

**NEWS**

**OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES**

ISSN 2224-526X

Volume 3, Number 39 (2017), 126 – 131

**A. K. Moldazhanov, J. M. Alikhanov, A. T. Kulmakhambetova, Zh. S. Shynybay**

Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: alikhanov.d@list.ru, aidar.m.k@gmail.com, akmaral.t.k@ya.ru, jandos\_76@mail.ru

**RATIONALE AND CHOICE OF DETERMINATION  
OF THE EGGS VOLUME BY THE CALCULATED METHOD**

**Abstract.** In the article the methods of egg volume determination are considered through his geometrical sizes, that can be measured by existent instruments. For justification authenticity of indirect method of egg volume determination carried out experimental studies of the eggs size-mass characteristics by a manual method and using an automated optic-electronic installation. The results of researches showed that from the known methods of calculation of egg volume the most exact meaning of volume is got in calculations on the formula of Hoyt. A middle absolute error in the calculations of volume made 0,512 cm<sup>3</sup>. From the offered new formulas of egg volume calculation, the most exact meaning of volume is got at determination of volume through the area of egg longitudinal section and his small diameter. The mean value of error the calculation of volume on the offered formula makes 0,14 cm<sup>3</sup>.

**Key words:** eggs, volume, dimensions, eggs area, stationary automated installation.

УДК631.171(075.8)

**А. К. Молдажанов, Д. М. Алиханов, А. Т. Кулмахамбетова, Ж. С. Шыныбай**

Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

**ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ОБЪЕМА ЯИЦ РАСЧЕТНЫМ СПОСОБОМ**

**Аннотация.** Рассмотрены методы определения объема яйца через его геометрические размеры, которые можно измерить существующими инструментами. Для обоснования достоверности косвенного метода определения объема яйца проведены экспериментальные исследования размерно-массовых характеристик яиц ручным способом и с использованием автоматизированной оптико-электронной установки. Результаты исследований показали, что из известных методов расчета объема яйца наиболее точные значения объема получены в расчетах по формуле Хойта. Средняя абсолютная ошибка в вычислениях объема составила 0,512 см<sup>3</sup>. Из предложенных новых формул расчета объема яйца, наиболее точное значение объема получено при определении объема через площадь продольного сечения яйца и его малого диаметра. Среднее значение погрешности вычисление объема по предложенной формуле составляет 0,14 см<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** яйцо, объем, размеры, диаметр, площадь, установка.

**Введение.** Морфологические признаки яиц, являются сложными совокупностями и для их адекватной оценки необходимо проводить ряд статистических исследований, направленных на определение связей между различными параметрами яйца. Определение совокупных параметров яиц, влияющих на объем позволит производить наиболее точный отбор яиц, закладываемых на инкубацию, тем самым даст возможность повысить процент вывода здоровых цыплят.

Перед инкубацией производится ряд этапов, направленных на качественный отбор. Однако даже при тщательном отборе яиц перед инкубацией процент вывода цыплят в среднем составляет

80–90% [1]. Такой процент выводимости связан с тем, что среди отобранных по фенотипическим показателям яиц могут присутствовать яйца с разными количественными и качественными характеристиками, оказывающими как положительное, так и отрицательное влияние на развитие эмбриона [2, 3]. В связи с этим изучение отобранных для инкубации яиц по дополнительным показателям, не связанным со вскрытием яйца, является весьма актуальным в профессиональной практической деятельности и может способствовать улучшению результатов инкубации.

**Материалы и методы исследования.** В качестве исследуемого материала взяты яйца куриные кросса «Ломан белый» различной массой, в количестве 80 шт. Яйца отбирались на птицефабрике механизированным способом на сортировочной машине по массе согласно стандарту, на четыре категории (S, M, L, XL), хранившиеся не более 3 дней.

