

На правах рукописи

ОСИПОВА ЕКАТЕРИНА ВЛАДИМИРОВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ
СКОРЛУПЫ КУРИНЫХ ЯИЦ**

Специальность 06.02.10 – частная зоотехния, технология производства
продуктов животноводства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Санкт-Петербург

2017

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современное птицеводство является самой скороспелой, экономичной, индустриальной отраслью с быстрой окупаемостью.

В 2016 году во всех категориях хозяйств произведено 43,53 млрд. штук пищевых яиц, что на 2,2% больше, чем в 2015 году, в том числе в сельхозпредприятиях – 34,44 млрд, что на 3,1% больше уровня 2015 года.

Крупнейшим регионом-производителем яиц в России по-прежнему остается Ленинградская область. За 2016 год здесь произвели около 3 млрд. штук яиц. Доля области в общем объеме по России в 2016 году составила 6,7%.

Увеличение производства яиц не всегда или недостаточно сопровождается повышением их качества и часто связано с ухудшением прочности скорлупы. При этом поврежденность яиц, зависящая, в основном, от качества скорлупы, достигает иногда 10% и более. Поэтому прочность скорлупы – очень важный показатель качества яиц.

Яйца с поврежденной скорлупой нельзя ни хранить, ни инкубировать, а их реализационная цена, как несортных, снижается в 1,5-2 раза. Битые яйца, кроме этого, - потенциальная опасность для здоровья потребителя из-за их быстрой порчи. Исходя из этого, разработка и использование новых, более совершенных методов контроля и улучшения качества скорлупы пищевых и инкубационных яиц являются актуальными.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательской деятельности кафедры птицеводства и мелкого животноводства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» по теме «Совершенствование методов контроля и технологии инкубационных яиц с.-х. птицы» (раздел 2.2).

Степень разработанности научных исследований. Оценке качества скорлупы куриных яиц посвящено много научных работ (Осетров П.А. (1956), Voisey H. Et al. (1967), Hamilton B.M.Y. et al (1982), Чистякова Т.М. (1991), Кабанов Ю.А. (2003), Дядичкина Л.Ф. (2004), Mertens E. et al (2006), Нао L. et al (2009), Царенко П.П. (2010) и др.), однако, эта оценка и контроль качества скорлупы нуждается в дальнейшем совершенствовании.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – совершенствование оценки качества скорлупы куриных яиц и изучение связей между прочностью скорлупы на удар и другими показателями.

Для реализации этой цели были поставлены следующие задачи:

- дать сравнительную характеристику существующим методам оценки качества скорлупы;
- изучить более совершенный метод и прибор для оценки прочности скорлупы;
- изучить связи между различными показателями качества скорлупы и ее прочностью;

- испытать новые методы в лабораторных и производственных условиях;
- изучить влияние кормовой добавки «Биогель» на прочность скорлупы.

Научная новизна. Разработаны и испытаны новые, более точные методы и приборы для определения прочности скорлупы на удар, наиболее отвечающие условиям производства. Изучена связь ряда биофизических параметров яиц и возраста кур с прочностью скорлупы яиц на удар и ее повреждаемость. Изучено влияние на прочность скорлупы кормовой добавки «Биогель».

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что использование данных исследований позволяет вести оперативный и надежный контроль прочности скорлупы в промышленных условиях и тем самым выявлять основную причину повышенной повреждаемости яиц – неполноценность кормления и содержания несушек или неудовлетворительное техническое состояние линии движения снесенных яиц.

Методологической и методической основой исследований послужили труды отечественных и зарубежных ученых. Для достижения цели и решения поставленных задач были использованы зоотехнические и математические научные методы.

Основные положения, выносимые на защиту:

- анализ существующих методов оценки качества скорлупы;
- новый метод и прибор, как объективный способ оценки прочности скорлупы куриных яиц;
- связь показателей биофизических качеств яиц с прочностью скорлупы;
- повышение прочности скорлупы с помощью кормовой добавки «Биогель».

Степень достоверности и апробация работы. Полученные данные обработаны методами вариационной статистики по Стьюденту (Е.А. Меркурьева, 1970) Основные результаты научных исследований доложены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Санкт-Петербургского ГАУ в 2011 и 2012 годах; на XVII международной конференции Российского отделения Всемирной научной ассоциации по птицеводству (2012); в конкурсе на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений МСХРФ в номинации «Сельскохозяйственные науки» (г. Орел, 2013).

Внедрение результатов исследований. Результаты диссертационного исследования апробированы и внедрены в технологию производства пищевых яиц кур-несушек птицефабрики ЗАО «АК «Оредеж» Гатчинского района Ленинградской области. Используются в научных исследованиях во Всероссийском научно-исследовательском институте генетики и разведения с.-х. животных, а также в учебном процессе кафедры птицеводства и мелкого животноводства СПбГАУ.

