволяет повысить производительность процедуры определения плотности в 30 раз с достаточной точностью [12].

Для разработки многофункциональной машины неразрушающего контроля показателей качества и автоматической сортировки яиц на категории с использованием алгоритмов и программ интеллектуальных робототехнических систем проводятся исследования по гранту МОН РК на 2020-2022 годы по программе 217 «Развитие науки» подпрограмма 102 «Грантовое финансирование научных исследований» ИРН АР08052348 «Разработка многофункциональной машины для неразрушающего контроля показателей качества и автоматической сортировки яиц на категории с элементами интеллекта». Сформирован собственный подход к определению показателей качества инкубационных и товарных яиц с использованием инновационных методов идентификации на основе интеллектуальных

алгоритмов. Разработаны алгоритм и компьютерная программа для определения показателей качеств и сортирования яиц на категории по массе и форме и плотности яйца. Предложенный алгоритм реализован в программной среде Python 3, который позволяет по изображению яйца производить вычисление его геометрических параметров, а также путем преобразования аналогового сигнала от тензометрического датчика получить значение массы яйца в цифре [13]. По полученным значениям параметров производится вычисление значений показателей качества яйца: индекса формы (I_f), коэффициента формы (K_1), объема (V), а также косвенное значение плотности яйца (ρ).

Форму определяют через значение индекса формы (I_f) вычисляемый как отношение малого диаметра яйца к большому, выраженный в процентах и через коэффициент формы (K_1), равный отношению периметра в квадрате к площади поперечного сечения изображения яйца.

$$K_1 = \frac{d}{D} * 100\% , \quad (1)$$

где d - малый диаметр яйца в мм.; D - большой диаметр (длина) яйца в мм.

$$K_2 = \frac{L^2}{S} \quad (2)$$

где L - периметр продольного сечения яйца в мм.; S - площадь продольного сечения яйца в мм².

Для определения объема косвенным способом использовалась формула, предложенная по результатам ранее проведенных исследований и опубликованный в статье [10]:

$$V = 0.641 \cdot S \cdot d, \text{ см}^3 \quad (3)$$

где, V – объем яйца; S -площадь продольного сечения яйца; d – малый диаметр яйца.

Плотности вычисляется по формуле [12]:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{0.641 * S * d} , \text{ г/см}^3 \quad (4)$$

где, m – масса, измеренная прямым методом на ОЭУ; S – площадь продольного сечения яйца; d – малый диаметр яйца.

Методика измерения параметров яйца и определения показателей качества (масса, форма и плотность) реализована с помощью алгоритма и программы на базе системы машинного зрения и программы обработки информации, которая разработана для одноплатного компьютера на языке программирования Python.

Для исследования адекватности алгоритма и программы получения и обработки изображения яйца и вычисления информативных признаков оценки показателей качества разработана и изготовлена экспериментальная оптико-электронная установка. Автоматизированная оптико-электронная установка состоит из основания - 1, одноплатного компьютера с охлаждением – 2, тензометрического датчика – 3, аналогово-цифрового преобразователя – 4, каретки для яйца – 5, цифрового устройства захвата изображения (камера) на штативе - 6, монитора – 7 и клавиатуры – 8. Тензометрический датчик и камера

подключается к одноплатному компьютеру с клавиатурой и мышью управления. На мониторе можно наблюдать за процессом работы программного обеспечения. Внешний вид оптоэлектронной установки показан на рисунке 1.

