WEB ISSN 2535-003X
PRINT ISSN 2535-0021

METHODS AND RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES MACHINES FOR AUTOMATIC SORTING EGGS ON THE BASIS OF THE TECHNICAL VISION SYSTEM

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАШИНЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВКИ ЯИЦ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

J. Alikhanov[1], Zh. Shynybay[2], A. Moldazhanov[3], A. Kulmakhambetova[4],
P. Daskalov[5]
Kazakh National Agrarian University, Department of Energy Saving and Automation, Almaty, Kazakhstan[1,2,3.4],
Angel Kanchev" University of Ruse, Bulgaria [5]

Abstract: This article shows the method and results of experimental RESEARCHES of machines for egg sorting into categories based on size and form using a vision system. The principal difference of the considered machine for automatic sorting of eggs into categories from existing sorting machines is the division of eggs into categories by size and the separation of substandard eggs in the flow. Experimental verification showed that the machine provides the division of eggs in size into four categories and the separation of eggs of irregular shapes and sizes in the flow. The accuracy of separation of eggs into categories depending on the performance. With a productivity of up to two eggs per second, the accuracy of egg separation averages 94.8%., With a productivity of three eggs per second was 87.4%.
***KEYWORDS**: SYSTEM, ALGORITHM, CONTROL, PROGRAM, MACHINE, CONTROLLER, CAMERA, EGG, SORT, CODESY*

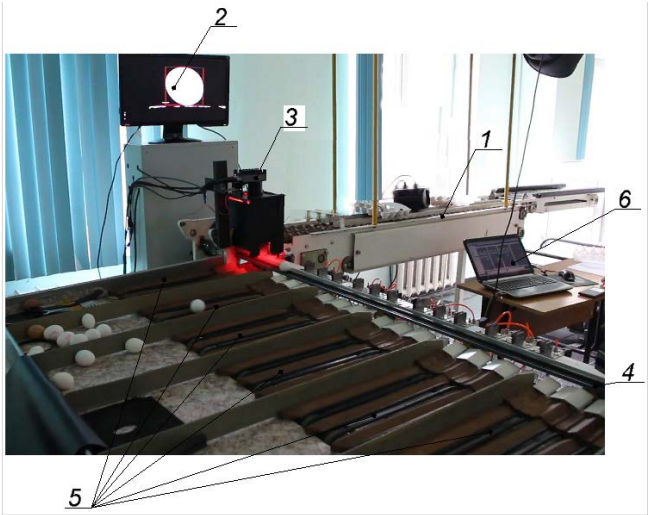
1. Введение

Целью исследований является экспериментальная проверка алгоритма и программы функционирования машины, а также технологические и технические параметры машины для автоматической сортировки яиц на базе системы технического зрения.

Машина для автоматической сортировки яиц с использованием системы технического зрения изготовлена на базе яйце сортировочной машины «РИТМ 8-3» и обеспечивает разделение яиц на четыре категории по размерам и отделение нестандартных по форме и размерам яиц. Принципиальным отличием новой машины для автоматической сортировки яиц от существующих аналогов заключается в разделении яиц на категории по размерам и отделения некондиционных яиц в потоке. Все технологические операции: подача яиц в зону контроля, получение и обработка изображения, классификация, разделения яиц на категории происходят в динамическом режиме, который обеспечивает возможность повышения производительности процесса сортировки не менее чем в два раза в сравнении с существующим методом разделения яиц на категории по массе. По значению площади продольного сечения изображения, яйца разделяются на категории по размерам (массе), а по значению коэффициента формы, который определяется как отношение квадрата периметра к площади продольного сечения изображения яйца, отделяют яйца, имеющие нестандартную форму. В макетном образце машины в качестве механизма перемещения яиц используется бесконечный транспортер с независимым частотно-регулируемым электроприводом, с обратной связью. Обратная связь реализована с помощью энкодера, который через контроллер дает возможность определения месторасположения каждого яйца на транспортере в движении. Энкодер установлен на вал редуктора электропривода. Вместо весовых механизмов установлены смарт камера и пневматические исполнительные клапаны, которые подключены к компрессору, рисунок 1.

Взаимодействие отдельных агрегатов машины осуществляется специально разработанной, оригинальной программой, в автоматическом и наладочном режимах [1].

Замена весовых механизмов на систему технического зрения, потенциально может обеспечить повышение производительности в три раза по сравнению с базовым вариантом. Система технического зрения разработана на базе смарт камеры NI-1772-EF00303A, которая обеспечивает определение геометрических параметров яиц (длина, ширина, площадь, периметр и коэффициент формы)



1- Роликово-ориентирующий транспортер, 2 - монитор с изображением анализируемого яйца, 3- Смарт камера с красной подсветкой, 4- ленточный, бесконечный транспортер, 5- секционный стол, 6- ноутбук.