Публикации результатов исследований. По материалам диссертационного исследования опубликовано 10 статей, в том числе три статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Диссертация изложена на 117 страницах компьютерного текста, состоит из следующих разделов: введения, обзора литературы, материала и методов исследований, результатов собственных исследований и их обсуждений, результатов производственной проверки, заключения, предложений производству, списка литературы, включающего 180 источников, в том числе 46 зарубежных. Работа иллюстрирована 25 таблицами, 10 рисунками.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная часть диссертационной работы была выполнена в период 2011-2017 гг. на кафедре птицеводства и мелкого животноводства СПбГАУ, а также в лаборатории птицефабрики ЗАО «АК «Оредеж» Ленинградской области.

Общая схема исследования изображена на схеме 1 (рис.1)



Рисунок 1. Схема исследования

Материалом для исследования послужили яйца этой птицефабрики, а также полученные из филиала «Генофонд» ВНИИГРЖ от кроссов «Ломанн белый», «Ломанн коричневый», «Хайсекс белый» и от породных групп «Ленинградская ситцевая», «Ленинградская золотисто-серая», «Царскосельская», а также из магазинов Санкт-Петербурга. На птицефабрике «Оредеж» используются клеточные батареи испанской фирмы Zukami, кормление несушек всех возрастов осуществляется одним рецептом полнорационного комбикорма ПК-1, производимого в ЗАО «Гатчинский ККЗ»; в филиале «Генофонд» ВНИИГРЖ – содержание напольное, кормление осуществляется по нормам ВНИТИП или по нормам фирм-поставщиков кроссов с некоторой корректировкой.

В соответствии с задачами исследований были изучены существующие способы и показатели оценки прочности скорлупы яиц, как косвенные (упругая деформация, толщина, относительная масса, мраморность, а также масса и форма яиц), так и прямые (прочность на прокол, на раздавливание и др.) и дана им производственная оценка.

Основное внимание было уделено разработанным на кафедре птицеводства СПбГАУ новым способам и показателям прямой оценки прочности скорлупы яиц, а именно, прочности на удар (соударение) – типичным случаем поврежденности яиц в условиях производства.

Оценка прочности скорлупы на удар осуществлялась тремя способами: с помощью свободно падающего на яйцо стержня (прибор ППСУ-3, патент РФ №2395958), свободно падающего на жесткое препятствие яйца (ППС-Я) и методом попарного соударения яиц.

Используя известные физические формулы $V=\sqrt{2gh}$ и $E_k=mV^2/2$ были определены скорость падения ударного стержня и кинетическая энергия в момент удара по скорлупе. На этой основе рассчитаны оптимальная высота и число ступенек, с которых сбрасывается ударный стержень или яйцо.

При использовании всех трех способов оценки прочности методом ударов, момент разрушения скорлупы четко фиксировался на слух.

Испытание скорлупы на прочность с помощью приборов ППСУ-3 и ППС-Я начинали с минимальной высоты падения стержня (яйца). Затем путем перемещения фиксатора вверх по ступенькам увеличивали высоту и силу удара до повреждения скорлупы.

При оценке прочности скорлупы методом соударения яйца произвольно делили на пары (из одной или из разных опытных групп). Затем вручную их соударяли участками в области «экватора», где они чаще всего повреждаются в условиях производства. «Победители» переходили в следующий тур, в котором снова делились на пары и т.д., в конце опыта выявлялось «яйцо-чемпион».

При проведении опытов всего было оценено 22426 шт. яиц. Прибором ППСУ-3 в лабораторных и производственных условиях всего было оценено 6426 шт. яиц, прибором ППС-Я – 116 шт., а методом соударения – 488 шт.

Перед оценкой прочности скорлупы яйца просвечивали на овоскопе с удалением поврежденных и оценкой мраморности скорлупы (по 5-балльной системе), затем яйца пронумеровывали, взвешивали на электронных весах ВЛТ-500 с точностью до 0,01г, определяли упругую деформацию скорлупы с помощью прибора ПУД-3 с точностью до 1 мкм, индекс формы индексомером (ИМ-1) с точностью до 0,5%.

После оценки прочности скорлупы на удар яйцо вскрывали, определяли относительную массу и толщину скорлупы прибором ТС-1 с точностью до 10 мкм.

Измерение упругой деформации, прочности и толщины скорлупы проводили на «экваторе» яйца в одной и той же точке, помеченной карандашом.

Генетическое влияние на прочность скорлупы изучено на примере трех пород и двух кроссов кур филиала «Генофонд» ВНИИГРЖ (оценено 245 яиц).