Исследования проводились в два этапа. На первом этапе были проведены измерения размеров малого и большого диаметра яйца, массы яйца и его объема существующими измерительными инструментами. Для измерения массы использовались электронные весы DX-240h с точностью 0,01 г. Измерения диаметров яйца проводились с использованием штангенциркуля с точностью 0,1 мм. Объем яиц определялся с использованием мерной колбы с ценой деления 0,1 кубический сантиметр, заполненной водой, по закону Архимеда.

На втором этапе произведены исследования размерных характеристик яиц, на стационарной автоматизированной оптико-электронной установке [4, 5], которая обеспечивает определение малого и большого диаметров, площадь и периметр продольного сечения яйца бесконтактным методом.

Далее по известным формулам вычислялся объем каждого яйца.

По формуле Дональда Хойта. Согласно его исследований более 20 видов яиц различных отрядов птиц, выведен коэффициент объема, который равняется  $k = 0.509$  [6, 7]:

$$V_x = kDd^2 \quad (1)$$

где  $D$  – большой диаметр;  $d$  – малый диаметр;  $k$  – коэффициент объема.

В 2011 году российский ученый А. А. Никишов после исследования 16500 куриных яиц, вывел более точное значение коэффициента объема равный  $k = 0.512$ , который используется и в данном исследовании [8, 9].

Второй способ расчета объема представлен формулой Симпсона для расчета объемных эллипсоидов [10, 11]:

$$V_{сим} = 0,523 * D * d^2 \quad (2)$$

Третий способ представляет собой расчет объема по известной массе [12, 13]:

$$V_m = 0,913 * m \quad (3)$$

где  $m$  – масса яйца.

И четвертый способ представляет собой формулу, предложенной для расчета геометрических характеристик яйца как эллипсоида (в интерпретации Нарушина В. Г. [14-16]):

$$V_H = (0,6057 - 0,0018^d) * D * d^2 \quad (4)$$

Автоматизированная установка на базе системы технического зрения обеспечивает возможность дополнительного измерения площади и периметра изображения яйца. С использованием значений площади и периметра предлагаем ряд новых формул расчета объема косвенным путем.

Первая формула, через площадь продольного сечения [17, 18],

$$V_s = K_s * S * \sqrt{S}, \text{ мм}^3 \quad (5)$$

где  $K_s$  – поправочный коэффициент площади;  $S$  – площадь продольного сечения яйца.

Второй способ, через периметр и площадь продольного сечения,

$$V_p = K_p * S * P \quad (6)$$

где  $K_p$  – поправочный коэффициент периметра;  $P$  – периметр продольного сечения яйца.

Третий способ, через площадь продольного сечения и малый диаметр,

$$V_{sd} = Ksd * S * d \quad (7)$$

где  $Kp$  – поправочный коэффициент площади и малого диаметра;  $d$  – малый диаметр яйца.

Произведены вычисления значений поправочных коэффициентов с учетом экспериментальных данных исследованных яиц:

$$Ks = \frac{V_{изм}}{S_{изм} \sqrt{S_{изм}}} \quad (8)$$

$$Kp = \frac{V_{изм}}{S * P_{изм}} \quad (9)$$

$$Ksd = \frac{V_{изм}}{S * d} \quad (10)$$

Полученные результаты обработаны методами вариационной статистики, в программе Statistica 12.

**Результаты исследований.** По предложенным новым формулам 8,9,10, рассчитаны средние значения поправочных коэффициентов, которые составили по площади  $Ks = 0,028$ , по периметру  $Kp = 0,177 \cdot 10^{-3}$  и по площади к малому диаметру  $Ksd = 0,641$ . Среднеквадратичное отклонения для поправочного коэффициента по площади составил 0,03, по периметру 0,001 и по площади к малому диаметру 0,02. Доверительный интервал математического ожидания с вероятностью 0,95 составил: для поправочного коэффициента по площади 0,0066, для поправочного коэффициента периметра 0,000031 и для поправочного коэффициента площади к малому диаметру 0,00056.

Далее с учетом полученных средних значений поправочных коэффициентов и представленных ранее известных методов расчета объема вычислены его значения как при измерении традиционными приборами, так и для измерений выполненных на автоматизированной установке.