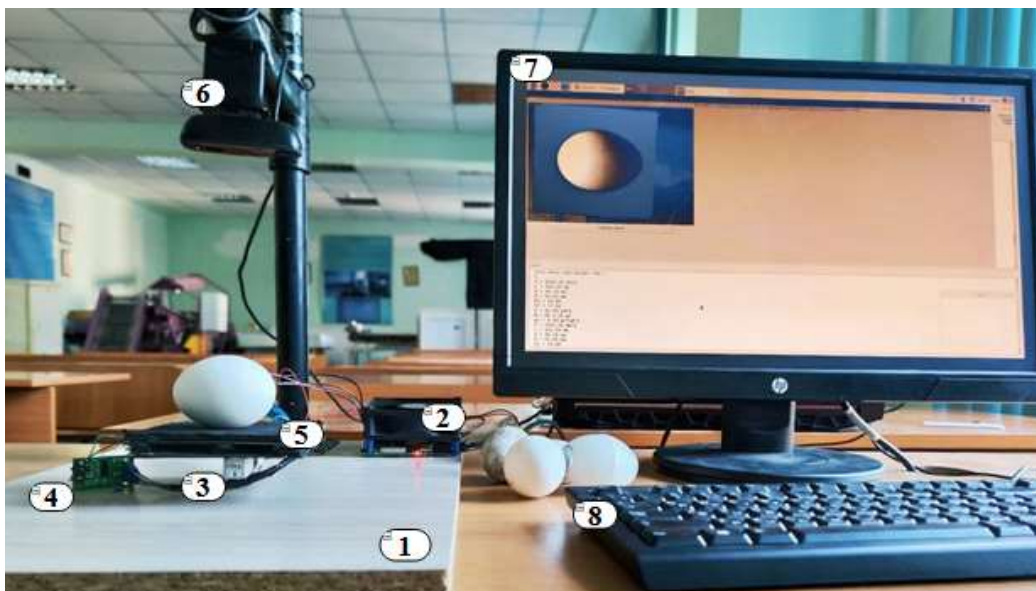


Рисунок 1 - Внешний вид оптоэлектронной установки

1– Основание ОЭУ; 2– Одноплатный компьютер с охлаждением; 3– Тензометрический датчик;
4– Аналогово-цифровой преобразователь; 5– каретка для яйца; 6– Цифровое устройство захвата на штативе;
7– Монитор; 8– Клавиатура;

Для экспериментальной проверки алгоритма и программы определения показателей качества яйца взяты несортированные яйца с птицефабрики «Ак-Кус», Алматинской области, яичной породы кур «Ломан-белый» в количестве 760 штук. Коробка с яйцами показана на рисунке 2.



Рисунок 2 – Коробка с яйцами фирмы «Ак-Кус».

Для исследований было оборудовано 2 рабочих места в лаборатории НАО КазНАИУ:

Первое рабочее место предназначено для ручного измерения параметров яиц. Оборудование: весы, мерные колбы, штангенциркуль, готовые распечатанные таблицы для внесения результатов вручную, ручка (карандаш) для маркировки яиц, рисунок 3.



1 – Овоскоп (Проектор); 2 – Штангенциркуль; 3– Электронные весы; 4 – Мерные стаканы.

Рисунок 3 – Оборудование для ручного измерения

Второе рабочее место для автоматизированного определения параметров яйца на оптико-электронной установке, показанной на рисунке 1.

На экран монитора выводится численные значения: малого (d) и большого (D) диаметров яйца в миллиметрах, коэффициента (k_1) и индекс формы (If), объема в кубических сантиметрах (V), массы (M) яйца в граммах и значение плотности (ρ) в гр./ куб.см. Фрагмент информации на экране монитора показан на рисунке 4.

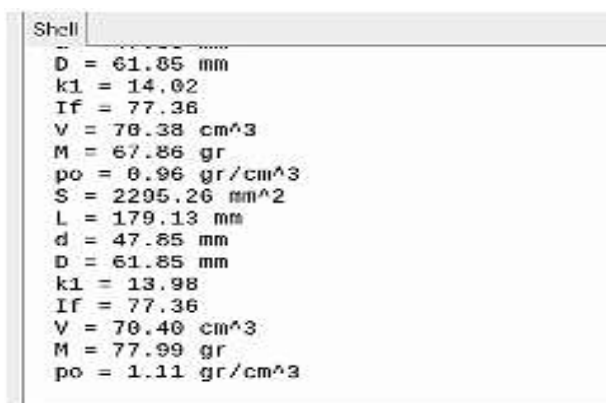


Рисунок 4 – Фрагмент информации на экране монитора

Результаты и обсуждение. На первом этапе ручным способом определялась масса каждого яйца, большой и малый диаметры, целостность скорлупы (наличия и размер трещины) и объем яйца традиционным методом - объемом вытесненной воды. Точность взвешивания массы 0,1 гр. Точность измерения диаметров 0,1 мм. Ручным методом установлена масса каждого яйца, после чего яйца разделены в ручную на следующие категории по техническим условиям птицефабрики: С2- 120 яиц, Прима – 106 яиц, Стандарт – 102 яйца, Рекорд – 158 яиц, Отборное – 138 яиц, Элит – 84 яйца, Супер элит – 32 яйца и Особое – 20 яиц и яйца с поврежденной скорлупой (9 шт.)

Для яиц всех категорий на автоматизированной ОЭУ определяются масса, размеры, плотность, индекс и коэффициент формы. Полученные результаты экспериментальных исследований сведены в таблицы. Для наглядности построены графики распределения показателей качества яиц.

График распределения масс при ручном измерении и измерении на ОЭУ приведен на рисунке 5.