Влияние возраста кур на прочность скорлупы изучено на птицефабрике «Оредеж». Опытным материалом служили яйца кур кросса «Ломанн белый» в возрасте 9,11,13 и 15-месяцев. Проанализировано 1200яиц.

С целью повышения прочности скорлупы на птицефабрике «Оредеж» был проведен научно-производственный опыт. Курам кросса «Ломанн белый» 15- и 17-месячного возраста в рацион вводили кормовую добавку «Биогель».

Кормовая добавка «Биогель» представляет собой гуминовую вытяжку из сапропеля, относится к неспецифическим стимулирующим препаратам природного происхождения. Препарат содержит водо- и спирторастворимые минеральные органические вещества.

«Биогель» ежедневно, в течение месяца вводили в рацион курам-несушкам через воду из расчета на 10 литров воды 1,4 литра «Биогеля». Учитывали прочность скорлупы яиц, полученных от несушек 15- и 17-месячного возраста кросса «Ломанн белый». Всего оценено 16720 шт. яиц, из них с нарушением целостности 720 штук.

Опыт проводили на двух птичниках в 4 этапа, с различным интервалом во времени.

На каждом этапе от птичников брали и оценивали на прочность по 90 шт. яиц ($90 \times 2 \times 4 = 720$). Первая проба яиц была взята за неделю до начала применения кормовой добавки «Биогель», вторая – через 9 дней после начала добавления в воду этой добавки, третья – через 20 дней после скармливания добавки, и четвертая – спустя 5 дней после прекращения скармливания. После оценки яиц на прочность у этих же яиц измеряли толщину скорлупы.

Для исследования влияния возраста кур на производственный бой яиц был проведен анализ их повреждаемости по отдельным корпусам ЗАО «АК «Оредеж».

Все полученные в ходе исследований материалы были статистически обработаны по методике Е.К. Меркурьевой (1970). При этом были рассчитаны основные статистические параметры: средняя арифметическая,

стандартное отклонение, коэффициент изменчивости и т.д. Расчеты проводили на персональном компьютере в программе Microsoft Excel (Microsoft office 2007) и микрокалькуляторе.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Методы оценки прочности скорлупы, их характеристика

Для оценки прочности скорлупы в практике используют, в основном, косвенные показатели, которыми являются упругая деформация, толщина и относительная масса. Установлено, что на прочность частично влияет форма и масса яйца: округлые и мелкие яйца имеют более крутую арочность, что повышает их прочность скорлупы при прочих равных условиях. По нашим данным, на прочность оказывает некоторое влияние также ее мраморность.

Из прямых способов, связанных с непосредственным механическим воздействием на скорлупу, наиболее распространенным (особенно за рубежом) является способ раздавливания яйца до появления трещин, реже – прокол скорлупы. В обоих случаях скорлупа разрушается при критическом давлении на яйцо, измеряемое в ньютонах или в кгс.

В условиях производства критическое давление на яйцо, как минимум 2 кгс (более 30 слоев яиц), практически исключено. На материале лаборатории птицефабрики «Оредеж» (давление), а также кафедры птицеводства (прокол) установлено, что связь этих показателей с толщиной скорлупы невысокая ($r=0,5-0,7$), еще меньшая – с боем яиц.

Установлено, что в условиях производства в подавляющем числе случаев яйцо повреждается в результате соударений или ударов о препятствие. Поэтому прочность скорлупы на удар является лучшим показателем ее качества. Нами проверен известный способ оценки прочности скорлупы на удар с помощью падающих на яйцо шариков с определенной высоты. Его недостатком является рассеивание ударов по скорлупе и большой разброс показаний; некоторые яйца разбиваются после первых ударов, другие, с очень прочной скорлупой, выдерживают 100 и более ударов, что усложняет оценку.

Оценка прочности скорлупы методом падающего на подножную решетку яйца с одинаковой высоты еще более усугубляет недостатки падения шариков.

Достоинством метода и прибора ППСУ-3 является удар с нарастающей высоты на один и тот же участок скорлупы.

Расчетами и опытным путем нами оптимизированы высота 1-ой ступеньки сброса на яйцо ударного стержня (12 мм), расстояние между соседними ступеньками (4 мм), а также масса ударного стержня 32 г, который свободно падает по вертикальной направляющей спице в один и тот же участок скорлупы фиксированного яйца. При этом яйцо с очень слабой скорлупой повреждается при падении ударного стержня уже с первой ступеньки, а с редкой по прочности скорлупой – с 6-ой ступеньки (32 мм). Это позволило существенно повысить производительность труда оператора (150 яиц в час и более), иметь удобный для обработки статистический

материал (разброс прочности – 6 ступенек – баллов, то есть 6 σ) и сократить объем выборки до 60-90 яиц.

Расчеты показали, что скорость падения ударного стержня с 6 ступеньки по сравнению с первой увеличивается 1,65 раза, а кинетическая энергия – в 2,7 раза.