Объем яйца расчетным способом наиболее точно определяется по формуле с использованием поправочного коэффициента по площади и малому диаметру, так как средняя значение абсолютной ошибки составляет 0,14 см<sup>3</sup>. Из известных формул, наиболее точные значения объема получено при расчете по формуле Хойта (1) с поправочным коэффициентом  $k = 0,512$ . Значение абсолютной ошибки определение объема составил 0.55 см<sup>3</sup>.

Средние значения абсолютной и относительной ошибок для каждого метода приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты средних значений абсолютных и относительных ошибок для различных методов косвенного вычисления объема яйца

Тип ошибки	Объем вычисленный по ручным измерениям				Объем вычисленный автоматизированным измерениям			Объем вычисленный из поправочных коэффициентов			
	Vx	Vсим	Vm	Vн	Vx	Vсим	Vн	Vkm	Vks	Vkps	Vksd
Абсолютная, см <sup>3</sup>	0,55	1,71	0,85	1,4	1,00	2,16	1,9	0,44	0,22	0,20	0,14
Относительная, %	1,0	3,2	1,59	1,95	1,87	4,0	3,55	0,82	0,41	0,38	0,26

Для исследования достоверности модели косвенного определения объема взято выборка объемом 10 тестовых яиц. Результаты определения объема яиц предложенным методом приведены в таблице 2.

Средняя ошибка вычисленного объема составила 0,361 см<sup>3</sup>. Размах колебания значений абсолютной погрешности составил от 0,05 см<sup>3</sup> до 0,70 см<sup>3</sup>.

Для проверки наличие промахов в результатах вычисления объема предложенным методом проведен анализ данных по критерию Романовского [19]:

$$\frac{|x_i - \bar{x}|}{Sx} \leq \beta_q \quad (11)$$

где  $\bar{x}$  – среднее значение;  $x_i$  – вычисленное значение;  $Sx$  – среднеквадратичное отклонение;  $\beta_q$  – критическое значение критерия Романовского.

Таблица 2 – Результаты исследования 10 тестовых яиц оптическим методом.

D, мм	d, мм	S, мм <sup>2</sup>	P, мм	V изм., см <sup>3</sup>	Vksd, см <sup>3</sup>
57,2	44,09	1981,02	160,44	55,93	55,99
57,82	44,19	2003,51	161,49	56,81	56,75
57,93	44,62	2005,5	161,2	56,92	57,36
58,58	45,27	2011,48	160,96	57,11	57,33
61,71	48,72	2299,9	173,77	69,93	70,30
59,2	46,35	2196,01	168,03	64,84	65,24
48,43	37,61	1564,22	139,36	39,21	38,71
53,22	43,3	1766,85	149,33	46,34	47,04
57,25	44,81	1967,87	162,25	56,92	56,52
51,79	41,55	1890,1	167,5	52,36	51,90

Согласно тому, что количество исследованных яиц равно 10, то критическое значение критерия Романовского с вероятностью 0,99 равняется 2,29 [20]. Тогда все полученные данные из формулы 7 должны быть меньше 2,29. Результаты полученных значений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты значений критерия Романовского для расчетного объема 10 тестовых яиц

Критерий \ № яйца	№ яйца									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\beta_q$	0,96	0,96	0,96	1,18	1,10	0,65	0,79	0,95	0,87	0,96

Согласно полученным данным, расчетные значения объема удовлетворяют условиям критерия Романовского с вероятностью 0,99.

#### Заклучение.

1. Расхождение при измерении размеров яйцасуществующими измерительными инструментами и на автоматизированной установке не превышает 1,16%, что подтверждает достоверность измерения линейных размеров яйца оптико-электронным методом.

2. Проведённые экспериментальные измерения объема 80 яиц с использованием мерной колбы, а также произведенный математический расчет объема яйца по пяти известным формулам показал, что формула Хойта для расчета объема с поправочным коэффициентом 0,512 дает наиболее точные значения объема. Погрешность расчета по данному методу в среднем составляет 0,55 см<sup>3</sup>.