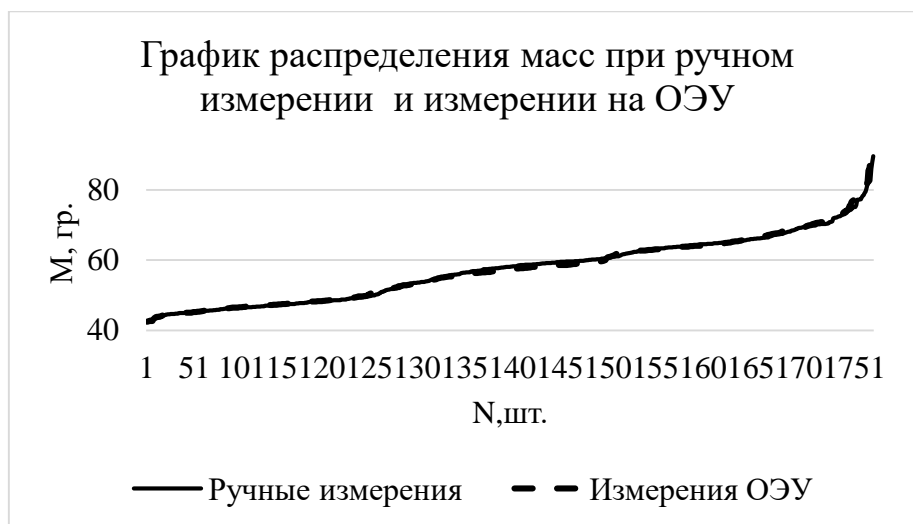


Рисунок 5 - График распределения масс при ручном измерении и измерении на ОЭУ.

Сравнительный анализ данных, приведенных на диаграмме (рисунок 5) показывает, что результаты определения массы яйца на весах ручным методом и автоматизированным методом практически совпадают. Среднее значения абсолютной погрешности составляет 0,19 гр. Максимальное значение абсолютной погрешности не более 2,4 гр.

График распределения значений больших и малых диаметров при ручном измерении и измерении на ОЭУ приведен на рисунке 6.

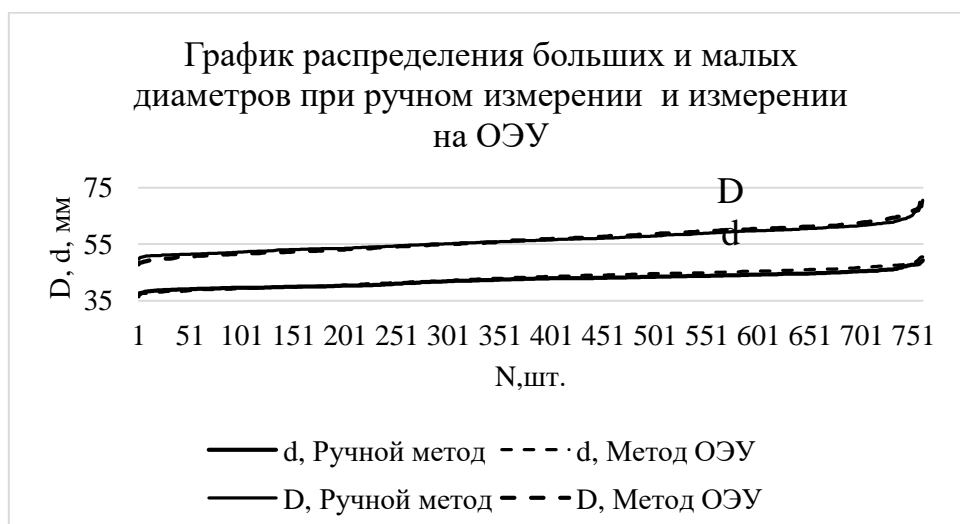


Рисунок 6 - График распределения значений больших и малых диаметров при ручном измерении и измерении на ОЭУ.

Сравнительный анализ данных, приведенных на рисунке 6 показывает, что результаты определения больших и малых диаметров при ручном измерении и измерении на ОЭУ незначительно отличаются. Причем для мелких яиц значения диаметров, измеренные на ОЭУ меньше значений измеренных штангенциркулем вручную, а для крупных яиц наоборот, значения диаметров, измеренные на ОЭУ больше значений измеренных штангенциркулем. Для мелких яиц массой меньше 45 граммов, отклонение для малых и больших диаметров достигают до трех миллиметров, что требует выяснение. Относительная погрешность определения малых диаметров составляет не более 5,7 процентов, а для больших диаметров – не более 5 процентов. Для крупных яиц, массой более 80 граммов отклонение для малых и больших диаметров достигают 3,2 мм. Относительная погрешность для малых диаметров около 6,2 процентов, для больших диаметров – 4,5 процента. Для яиц массой от 50 до 70 граммов погрешность определения малых диаметров не превышает 1,5 мм. (3.3 процента), для больших диаметров – 2 мм. (3,0 процента)

График распределения значений площади и периметра продольного сечения яйца при измерении на ОЭУ приведен на рисунке 7.