Подобные расчеты произведены и по прибору ППС-Я. Оптимальная высота ступеньки сброса яйца на твердый стержень оказалась равной 2 мм.

3.2. Влияние на прочность скорлупы морфо-физических качеств яиц, породы и возраста кур

Анализ связи изучаемых показателей качества скорлупы с ее прочностью, оцененной с помощью прибора ППСУ-3, представлен в нижеследующих таблицах.

Установлено, что масса яйца практически не влияет на прочность, различия по прочности скорлупы во всех группах были незначительны и составили 0,1 или 0,2 балла (табл.1). Невысок был и коэффициент корреляции, в целом, отрицательный ($r=-0,351$).

Таблица 1 – Масса яйца и прочность скорлупы на удар (ПСУ)

Масса яйца, г	Масса скорлупы в среднем, г	Число яиц, шт.	Прочность скорлупы, балл	
			$X \pm m$	$C_v, \%$
до 55,99	54,0 \pm 0,20	82	2,9 \pm 0,12	35,2
56,0-60,99	59,1 \pm 0,05	545	3,0 \pm 0,04	38,0
61,0-65,99	63,4 \pm 0,04	1075	2,9 \pm 0,03	39,2
66,0-70,99	68,5 \pm 0,05	682	2,8 \pm 0,04	42,2
71,0-75,99	73,9 \pm 1,17	276	2,9 \pm 0,06	40,7

Прочность скорлупы на удар имеет наибольшую связь с упругой деформацией ($r=-0,603$).

Таблица 2 – Связь упругой деформации (УД) с прочностью скорлупы (ПСУ)

Упругая деформация, мкм	Упругая деформация в среднем, мкм	Число яиц, шт.	Прочность скорлупы, балл	
			$X \pm m$	$C_v, \%$
18-23	21,5 \pm 0,05	886	3,3 \pm 0,04	37,1
24-29	26,2 \pm 0,04	1313	2,8 \pm 0,02	38,0
30-35	34,4 \pm 0,23	461	2,4 \pm 0,04	42,1

Данные табл.2 свидетельствуют о том, что с повышением упругой деформации прочность скорлупы существенно падает.

Довольно высокая связь наблюдается между ПСУ и индексом формы с коэффициентом корреляции 0,508 (табл.3). Прочность более округлых яиц объясняется увеличением кривизны (арочности) скорлупы.

Таблица 3 – Индекс формы и прочность скорлупы на удар (ПСУ)

Индекс формы, %	Индекс формы в среднем, %	Число яиц, шт.	Прочность скорлупы	
			X±m	C _v , %
70-74	72,8±0,04	1301	2,7±0,03	41,1
75-78	75,8±0,03	1124	3,0±0,03	38,6
79-82	79,3±0,05	235	3,4±0,07	34,6

Из таблицы видно, что чем более удлиненное по форме яйцо, тем выше коэффициент вариации прочности: у яиц с индексом формы в среднем 79,3% прочность составляет 3,8 балла, а C_v = 34,6%.

Данные таблицы 4 свидетельствуют о достоверном повышении прочности с увеличением толщины скорлупы.

Таблица 4 – Толщина скорлупы и ее прочность на удар (ПСУ)

Толщина скорлупы, мкм	Толщина скорлупы в среднем, мкм	Число яиц, шт.	Прочность скорлупы, балл	
			X±m	C _v , %
250-299	265±5,36	29	2,62±0,16	32,8
300-349	326±1,05	161	3,42±0,08	29,5
350-399	371±0,71	388	3,71±0,04	26,1
400-449	414±1,51	222	4,00±0,07	28,75

Однако следует заметить, что даже при очень тонкой скорлупе (265 мкм) некоторые яйца имели высокую прочность, равно как и толстая скорлупа могла быть непрочной. Об этом говорит и высокий коэффициент вариации прочности в каждом классе толщины скорлупы, и недостаточно высокая средняя прочность при выдающейся толщине скорлупы (414 мкм), коэффициент корреляции между этими признаками (0,268±0,02), данные высокодостоверны (P<0,001).

На том же массиве яиц изучена связь прочности скорлупы с ее относительной массой. Результаты данного исследования приведены в табл.5.

Таблица 5 – Относительная масса и прочность скорлупы на удар (ПСУ)

Относительная масса скорлупы, %	Относительная масса скорлупы в среднем, %	Число яиц, шт.	Прочность скорлупы, балл	
			X±m	C _v , %
10,00-11,99	11,3±0,06	196	3,25±0,07	32
12,00-13,99	12,9±0,02	495	3,85±0,04	25,9
14,00-15,99	15,0±0,10	109	3,81±0,12	32,8

Наиболее прочной оказалась скорлупа с относительной массой в среднем 12,00-13,99%, данные высокодостоверны (0,9999).