Рисунок 1 – Общий вид машины для автоматической сортировки яиц с использованием системы технического зрения

Программы для обработки видеоизображения разработаны в среде «LabView» и «NI Vision Builder». Фотографирование яиц происходит в потоке, по команде оптического датчика «наличие яйца под камерой» [2]. Захват изображения производится программными средствами предоставляющие ряд алгоритмов. Используется следующая последовательность действий - поиск замкнутой фигуры методом проведения касательных к границам замкнутой поверхности. Далее полученные фигуры классифицируются по размеру площади изображения объекта. Если объект занимает площадь большую заранее предопределенного значения считается, что этот объект яйцо. Для выделенного объекта (изображения проекции яйца), производим обработку изображения, определяем большой и малый диаметры, площадь, периметр в пикселях и значение коэффициента формы. Полученные данные передаются в контроллер. Для обработки информации о параметрах яиц, определение место расположения каждого яйца на транспортере и формирования команд на разделения яиц по категориям с помощью исполнительных механизмов используется контроллер с оригинальным программным обеспечением. Граничные значения признаков разделения яиц вводится с панели управления оператора.

WEB ISSN 2535-003X
PRINT ISSN 2535-0021

2 Методика проведения исследований

Путем определения массы на электронных весах с точностью 0,1 гр. партия яиц, в соответствии с Европейским стандартом была разделена на четыре категории по массе: XL- яйца с массой выше 73 граммов (73-80), L - яйца с массой от 63 до 72 граммов, M - яйца с массой от 53 до 62 граммов, S- яйца с массой от 43 до 52 граммов. На стационарной автоматизированной установке определены значение коэффициента формы каждого яйца. К категории яиц несоответствующих требованиям стандарта были отнесены яйца с нестандартной формой и яйца с массой меньше 43 граммов и больше 80 граммов. К нестандартным по форме были отнесены яйца с коэффициентом формы меньше 13,0 и больше 15,0 в статическом режиме. Для определения граничных значений признаков разделения яиц на категории по размерам(массе) и отделения яиц нестандартной формы в динамическом режиме на макетном образце машины для автоматической сортировки яиц на базе системы технического зрения экспериментально определялись граничные значения площади сечения яиц каждой категории в пикселях и значения коэффициента формы. Граничные значения для категории яиц XL по размерам находятся в пределах: максимального значения, соответствующего массе 80 граммов и составит 73000 пикселей, минимальное значение соответствующие массе 73 граммов будет 65000 пикселей. Категории L от 60000 до 65000 пикселей, категории M от 52500 до 60000 пикселей и категории S от 45000 до 52500 пикселей. Значения коэффициента формы не зависит от размеров яиц, поэтому граничные значения коэффициента формы для всех категорий установлено в пределах: минимальное значение равное 13,0, а максимальное значение равное 15,0 [3]. Граничные значения признаков разделения яиц вводится в программу с панели управления оператора.

Экспериментальные исследования макетного образца машины для автоматической сортировки яиц на базе системы технического зрения, проводились в два этапа.

На первом этапе проведена экспертная оценка параметров яиц. Для этого яйца, с помощью электронных весов разделены на категории по массе согласно европейскому стандарту. Масса яйца измерялись на электронных весах марки DX-1200 с точностью до 0,1 грамма. На рисунке 2 показан момент определение массы яйца.

Рисунок 2 – Определение массы яиц на электронных весах марки DX-1200

После чего, штангенциркулем измерены диаметры классифицированных по массе яиц и определена форма каждого яйца. Яйца в каждой категории разделены на категории, кондиционные и бракованные по форме. Сортировка яиц проводилась в двух режимах. Первый режим при производительности два яйца в секунду. Скорость перемещение яиц устанавливался путем регулирования частоты на выходе частотного преобразователя. Для первого режима частота на выходе преобразователя устанавливался равным 20 герцам.

Второй режим при производительности три яйца в секунду. Частота на выходе преобразователя устанавливался равным 30 герцам.

В каждом режиме для определения точности сортировки яиц машиной опыт проводился в трехкратной повторности.

В каждом эксперименте, для каждой категории яиц определена доля правильно отсортированных яиц из общего количества яиц данной категории (класса) [4,5].

$$T_{класса} = \frac{N_{пр.класса} + N_{пр.брак}}{N_{я.класса}} \quad (1)$$

Где:

Ткласса– точность класса

Nпр.класса– количество правильно определенных яиц в классе

Nпр.брак – количество правильно определенных яиц в браке

Nя.класса – общее количество яиц в классе

После чего, найдена средняя точность для всех категорий, по каждому эксперименту

$$Ср.T_{класса} = \frac{T_{.класса}}{N_{классов}} \quad (2)$$

Где:

Ср.Ткласса – среднее значение точности класса

Ткласса– точность класса

Nклассов – количество классов, 5 классов

Перед началом эксперимента программа управления и исполнительные механизмы макетного образа машины настраивали, путем корректировки граничных значений разделение яиц на категории по площади и момента срабатывания электропневматических клапанов. На рисунке 3 показан фрагмент процесса наладки машины.