3. Проведенные экспериментальные исследования на автоматизированной установке позволили определить значения площади и периметра каждого яйца. Полученные значения использованы для расчета косвенного значения объема в предложенных новых формулах. Так формула определения объема яйца, через площадь продольного сечения и малый диаметр яйца, показал высокую точность, расхождения по сравнению с контрольным измерением объема по методу Архимеда составил 0,14 см<sup>3</sup>.

4. Для подтверждения достоверности расчета объема яйца предложенным методом через площадь продольного сечения и малый диаметр проведены исследования 10 тестовых яиц. Полученные результаты исследования показали, что расхождение значений объема рассчитанный предлагаемым методом расчета по сравнению значениями объема определенными по методу Архимеда составил 0,36 см<sup>3</sup>. Следовательно предложенный косвенный метод расчета объема яйца дает достоверные результаты и значительно сокращает время необходимое для определения объема яйца.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Буяров В.С. К повышению выводимости яиц сельскохозяйственной птицы / В.С. Буяров, О.Н. Сахно // Вестник Российского университета Дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2013. – № 2. – С. 67-72.
- [2] Методы оценки свежести яиц / П.П. Царенко, Л.Т. Васильева, Ю.Р. Сафиулова // О методах оценки свежести яиц // Материалы XVI конференции ВНАП «Достижение в современном птицеводстве: исследования и инновации». – СергиевПосад, 2009.
- [3] Царенко П.П. Курова Г.М. Контроль качества инкубационных яиц // Эффективность технологии производства продуктов птицеводства. – 1989. – С. 97-102.
- [4] Установка для автоматизированного определения геометрических параметров яиц на базе системы технического зрения / Алиханов Д.М., Молдажанов А.К. // Вестник международного конгресса машиностроителей «NTS po MASHINOSTROENE Conferencefee MTM». – Болгария, Варна, сентябрь 2014 года. – С. 37-38.
- [5] Устройство для автоматизированного определения параметров яиц, отбираемых для инкубации // Алиханов Д.М., Молдажанов А.К., Яцевич А.А. // Патент РК на полезную модель №935 от 25.04.2013г.
- [6] Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs Donald F. Hoyt Department of physiology, School of Medicine, State university of New York at buffalo, buffalo. – New York, 1976.
- [7] Hoyt D.F. The effect of shape on the surface-volume relationships of birds eggs // The Condor. – 1976. – Vol. 78. – P. 343-349.
- [8] Никишов А.А. Инкубационные качества яиц кур белоскорлупного яичного кросса с разным соотношением массы и объема / А. А. Никишов, Рания Ахмед Хассан Ахмед // Вестник российского университета дружбы народов. Серия Агрономия и животноводство. – 2014. – № 1. – С. 59-64.
- [9] Никишов А.А. Результаты инкубации яиц кур с разным соотношением массы и объема / А.А. Никишов, Рания Ахмед Хассан Ахмед // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2014. – № 1. – С. 39-4.
- [10] Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1978. – 831 с.
- [11] Атанасян Л.С. Геометрия // Л.С.Атанасян, В.Ф.Бутузов, С.Б.Кадомцев, Л.С.Киселева, Э.Г.Позняк / Просвещение. – 2012. – 255 с.
- [12] Романов А.Л. Птичье яйцо / А.Л.Романов, А.И.Романова. / Пер. с англ. к. б.н. Соколовой Е. В. – М.: Пищепромиздат, 1959. – 620 с.
- [13] Anton M. Bioactive egg components and their potential uses / M. Anton, F. Nau, Y. Nys // Poultry Sc. – 2006. – Vol. 62, N 3. – P. 429-438.
- [14] Нарушин В. Метод расчета параметров яйца / В. Нарушин // Птицеводство. – 1997. – № 6. – С. 6-9.
- [15] Нарушин В. Расчет геометрических характеристик яйца / В.Нарушин // Птицеводство. – 1992. – № 10. – С. 9-10.
- [16] Narushin V.G., van Kempen T.A., Wineland M.J., Christensen V.L. Comparing Infrared Spectroscopy and Egg Size Measurements for predicting Eggshell Quality // Biosystems Engineering. – 2004. – 3. – P. 367-373.
- [17] Разработка экспресс метода и устройства определения показателей качества инкубационных яиц с использованием ИТ- технологий: отчет о НИР (заключительный) / НИЦ НТИ: рук. Алиханов Д.М. – Алматы, 2011. – 142 с. – Инв. № 0211РК01415.
- [18] Experimental installation for investigation of the eggs automatic sorting intj categories in streav (Экспериментальная установка для исследования процесса автоматической сортировки яиц на категории в потоке) International Scientific, Scientific applied and informational journal. Year LXII. – Issue 3/2016. – Bulgaria, Sofia. – ISSN0861-9638. – P. 22-24. www.mech-ing.com
- [19] Обработка, представление, интерпретация результатов измерений. Сибирская автомобильно-дорожная академия. – 2006. – С. 20-22 // В.В.Горлач, В.Л.Егоров, Н.А.Иванов
- [20] Дивин А.Г., Пономарев С.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. – Тамбов: Издательство ГОУ ВПО ТГТУ, 2011.