Оценка прочности по относительной массе скорлупы яиц требует повышенных трудозатрат и вряд ли найдет применение в практике.

Связь прочности скорлупы с породой и кроссом кур. Генетическое влияние на прочность скорлупы установлено на примере коллекционного стада кур филиала «Генофонд» ВНИИГРЖ (табл. 6)

Таблица 6. Влияние пород, кроссов кур на прочность скорлупы яиц (ВНИИГРЖ)

Порода, кросс	Число яиц, шт.	ПСУ, балл	Cv, %
Ленинградская ситцевая	59	3,71±0,14	29,1
Ленинградская золотисто-серая	40	3,62±0,14	25,0
Царскосельская	44	3,95±0,18	30,6
Хайсекс белый	38	3,73±0,17	28,1
Ломанн коричневый	64	4,18±0,14	26,7

При одинаковых условиях кормления и содержания кур-несушек приведенные в качестве примера кроссы «Хайсекс белый» и «Ломанн коричневый» достоверно различались между собой по прочности скорлупы ($P > 0,99$). Связь между породами оказалась недостоверна. Среди пород выделяется «Царскосельская», а кросс «Ломанн коричневый» оказался лучшим – 4,18 балла. Это говорит о существенных резервах селекции кур на прочность скорлупы.

Связь прочности скорлупы с возрастом птицы. В условиях птицефабрики «Оредеж» при высокой яйценоскости кур в 8 месяцев она составила 95,3% и, возможно, вследствие недостаточного уровня их минерально-витаминного питания перепад прочности скорлупы яиц молодых (7-8мес.) и старых (19мес.) кур оказался весьма существенным – почти один балл (табл. 7).

Таблица 7 – Влияние возраста кур на прочность скорлупы яиц («Ломанн белый»)

Возраст кур, мес.	Число яиц, шт.	ПСУ, балл	lim	Cv, %
7-8	270	3,64±0,06	1-6	30,7
11-12	588	2,95±0,04	1-6	37,6
13-14	353	2,66±0,06	1-6	42,8
19	390	2,70±0,05	1-6	40,7

Как видно из данных таблицы, прочность скорлупы яиц по всем возрастам кур невысокая и не вполне закономерная. Однако, влияние возраста птицы на прочность скорлупы на удар не вызывает сомнений, разница составляет почти 1 балл, связь высокодостоверна (0,999).

3.3. Прочность скорлупы при падении яйца на жесткое препятствие (ПСУ-Я)

Для изучения влияния массы яиц и скорости их движения на поврежденность был проведен опыт с использованием прибора ППСУ-Я, позволяющего менять скорость движения яйца разной массы в момент удара. Данные табл. 8 характеризуют основные морфо-физические качества яиц при разном уровне прочности скорлупы и потенциальной энергии изменчивой

массы яиц. Поэтому баллы 1-6, с учетом массы яиц, в наибольшей степени отражают их производственный бой.

Таблица 8 – Связь прочности скорлупы (ПСУ-Я) с основными показателями их качества

Ступеньки прибора, баллы	Число яиц, шт	Масса яиц, г	Индекс формы, %	Упругая деформация, мкм	Мраморность, балл	Толщина скорлупы, мкм
2	24	63,34±0,81	75,08±0,43	23,04±0,52	3,95±0,24	380±6,28
3	54	60,99±0,41	75,51±0,24	22,77±0,28	4,0±0,16	390±4,52
4	30	60,45±0,65	76,16±0,34	22,43±0,42	3,23±0,21	393,3±7,0
5	8	58,02±1,4	76,66±0,66	21,5±0,76	2,83±0,54	400±18,4
Всего, в среднем	116	61,24±0,32	75,63±0,18	22,63±0,21	3,76±0,11	389±3,15

Как видно из данных таблицы, яйца с повышенной массой (в среднем более 63 г), обладавшие большей кинетической энергией при ударе о жесткое препятствие, повреждались уже с 1 – 2-ой ступеньки; с 4 – 5-ой ступеньки повреждались яйца с массой на 3 г меньше. Этим объясняется, почему мелкие яйца, в основном, от молодых кур, по сравнению с крупными, в производственных условиях повреждаются значительно меньше.

Данные первой и шестой ступенек в таблице не представлены, так как на каждой из них разбилось по одному яйцу.

Так же, как и в опытах по испытанию ППСУ-3, более прочной скорлупе (высокой ступени) соответствовала большая округлость яиц (повышенный индекс формы), низкая упругая деформация, более толстая скорлупа. Неопределенное влияние на прочность (балл), с тенденцией к отрицательной, оказала мраморность скорлупы.