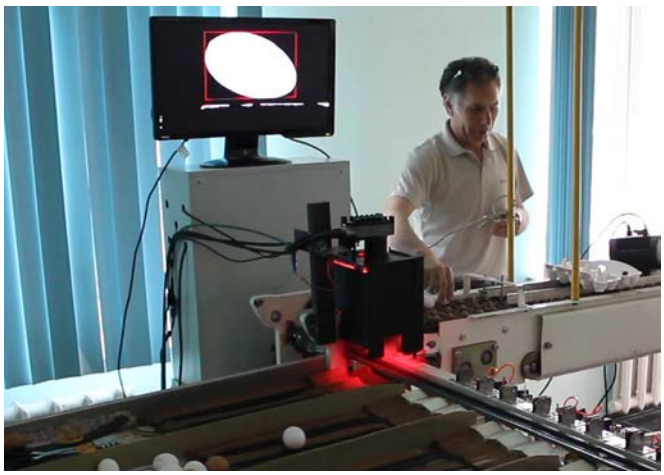


Рисунок 3 – Фрагмент процесса наладки машины.

Экспериментальные исследования проводились в двух режимах подачи яиц на сортировку, в режиме ручной подачи яиц на тросовый транспортер и в реальном режиме. Для каждого режима работы устанавливалось два значения производительности машины для автоматической сортировки, два яйца в секунду и три яйца в секунду. Максимальная производительность в реальном режиме работы ограничивается технологическими параметрами агрегатов яйце сортировочной машины «РИТМ 8-3» [6].

3 *Результаты экспериментальных исследований*

По результатам экспериментальных исследований на первом этапе установлено, что количество яиц категории

WEB ISSN 2535-003X
PRINT ISSN 2535-0021

XL оказалась 8 штук; категории L – 31 штук; категории M – 31 штук; категории S – 26 штук. Яйца массой меньше 43 граммов – 12 штук, а массой больше 80 граммов – 12 штук. Количество яиц нестандартной формы из общего числа составило 16 штук.

Процесс сортировки яиц в автоматическом режиме на макетном образце машины приведен на рисунке 4.

Рисунок 4 – Процесс сортировки яиц в автоматическом режиме

В таблице 1 представлены результаты сортировки яиц в режиме два яйца в секунду.

Таблица 1 – Результаты сортировки яиц в режиме два яйца в секунду

Класс	Экспертная оценка			Машинная сортировка						Битые	Точн. %
	Конд.	Брак	Итог	XL	L	M	S	Брак раз.	Брак форм		
XL	7	1	8	7	0	0	0	0	1	0	100
L	27	4	31	0	24	3	0	0	4	0	90
M	26	5	31	0	1	25	1	0	4	0	93,5
S	20	6	26	0	0	1	19	0	6	0	96,2
Брак раз.	24	0	24	1	0	0	1	22	0	0	91,6
Итого	104	16	120	8	25	29	21	22	15	0	94,2
Результаты сортировки яиц в режиме два яйца в секунду второй опыт											
Xl	7	1	8	7	0	0	0	0	1	0	100
L	27	4	31	0	25	2	0	0	4	0	93,5
M	26	5	31	0	1	26	1	0	3	0	93,5
S	20	6	26	0	0	0	19	0	7	0	96,2
Брк	24	0	24	1	0	0	1	22	0	0	91,6
Итог	104	16	120	8	26	28	21	22	15	0	94,96
Результаты сортировки яиц в режиме два яйца в секунду третий опыт											
XL	7	1	8	7	0	0	0	0	1	0	100
L	27	4	31	1	24	2	0	0	4	0	90,3
M	26	5	31	0	0	27	1	0	3	0	94,7
S	20	6	26	0	0	0	19	0	7	0	96,2
Брк	24	0	24	0	0	0	1	23	0	0	95,8
Итог	104	16	120	8	24	29	21	23	15	0	95,4

В итоге точность сортировки по всем классам в первом эксперименте составила 94,26%, во втором 94,96% и в третьем 95,4%. Тогда среднее значение точность сортировки в трехкратной повторности составляет 94,8% Аналогичные испытания проведены на режиме с производительностью три яйца в секунду.

В таблице 2 представлены результаты сортировки яиц в режиме три яйца в секунду.