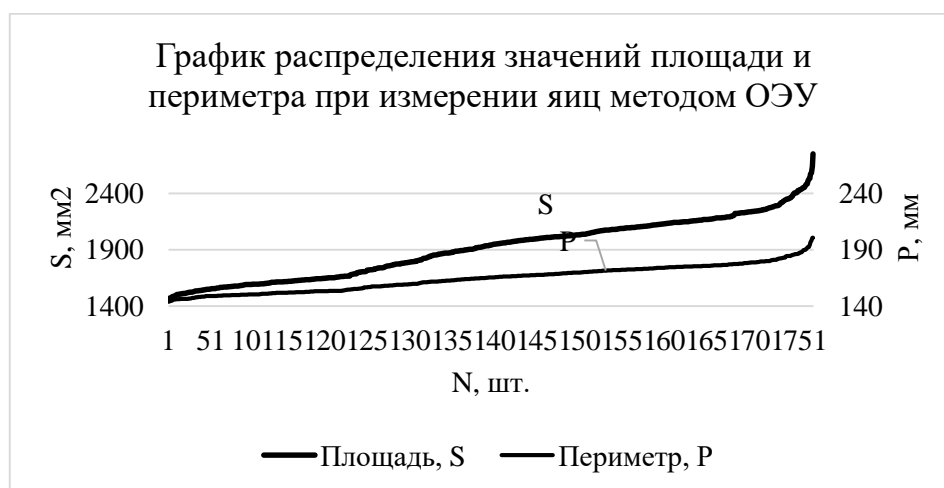


Рисунок 7 - Графики распределения значений площади и периметра продольного сечения яйца при измерении на ОЭУ.

Значения площади и периметра продольного сечения яйца определены только на ОЭУ, так как измерить эти параметры ручным инструментом невозможно.

График распределения значений объема при измерении на ОЭУ приведен на рисунке 8.

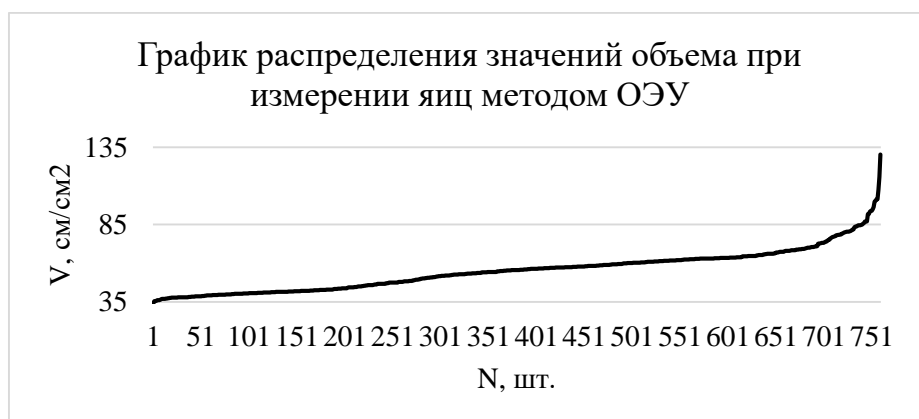


Рисунок 8 - График распределения значений объема при измерении на ОЭУ.

Значения объема яиц вычислены по формуле (3) автоматически по разработанной программе. Сравнение графиков распределения значений объема яиц, площади и периметра продольного сечения по форме повторяют график распределения массы яиц, что свидетельствует о тесной корреляционной связи между этими параметрами.

График распределения значений плотностей при ручном измерении массы и измерении на ОЭУ приведен на рисунке 9.

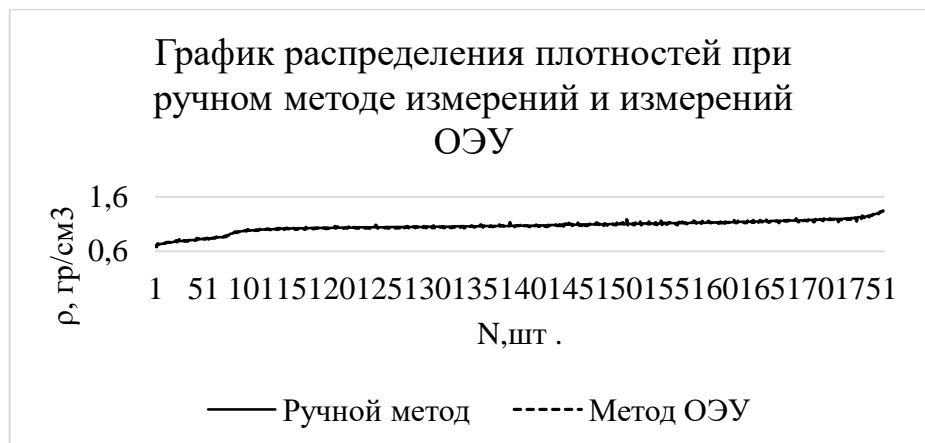


Рисунок 9 - График распределения значений плотностей при ручном измерении массы и измерении на ОЭУ.

Сравнительный анализ данных, приведенных на диаграмме (рисунок 9) показывает, что результаты определения плотностей яиц при ручном взвешивании на весах и измерение на ОЭУ автоматизированным методом практически совпадают. Следует обратить внимание на низкие значения плотности мелких яиц и высокие значения плотности крупных яиц. Плотность яиц незначительно повышается с повышением массы яиц.