В данном исследовании наибольшее влияние на прочность скорлупы оказала все-таки масса яиц с коэффициентом корреляции -0,309, на втором месте – индекс формы ($r=0,258$), на третьем – мраморность ($r=-240$), на четвертом – упругая деформация ($r=-171$), на пятом – толщина скорлупы ($r=0,144$).

3.4. Контроль прочности скорлупы методом соударения яиц

При соударении яиц, согласно третьему закону Ньютона, кинетическая энергия удара будет распределяться поровну. Результаты этого опыта представлены в табл. 9.

Как видно из таблицы, масса яиц практически не повлияла на прочность скорлупы. Разница по массе целых яиц, переходивших на следующие этапы соударений, была 0,3-0,8 г, при этом яйцо-«чемпион» обладало массой выше, чем в целом по группе испытуемых яиц.

Таблица 9 – Результаты лабораторных испытаний яиц на прочность скорлупы методом соударения

Этап соударений	Состояние скорлупы	n	Масса яиц, г	ИФ, %	УД, мкм	Мраморность, балл	Относит. масса скорлупы, %	Толщина скорлупы, мкм
0	целые	128	56,9±0,21	78,1±0,17	20,3±0,21	3,05±0,2	11,6±0,09	372,1±2,7
I	целые	64	57,2±0,31	78,2±0,75	18,9±0,22	3,03±0,1	11,8±0,12	385,6±3,5
	разбитые	64	56,7±0,29	77,8±0,24	21,4±0,29	3,17±0,13	11,3±0,13	359,1±3,63
II	целые	32	56,9±0,38	78,6±0,36	18,3±0,29	2,84±0,2	12,1±0,16	387,8±5,4
	разбитые	32	57,3±0,51	77,8±0,34	19,6±0,31	3,21±0,15	11,6±0,18	383±4,4
III	целые	16	56,4±0,56	79,2±0,74	17,5±0,34	2,6±0,2	12,2±0,25	392,6±6,2
	разбитые	16	57,1±0,48	78,1±0,27	19,0±0,38	3,05±0,2	12,5±0,24	383,5±9,5
	«чемпион»	1	59,9	80,0	16,0	1,0	13,5	390,0

*Примечание: результаты IV, V и VI этапов соударения представлены в диссертации.

Прослеживается четкая закономерность по влиянию на прочность скорлупы формы яйца: чем выше индекс формы, тем прочность его повышается.

В первую очередь разбились яйца, обладавшие самой высокой упругой деформацией (21,4 мкм), а самыми крепкими оказались яйца с упругой деформацией 17,5 (III этап) и 16 мкм – яйцо-«чемпион».

Из данных опыта видно, что чем выше «мраморность», тем слабее скорлупа.

Четкая связь наблюдается по толщине скорлупы. Так, если испытываемая группа на начало опыта в среднем имела толщину скорлупы 372,1 мкм, то на III этапе толщина была выше на 20 мкм. На всех этапах у разбитых яиц толщина скорлупы была ниже.

3.5. Производственная проверка

Связь прочности скорлупы (ПСУ) с поврежденностью яиц. Наблюдения и учет на линии движения яиц показали, что повреждаемость скорлупы (бой и насечка) с более высокой балльной оценкой по прочности на удар уменьшается и наоборот.

В табл.10 приведены данные о связи с производственным боем и прочности скорлупы на удар.

Таблица 10 – ПСУ и производственный бой яиц

ПСУ, балл в среднем	Число яиц, шт.	Производственный бой, %	Возраст кур, мес.
2,10±0,94	300	7,2	15
2,77±1,12	300	6,0	13
3,42±1,2	300	3,0	9
3,45±1,06	300	2,3	11

Из таблицы видно, что с возрастом кур бой яиц закономерно увеличивается. Однако, у 9-месячной птицы бой составил 3%, а в 11 месяцев снизился почти на 1%. В данном случае можно говорить о неисправности на линии движения яиц. Несушки 13- и 15- месячного возраста имели балл прочности 2,77 и 2,1 соответственно. Такой низкий балл объясняется изменениями в структуре скорлупы с возрастом несушек, что подтверждается данными литературы.

Следует отметить, что косвенные способы оценки (упругая деформация, индекс формы и др.) прочности скорлупы имеют значительно меньшую связь с уровнем производственного боя. Скорлупа бывает толстой, но рыхлой и пористой, упругая деформация зависит от величины и формы яиц, от возраста несушек. Оценка прочности на удар суммирует все характеристики скорлупы, отражая ее назначение – противостоять механическому воздействию.

Исследования показали, что при ПСУ, равной трем баллам и исправной системе движения яиц при содержании кур-несушек в клетках фирмы Zukami, бой яиц, поступивших на яйцесклад, составляет в среднем 3%. При этом главными причинами увеличения или снижения боя являются прочность скорлупы и масса движущихся яиц (кинетическая энергия).