REFERENCES

- [1] Bujarov V.S. K povysheniju vyvodimosti jaic sel'skohozjajstvennoj pticy / V.S. Bujarov, O.N. Sahno // Vestnik Rossijskogo universiteta Druzhyby narodov. Serija: Agronomija i zhivotnovodstvo. 2013. N 2. P. 67-72.
- [2] Metody ocenki svezhesti jaic / P.P. Carenko, L.T. Vasil'eva, Ju.R. Safiulova // O metodah ocenki svezhesti jaic // Materialy XVI konferencii VNAP «Dostizhenie v sovremennom pticevodstve: issledovanija i innovacii». – SergievPosad, 2009.
- [3] Carenko P.P. Kurova G.M. Kontrol' kachestva inkubacionnyh jaic // Jeffektivnost' tehnologii proizvodstva produktov pticevodstva. 1989. P. 97-102.
- [4] Ustanovka dlja avtomatizirovannogo opredelenija geometricheskikh parametrov jaic na baze sistemy tehničeskogo zrenija // Alihanov D.M., Moldazhanov A.K. Vestnik mezhdunarodnogo kongressa mashinostroitelej «NTS po MASHINOSTROENE Conferencefee MTM». Bolgarija, Varna, sentjabr' 2014 goda. P. 37-38.
- [5] Ustrojstvo dlja avtomatizirovannogo opredelenija parametrov jaic, otbiraemyh dlja inkubacii // Alihanov D.M., Moldazhanov A.K., Jacevich A.A. // Patent RK na poleznuju model' №935 ot 25.04.2013g.
- [6] Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs Donald F. Hoyt Department of physiology, School of Medicine, State university of New York at buffalo, buffalo. New York, 1976.
- [7] Hoyt D.F. The effect of shape on the surface-volume relationships of birds eggs // The Condor. 1976. Vol. 78. P. 343-349.
- [8] Nikishov A.A. Inkubacionnye kachestva jaic kur beloskorlupnogo jaichnogo krossa s raznym sootnosheniem massy i ob#ema / A. A. Nikishov, Ranija Ahmed Hassan Ahmed // Vestnik rossijskogo universiteta družby narodov. Serija Agronomija i zhivotnovodstvo. 2014. N 1. P. 59-64.