График распределения значений индекса формы при ручном измерении и измерении на ОЭУ и значений коэффициента формы при измерении на ОЭУ приведен на рисунке 10.

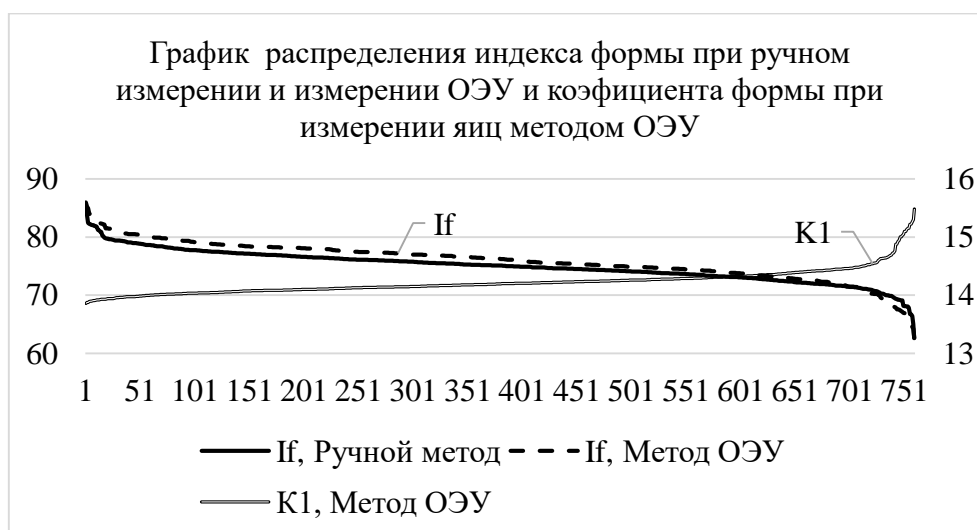


Рисунок 10 - График распределения значений индекса формы при ручном измерении и измерении на ОЭУ и значений коэффициента формы при измерении на ОЭУ.

Сравнительный анализ данных, приведенных на диаграммах (рисунок 10), показывает, что результаты определения индекса формы яиц при ручном измерении диаметров и определенный на ОЭУ автоматизированным методом незначительно отличаются. Значения индекса формы и коэффициента формы яиц незначительно повышается с повышением массы яиц, причем коэффициент формы для основной массы яиц имеет более стабильные значение.

Обобщённые данные статистической обработки результатов экспериментальных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

Обобщённые данные статистической обработки результатов экспериментальных исследований

Наименования	Средние значения									
	N	M	D	d	S	P	V	ρ	If	K1
ед. изм.	шт.	гр.	мм	мм	мм ²	мм	см ³	г/см ³	%	-
МО, Ручной метод	760	57,54	56,52	42,35	-	-	-	1,062	75,02	-
МО, ОУЭ метод	760	57,34	56,62	42,94	1912,72	164,56	55,28	1,058	75,96	14,22
МО, Δ погр.	760	0,20	0,10	0,59	-	-	-	0,004	0,94	-
МО, δ погр. %	760	0,33	0,18	1,40	-	-	-	0,282	1,25	-
СИ интервал Руч.	760	0,021	0,0083	0,0052	-	-	-	0,0002	0,006	-
СИ интервал ОЭУ	760	0,0208	0,0098	0,0065	0,5912	0,026	0,0301	0,0002	0,0073	0,0005

МО -математическое ожидание; Δ погр. – абсолютная погрешность между значениями параметров измеренными ручным методом и методом ОЭУ; δ погр. – относительная погрешность. %; СИ интервал – доверительный интервал МО.

Результаты статистической обработки результатов экспериментальных исследований показывают, что средние значения параметров яиц измеренные ручными инструментами по существующей методики и средние значения параметров яиц измеренные на автоматизированной ОЭУ по разработанной компьютерной программе отличаются незначительно, относительная погрешность не превышает два процента.

Значения коэффициентов корреляции между параметрами яиц при измерении на ОЭУ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между характеристиками яиц при измерении на ОУЭ

	M, гр	D, мм	d, мм	S, мм ²	P, мм	V, см ³	ρ , гр/см ³	K1	If, %
M, гр	1,000	0,941	0,970	0,979	0,928	0,874	-0,463	0,155	-0,418
D, мм	0,941	1,000	0,820	0,960	0,977	0,892	-0,579	0,316	-0,481
d, мм	0,970	0,820	1,000	0,944	0,916	0,783	-0,466	-0,154	0,105
S, мм ²	0,979	0,960	0,944	1,000	0,995	0,879	-0,540	0,103	-0,222
P, мм	0,928	0,977	0,916	0,995	1,000	0,884	-0,545	0,197	-0,294
V, см ³	0,874	0,892	0,783	0,879	0,884	1,000	-0,811	0,192	-0,337
ρ , гр/см ³	-0,463	-0,579	-0,466	-0,540	-0,545	-0,811	1,000	-0,095	0,286
K1	0,155	0,316	-0,154	0,103	0,197	0,192	-0,095	1,000	-0,769
If, %	-0,418	-0,481	0,105	-0,222	-0,294	-0,337	0,286	-0,769	1,000

Данные, приведенные в таблице 2 подтверждают ранее полученные результаты, что между массой и геометрическими параметрами яиц существуют тесные корреляционные зависимости.