Таблица 2 – Результаты сортировки яиц в режиме три яйца в секунду первый опыт

Класс	Экспертная оценка			Машинная сортировка						Битые	Точн. сорт. %
	Конд.	Брак	Итого	XL	L	M	S	Брак раз.	Брак форм		
XL	7	1	8	6	0	0	0	0	0	2	75
L	27	4	31	0	24	2	0	0	5	0	90,3
M	26	5	31	0	0	25	2	0	4	0	94
S	20	6	26	0	0	1	18	0	6	1	92,3
Брак раз	24	0	24	1	0	0	2	21	0	0	87,5
Итог	104	16	120	7	24	28	22	21	15	3	87,8
Результаты сортировки яиц в режиме три яйца в секунду второй опыт											
XL	6	0	6	6	0	0	0	0	0	0	100
L	27	4	31	0	22	3	0	0	5	1	83,6
M	26	5	31	0	1	22	3	0	5	0	87,1
S	19	6	25	0	0	3	16	0	5	0	84
Брк	24	0	24	2	0	0	2	20	0	0	83,3
Итого	102	15	117	8	23	29	21	20	15	1	87,6
Результаты сортировки яиц в режиме три яйца в секунду третий опыт											
XL	6	0	6	6	0	0	0	0	0	0	100

WEB ISSN 2535-003X
PRINT ISSN 2535-0021

L	26	4	30	0	20	3	0	0	5	2	80
M	26	5	31	0	1	23	3	0	4	0	87,1
S	19	6	25	0	0	3	16	0	5	0	84
Брк	24	0	24	2	0	0	2	20	0	0	83,3
Итог	101	15	116	8	21	29	21	20	14	2	86,8

На высоких скоростях яйцо неустойчиво ложится на бесконечный транспортер из-за чего увеличивается количество неправильно отсортированных яиц и яйца получают дополнительные механические повреждение.
Точность сортирования при производительности три яйца в секунду составила 87,4 %, дополнительные механические повреждения составили 5,2%.

4 Заключение

1. Оба электропривода машины устойчиво работают при регулировании частоты напряжения подающей на электродвигатели с выхода преобразователей в пределах от 20 до 50 герц. Регулирование скорости перемещения бесконечного транспортера обеспечивает возможность исследования, режимов работы системы технического зрения и системы разделения яиц на категории в широком диапазоне скорости от 0,065 м/с до 0,33 м/с, что обеспечивает регулирование производительности от одного до пяти яиц в секунду.
2. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили работоспособность алгоритма и программы обработки информации о показателях качества яиц в потоке. Все агрегаты машины работают в соответствии с алгоритмом функционирования в режиме реального времени.
3. Машина для автоматической сортировки яиц на базе системы технического зрения обеспечивает разделение яиц по размерам на четыре категории и отделение яиц нестандартной формы и размеров в потоке. Точность разделения яиц на категории зависит от производительности. При производительности до двух яиц в секунду, точность разделения яиц составляет в среднем 94,8%. Дополнительные механические повреждения яиц в процессе сортировки не превышает одного процента. При повышении производительности до трех яиц в секунду наблюдается сбои в работе механизма перекладывания яиц с транспортера ориентации на бесконечный транспортер и неустойчивое положение яиц на нем, что приводить к снижению точности сортировки и увеличению количества яиц с дополнительными механическими повреждениями. Точность сортирования при производительности три яйца в секунду составила 87,4 %, дополнительные механические повреждения составили 5,2%.
4. Для реализации потенциальных возможностей принципа разделения яиц на категории в потоке на базе системы технического зрение требуется модернизация механизма подачи яиц в зону контроля и усовершенствование транспортера перемещения и разделения яиц на категории в потоке.

5 Литература

1. Operation of the machine system control for automatic sorting eggs into categories) J.Alikhanov, Zh. Shynybay, A.Moldazhanov, Kulmakhambetova A., P. Daskalov. Материалы Международного научного конгресса «Машины для сельского хозяйства», 21-25 июня 2017 г. Варна (Болгария) V International scientific congress Agricultural Machinary Volume 2, стр 222-227
2. Bartlett S.L., Besl P.J., Cole C.L., Jain R., Mukherjee D., Skifstad K.D. Automatic solder joint inspection. – 1988. – P. 31–43.
3. Алиханов Д.М., Альпейсов Ш.А., Мустафин Е.Г., Молдажанов А.К. Обоснование граничных значений параметров отбора яиц на автоматизированном устройстве // Материалы международной научно-практической конференции «Птицеводство Казахстана: проблемы и перспективы развития». – Алматы, 2013. – С. 36-42.
4. Bress, T. Effective LabVIEW Programming: (*new file uploaded 02/19/15). — NTS Press, 2013. — 720 p.
5. W.Niblack, An Introduction to Digital Image Processing. Prentice Hall, Englewood Cliffs, (1986).
6. Патент РК на полезную модель №1138 Алиханов Д.М., Молдажанов А.К., Яцевич А Машина для сортировки яиц по размерам и форме. Сведения опубликованы 15.08.2014, бюл. №8