- [9] Nikishov A.A. Rezul'taty inkubacii jaic kur s raznym sootnosheniem massy i ob#ema / A.A. Nikishov, Ranija Ahmed Hassan Ahmed // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. 2014. N 1. P. 39-4.
- [10] Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike. M.: Nauka, 1978. 831 p.
- [11] Atanasjan L.S. Geometrija // L.S.Atanasjan, V.F.Butuzov, S.B.Kadomcev, L.S.Kiseleva, Je.G.Poznjak / Prosveshhenie. 2012. 255 p.
- [12] Romanov A.L. Ptich'e jajco / A.L.Romanov, A.I.Romanova. / Per. s angl. k. b.n. Sokolovoj E. V. M.: Pishhepromizdat, 1959. 620 p.
- [13] Anton M. Bioactive egg components and their potential uses / M. Anton, F. Nau, Y. Nys // Poultry Sc. 2006. Vol. 62, N 3. P. 429-438.
- [14] Narushin V. Metod rascheta parametrov jajca / V. Narushin // Pticevodstvo. 1997. N 6. P. 6-9.
- [15] Narushin V. Raschet geometricheskikh harakteristik jajca / V.Narushin // Pticevodstvo. 1992. N 10. P. 9-10.
- [16] Narushin V.G., van Kempen T.A., Wineland M.J., Christensen V.L. Comparing Infrared Spectroscopy and Egg Size Measurements for predicting Eggshell Quality // Biosystems Engineering. 2004. 3. P. 367-373.
- [17] Razrabotka jekspress metoda i ustrojstva opredelenija pokazatelej kachestva inkubacionnyh jaic s ispol'zovaniem IT- tehnologij: otchet o NIR (zakljuchitel'nyj) / NC NTI: ruk. Alihanov D.M. Almaty, 2011. 142 p. Inv. № 0211RK01415.
- [18] Experimental installation for investigation of the eggs automatic sorting intj categories in streav (Jeksperimental'naja ustanovka dlja issledovaniya processa avtomaticheskoy sortirovki jaic na kategorii v potoke) International Scientific, Scientific applied and informational journal. Year LXII. Issue 3/2016. Bulgaria, Sofia. ISSN0861-9638. P. 22-24. www.mech-ing.com
- [19] Obrabotka, predstavlenie, interpretacija rezul'tatov izmerenij. Sibirskaja avtomobil'no-dorozhnaja akademija. 2006. P. 20-22 // V.V.Gorlach, V.L.Egorov, N.A.Ivanov
- [20] Divin A.G., Ponomarev S.V. Metody i sredstva izmerenij, ispytanij i kontrolja. Tambov: Izdatel'stvo GOU VPO TGTU, 2011.

**А. К. Молдажанов, Д. М. Алиханов, А. Т. Кулмахамбетова, Ж. С. Шыныбай**

Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан

#### **ЕСЕПТЕУ ТӘСІЛІМЕН ЖҰМЫРТҚА КӨЛЕМІН АНЫҚТАУ ӘДІСІН ТАҢДАУ ЖӘНЕ НЕГІЗДЕУ**

**Аннотация.** Мақалада жұмыртқа көлемін бар құралдармен өлшеуге болатын оның геометриялық параметрлері арқылы анықтау әдістері қарастырылған. Жұмыртқа көлемін анықтаудың жанама әдісінің нақтылығын негіздеу үшін жұмыртқаның өшемдік – салмақтық сипаттамаларының эксперименттік зерттеулері қол еңбегі әдісімен және автоматтандырылған оптико – электрондық қондырғыны қолданумен жүргізілген. Зерттеулер нәтижелері жұмыртқа көлемін есептеудің белгілі әдістерінің ішінде көлемнің мейілінше дәлдігі жоғары мәндері Хойт формуласы бойынша есептеулерде алынғандығын көрсетті. Көлемді есептеулерде орташа абсолютті қателік  $0,512 \text{ см}^3$  құрайды. Жұмыртқа көлемін есептеудің ұсынылған жаңа формулаларының ішінде мейілінше нақты мән бойлық кима ауданы мен оның кіші диаметрі арқылы көлемді анықтауда алынды. Ұсынылған формула арқылы көлемді есептеудің орташа қателігі  $0,14 \text{ см}^3$  құрайды.

**Түйін сөздер:** жұмыртқа, көлем, өлшемдер, жұмыртқа ауданы, стационарлы автоматты қондырғы.