Выводы.

1. Проведенные на большом количестве яиц (760 шт.) с белой скорлупой экспериментальные исследования массы и геометрических параметров двумя методами показали, что результаты полученные традиционным методом с использованием ручных измерительных инструментов в основном совпадают с результатами полученными при определении этих параметров по новому алгоритму на автоматизированной оптико - электронной установке по разработанной компьютерной программе.

2. Предлагаемый оптико-электронный метод позволяет определить не только показатели качества яиц, указанные в стандарте, а также другие параметры, такие как малый и большой диаметр яйца, площадь и периметр продольного сечения, объем, плотность, коэффициент формы, что дает более объективную оценку качеству яйца.

3. Сравнительный анализ данных полученных традиционным методом с данными полученными автоматизированным методом показали: результаты определения массы яйца на весах ручным методом и автоматизированным методом практически совпадают; значения больших и малых диаметров при ручном измерении и измерении на ОЭУ незначительно отличаются, причем для мелких яиц значения диаметров, измеренные на ОЭУ меньше значений измеренных штангенциркулем вручную, а для крупных яиц наоборот; значения индекса формы яиц при ручном измерении диаметров и определенный на ОЭУ автоматизированным методом также незначительно отличаются; значения плотностей яиц при ручном взвешивании на весах и измеренные на ОЭУ автоматизированным методом практически совпадают.

4. Сравнение графиков распределения значений объема яиц, площади и периметра продольного сечения по форме повторяют график распределения массы яиц, что свидетельствует о тесной корреляционной связи между этими параметрами. Значения индекса формы и коэффициента формы яиц незначительно повышается с повышением массы яиц, причем коэффициент формы для основной массы яиц имеет более стабильные значение.

5. Требуется проведения дополнительных исследований для установления и устранения причин значительных отклонений значений малых и больших диаметров, а также индекса формы для мелких и крупных яиц.

Благодарности.

Статья написана в рамках грантового финансирования МОН РК на 2020-2022 годы по программе 217 «Развитие науки» подпрограмма 102 «Грантовое финансирование научных исследований» ИРН АР08052348 «Разработка многофункциональной машины для неразрушающего контроля показателей качества и автоматической сортировки яиц на категории с элементами интеллекта».

Список литературы

1. Шестакова Т. Яичный передел - (<https://inbusiness.kz/ru/news/yaichnyj-peredel>).
2. Jakhfer Alikhanov, Aidar Moldazhanov, Akmaral Kulmakhambetova, Zhandos Shynybay, Stanislav M. Penchev, Tsvetelina D. Georgieva, Plamen I. Daskalov Express Methods and Procedures for Determination of the Main Egg Quality Indicators. // TEM Journal -2021 Pages 171–176
3. Innocent Nyalala, Cedric Okinda, Chen Kunjie, Tchalla Korohou, Luke Nyalala, Qi Chao. Weight and volume estimation of poultry and products based on computer vision systems: a review, Poultry Science, Volume 100, Issue 5, 2021