На основании теоретических расчетов и данных исследований составлена таблица величины боя яиц в зависимости от их массы и прочности скорлупы. Так, при прочности скорлупы 4 и 2 балла бой яиц I категории (60 г) составляет 2,5 и 8%, а при прочности 4 балла бой яиц с массой 54 и 66 г равен 2,3 и 2,7%.

Сравнительная характеристика прочности скорлупы яиц на птицефабриках Ленинградской области. Из коммерческих соображений птицефабрики Ленинградской области были названы условно А, В и С. Результаты оценки прочности скорлупы на соударение представлены в табл.11.

Для повышения достоверности разности при небольших по количеству пробах яиц можно продлить оценку прочности, соударяя уцелевшие яйца этих проб (второй этап соударений). Можно сделать и 3-й, и 4-й этапы, пока не будут разбиты все яйца одной из проб.

Таблица 11 – Результаты производственных испытаний на прочность скорлупы куриных яиц разных птицефабрик при соударении

Показатели	Птицефабрики						Итого
	АхВ	АхС	ВхС	А	В	С	
Число соударяемых яиц, шт.	60х60	60х60	57х57	120	117	117	354
Из них сохранились целыми: шт. %*	24:36	42:18	44:13	66	80	31	177
	40:60	70:30	77:23	55	68	26	50

Примечание: проценты округлены до целых чисел.

Данные табл. 11 свидетельствуют о больших различиях прочности скорлупы яиц в зависимости от условий их производства на птицефабриках. В наших исследованиях первое место по прочности скорлупы заняла птицефабрика В (68% уцелевших при соударении яиц), на втором месте – птицефабрика А (55%), на третьем – птицефабрика С (26%). При соударении яиц от птицефабрик В и С у первых уцелело 77%, у вторых только 23%. Полученная разность по прочности скорлупы яиц во всех вариантах соударения высокодостоверна. Достоверность подтверждается повторяемостью результатов по всем трем пробам яиц от каждой птицефабрики.

С целью узнать, какие по качеству яйца при соударении являются более прочными, нами предварительно были оценены следующие показатели: масса яйца, форма (индекс формы), упругая деформация и мраморность скорлупы, а после окончания оценки – относительная масса и толщина скорлупы. Результаты представлены в табл.12.

Таблица 12 – Характеристика целых и разбитых яиц по трем этапам соударения (по данным производственных испытаний)

Этап соударений	Состояние скорлупы	n	Масса яиц, г	ИФ, %	УД, мкм	Относит. масса скорлупы, %	Толщина скорлупы, мкм
I	целые	177	60,2±0,22	77,9±0,19	21,1±0,21	12,4±0,06	385,8±1,91
	разбитые	177	60,7±0,18	76,1±0,18	23,5±0,21	12,1±0,05	369±1,7
II	целые	48	60,5±0,34	77,8±0,41	20,1±0,27	12,5±0,09	387,6±3,4
	разбитые	48	60,3±0,36	77,1±0,37	22,5±0,34	12,2±0,07	374±2,6
III	целые	13	60,4±0,64	77,6±0,81	19,7±0,52	12,6±0,19	389,2±8,5
	разбитые	13	61,3±0,64	78,8±0,84	21,1±0,58	12,5±0,24	384,6±6,8

Из табл.12 видно, что масса яиц не оказала влияния на прочность скорлупы. На двух этапах соударения индекс формы у яиц с более прочной

скорлупой оказался выше (яйца более округлые). Очень четкие и достоверные различия по прочности скорлупы связаны с упругой деформацией. С каждым этапом она уменьшается, но различия в пользу целых яиц сохраняются.

Существенные различия наблюдаются по относительной массе и толщине скорлупы. С первого до третьего этапа соударений относительная масса скорлупы у целых яиц возросла с 12,4 до 12,5%, то есть на 0,1%, а толщина скорлупы – с 385,8 до 389,2 мкм. Разность по толщине скорлупы между целыми и разбитыми яйцами существенна и достоверна. Таким образом, лучшими из косвенных показателей прочности скорлупы оказались упругая деформация и толщина. Однако полагаться на эти показатели следует с осторожностью. Так, из 34-х соударений АхВ в 6-ти случаях (17,6%) яйца оказались уцелевшими, несмотря на плохие показатели по толщине, то же по соударениям ВхС (9,5%) и АхС (19,0%), а в целом 15% яиц с хорошими показателями по толщине и упругой деформации уступили по прочности яйцам, у которых эти показатели были хуже. Так, у уцелевших 15% яиц упругая деформация была равна 22,8 мкм, толщина скорлупы – 376 мкм, а у разбитых, соответственно, 20,9 и 393 мкм. Об этом говорит и тот факт, что среди «яиц-чемпионов» (n=9) при среднем индексе формы 77,5%, упругой деформации 19,2 мкм и толщине скорлупы 400,4 мкм были яйца (n=2), у которых эти показатели оказались гораздо хуже (76,0%; 21,5 мкм; 365 мкм).