4. Алиханов Д.М., Шыныбай Ж.С., Молдажанов А.К. Алгоритм определение геометрических параметров объектов // Научный журнал «Исследования, результаты», 2012. №3 (055).– С.107-112.
5. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №12984 от 03.11.2020г. Программа для ЭВМ «ОЭУ-Яйцо Python» Оптико-электронная установка – Яйцо Python.
6. Alikhanov J., Penchev S.M., Georgieva T.D., Moldazhanov A.K., Kulmakhambetova A.T., Shynybay Zh., Stefanov E., Daskalov P.I. Design and performance of an automatic egg sorting system based on computer vision. // TEM Journal -2019 Pages 1319-1325.
7. Молдажанов А.К., Алиханов Д.М., Алпеисов Ш.А., Яцевич А.А. Патент на полезную модель №1138 от 15.08.2014 г. Машина для сортировки яиц по размерам и форме.
8. Alikhanov, J., Penchev, S.M., Georgieva, T.D., Shynybay, Z., Daskalov, P.I. An indirect approach for egg weight sorting using image processing Journal of Food Measurement and Characterization, 2018, 12(1), стр. 87–93.
9. Moldazhanov A.K., Shynybay Zh., Alikhanov D., Daskalov P. Methods and results of experimental research automated installation for definition of geometrical parameters potato tubers on the basis of vision system. International Scientific, Scientific applied and informational journal. Year LXI, Issue 9/2015, Bulgaria. ISSN 0861-9638.P.7-10.
10. Серия аграрных наук №3(2/2). Алиханов Д.М., Молдажанов А.К., Кулмахабетов А.Т. Обоснование и выбор метода определения объема яиц расчетным способом. Известия НАН РК, №3(39). 2017. – С. 126-131.
11. Okinda, Cedric & Sun, Yuwen & Nyalala, Innocent & Korohou, Tchalla & Opiyo, Samuel & Wang, Jintao & Shen, Mingxia. (2020). Egg volume estimation based on image processing and computer vision. Journal of Food Engineering. 283. 110041. 10.1016/j.jfoodeng.2020.110041
12. Moldahaznov A.K., Alikhanov J, The substantiation of the method for determination of the egg density by indirect method. Научный журнал «Исследования, результаты». №1. 2018 г. – с. 292-300.
13. Молдажанов А.К. Алиханов Д.М. Кулмахамбетова А.Т. Азизов А.А. Обоснование технологической схемы многофункциональной машины для неразрушающего контроля показателей качества и автоматической сортировки яиц на категории. «Исследования, результаты». №3, Алматы, 2020. -с.376-381

References

1. Shestakova T. Yaichnyy peredel - (<https://inbusiness.kz/ru/news/yaichnyj-peredel>).
2. Jakhfer Alikhanov, Aidar Moldazhanov, Akmaral Kulmakhambetova, Zhandos Shynybay, Stanislav M. Penchev, Tsvetelina D. Georgieva, Plamen I. Daskalov Express Methods and Procedures for Determination of the Main Egg Quality Indicators. // TEM Journal -2021 Pages 171–176
3. Innocent Nyalala, Cedric Okinda, Chen Kunjie, Tchalla Korohou, Luke Nyalala, Qi Chao. Weight and volume estimation of poultry and products based on computer vision systems: a review, Poultry Science, Volume 100, Issue 5, 2021
4. Alikhanov D.M., Shynybay Zh.S., Moldazhanov A.K. Algoritm opredeleniye geometricheskikh parametrov obyektov // Nauchnyy zhurnal «Issledovaniya, rezultaty», 2012. №3 (055). – S.107-112.
5. Svidetelstvo o vnesenii svedeniy v gosudarstvennyy reyestr prav na obyektu, okhrayayemye avtorskim pravom №12984 ot 03.11.2020g. Programma dlya EVM «OEU-Yaytso Python» Optiko-elektronnaya ustanovka – Yaytso Python.

Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. №3 (91) ISSN 2304-3334

6. Alikhanov, J., Penchev, S.M., Georgieva, T.D., Moldazhanov A.K., Kulmakhambetova A.T., Shynybay Zh., Stefanov, E., Daskalov, P.I. Design and performance of an automatic egg sorting system based on computer vision. // TEM Journal -2019 Pages 1319-1325.

7. Moldazhanov A.K., Alikhanov D.M., Alpeisov Sh.A., Yatsevich A.A. Patent na poleznuyu model' № 1138 ot 15.08.2014g. Mashina dlya sortirovki yaits po razmeram i forme.

8. Alikhanov, J., Penchev, S.M., Georgieva, T.D., Shynybay, Z., Daskalov, P.I. An indirect approach for egg weight sorting using image processing Journal of Food Measurement and Characterization, 2018, 12(1), стр. 87–93.

9. Moldazhanov A.K., Shynybay Zh., Alikhanov D., Daskalov P. Methods and results of experimental research automated installation for definition of geometrical parameters potato tubers on the basis of vision system. International Scientific, Scientific applied and informational journal. Year LXI, Issue 9/2015, Bulgaria. ISSN 0861-9638.P.7-10.

10. Seriya agrarnykh nauk №3(2/2). Alikhanov D.M., Moldazhanov A.K., Kulmakhabetov A.T. Obosnovaniye i vybor metoda opredeleniya ob'yema yaits raschetnym sposobom. Izvestiya NAN RK, №3 (39). 2017. – S. 126-131.

11. Okinda, Cedric & Sun, Yuwen & Nyalala, Innocent & Korohou, Tchalla & Opiyo, Samuel & Wang, Jintao & Shen, Mingxia. (2020). Egg volume estimation based on image processing and computer vision. Journal of Food Engineering. 283. 110041. 10.1016/j.jfoodeng.2020.110041.

12. Moldahaznov A.K., Alikhanov J. The substantiation of the method for determination of the egg density by indirect method. Научный журнал «Исследования, результаты». №1, 2018 г. – с. 292-300.

13. Moldazhanov A.K., Alikhanov D.M., Kulmakhambetova A.T., Azizov A.A. Obosnovaniye tekhnologicheskoy skhemy mnogofunktsionalnoy mashiny dlya nerazrushayushchego kontrolya pokazateley kachestva i avtomaticheskoy sortirovki yaits na kategorii. «Issledovaniya, rezultaty». №3, Almaty, 2020. -s. 376-381.

**А.К. Молдажанов¹, Д.М. Алиханов¹, А.Т. Кулмахамбетова^{1*},
Д.А. Зинченко¹, А.А. Азизов¹**

*¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,
(Алматы, Қазақстан), akmaral.t.k@ya.ru**

АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ОПТИКАЛЫҚ – ЭЛЕКТРОНДЫ ҚОНДЫРҒЫДА ЖҰМЫРТҚА САПАСЫНЫҢ КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАУ АЛГОРИТМІ МЕН БАҒДАРЛАМАСЫН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ МЕН НӘТИЖЕЛЕРІ

Андатпа.

Мақала бұзбайтын оптикалық-электронды әдістерді қолдана отырып, жаңа алгоритм және компьютерлік бағдарлама бойынша жұмыртқа сапасының параметрлері мен көрсеткіштерін анықтау әдісін кешенді зерттеуге арналған, мақалада бір жазықтықтағы жұмыртқа пішінінің индексін (If), пішін коэффициентін (K1) және жұмыртқа көлемін оптикалық әдіспен, сондай-ақ жанама тәсілмен есептелетін жұмыртқа тығыздығын анықтаудың жаңа әдістері келтірілген. Жұмыртқа кескінін алу және өңдеу алгоритмі мен бағдарламасының барабарлығын зерттеу және сапа көрсеткіштерін бағалаудың ақпараттық белгілерін есептеу үшін эксперименттік оптикалық-электрондық қондырғы (ОЭҚ) әзірленді және жасалды, оның негізгі компоненттері оптикалық камера және тензометриялық датчик болып табылады. Оптикалық-электрондық қондырғының макеттік үлгісінің жұмысын эксперименттік тексеру нәтижелері келтірілген, оның нәтижелері бойынша жұмыртқа сапасының параметрлері мен көрсеткіштерін анықтаудың дәстүрлі әдісімен салыстырғанда оптикалық-электрондық әдісті қолданудың орындылығына статистикалық талдау

жүргізілген. Статистикалық өңдеу нәтижелері ОЭҚ-да өлшеу және қолмен өлшеу кезінде үлкен және кіші диаметрлердің мәндері аздап ерекшеленетінін көрсетті, кішкентай жұмыртқалар үшін ОЭҚ-де өлшенген диаметрлердің мәні штангенциркульмен өлшенген мәндерден аз, ал үлкен жұмыртқалар үшін, керісінше, таразыда қолмен өлшеу кезінде және ОЭҚ-да автоматтандырылған әдіспен өлшенген жұмыртқа тығыздығының мәні іс жүзінде сәйкес келеді, салыстырмалы қате 0,33% - дан аспайды.

Кілттік сөздер: алгоритм, бағдарлама, жұмыртқа, эксперимент, көрсеткіштер, сапа, статистика, автоматтандыру, орнату.

**A. Moldazhanov¹, J. Alikhanov¹, A. Kulmakhambetova^{1*},
D. Zinchenko¹, A. Azizov¹**

¹*Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan, akmaral.t.k@ya.ru*

**METHODOLOGY AND RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE
ALGORITHM AND PROGRAM FOR DETERMINING EGG QUALITY INDICATORS
ON AN AUTOMATED OPTIC ELECTRONIC INSTALLATION**

Abstract.

The article is devoted to a comprehensive study of the method for determining the parameters and indicators of egg quality using a new algorithm and a computer program using non-destructive optoelectronic methods, new methods for determining the shape index (If) of an egg, the shape coefficient (K1) and the volume of an egg by an optical method determined from one plane, as well as the density of an egg calculated indirectly are given. To study the adequacy of the algorithm and program for obtaining and processing egg images and calculating informative signs for evaluating quality indicators, an experimental optoelectronic installation (OUE) was developed and manufactured, the main components of which are an optical camera and a strain gauge sensor. The results of an experimental test of the operation of a mock-up sample of an optoelectronic installation are carried out, according to the results of which a statistical analysis of the feasibility of using the optoelectronic method in comparison with the traditional method of determining the parameters and indicators of egg quality is carried out. The results of statistical processing showed that the values of large and small diameters during manual measurement and measurement on the SEU differ slightly, and for small eggs, the values of diameters measured on the SEU are less than the values measured by a caliper manually, and for large eggs, on the contrary, the values of egg densities during manual weighing on the scales and measured on the SEU by an automated method practically coincide, the relative error does not exceed 0.33 %.

Key words: algorithm, program, egg, experiment, indicators, quality, statistics, automation, installation.