3.6. Влияние на прочность скорлупы кормовой добавки «Биогель»

Данные по прочности скорлупы (по 90 шт.) и поврежденности яиц от опытной и контрольной групп представлены в табл. 13.

Таблица 13 – Влияние кормовой добавки «Биогель» на прочность и поврежденность скорлупы

Группа	Периоды опыта				Периоды опыта		
	предварительный	I	II	послеопытный		предварительный	послеопытный
	Прочность скорлупы (ПСУ-3), балл				Поврежденность		
Опыт	2,18±0,09	2,75±0,11	2,86±0,17	2,85±0,12	n	6000	2000
					%	7,1	6,6
Контроль	2,33±0,11	2,65±0,10	3,11±0,13	2,65±0,10	n	6000	2000
					%	5,65	6,8

Из таблицы видно, что на первом этапе в опытной группе прочность скорлупы была ниже, чем в контрольной. Но постепенно шло увеличение прочности как в опытной, так и в контрольной группах, при этом только в послеопытном периоде опытная группа незначительно обогнала контрольную.

Колебания прочности скорлупы и поврежденности яиц можно объяснить изменением уровня яйценоскости. Так, за 7 дней до начала эксперимента интенсивность яйценоскости в обеих группах была выше норматива: в опытной группе на 3,9%, в контрольной – на 6,4%, разница между группами

составила 2,5%. За весь период эксперимента интенсивность яйценоскости в птичниках с увеличением возраста птицы снижалась, в контрольной группе продуктивность была ниже норматива на 2,7%, но в опытной группе – выше на 1,5%. Разница между группами составила 4,2% в пользу опытной группы.

Преимущество кормовой добавки «Биогель» выразилось в снижении производственного боя на 0,5%, в то время как в опытной группе бой увеличился на 1,15%.

Таким образом, кормовая добавка «Биогель» снизила поврежденность яиц на 0,5%. Ее влияние на массу яиц, толщину и прочность скорлупы оказалось недостоверным.

3.6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Применение усовершенствованного метода и прибора ППСУ-3 позволяет с высокой точностью и производительностью труда установить причину боя на производстве.

Контроль прочности скорлупы новым методом и оперативные меры, принятые по ее повышению, позволяют снизить бой яиц, как минимум, на 1,5%. Использование препарата «Биогель», по результатам проведенного опыта, уменьшило бой яиц на 0,5 %, что может довести снижение поврежденности скорлупы до 2 %. Расчет экономической эффективности сделан по минимальному снижению боя яиц – 0,5%.

Расчет проводили по формуле:

$\mathcal{E} = (P_{ц} - P_{п}) \times A$, где

$P_{ц}$ – цена реализации целого яйца, руб.;

$P_{п}$ – цена реализации поврежденного яйца, руб.;

A – сохраненное целое яйцо, %.

В пересчете на годовое производство яиц в ЗАО «АК «Оредеж» – 340 млн. шт., 0,5 % яиц составляют 1 млн. 700 тыс. штук, следовательно дополнительная прибыль от сохраненных целыми яиц составит: 5 млн. 610 тыс. рублей.

$\mathcal{E} = (5,8 - 2,5) \times 1700000 = 5\,610\,000$ руб.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на большом опытном материале изучены новые методы и приборы для оценки и контроля прочности скорлупы куриных яиц на удар – типичный случай повреждаемости (боя и насечки) в условиях производства.

Показано, что прочность скорлупы на удар (ПСУ) является суммарным показателем ее упругой деформации, толщины, относительной массы, внутренней структуры, в том числе мраморности, а также формы яйца (крутизны радиуса) и др.

Измеренный на простом по устройству и использованию приборе (ППСУ) показатель прочности скорлупы в высокой степени отражает уровень боя

яиц, зависящий от зоотехнической и инженерной службы и помогает установить причины повышенного боя (биологические или технические).

На основании проведенных исследований по совершенствованию методов оценки прочности скорлупы куриных яиц сделаны следующие **выводы**:

1. Лучшим показателем оценки качества скорлупы следует считать ее прочность на удар (ПСУ); удар или соударение является типичным механическим воздействием на яйцо во время его движения от несушки до потребителя.
2. Наиболее удобным прибором для оценки прочности скорлупы на удар является прибор ППСУ, позволяющий с помощью ударов с нарастающей высоты падения ударного стержня определить ее прочность по 6-балльной системе.
3. В проведенных исследованиях прочность скорлупы на удар является суммарным показателем, отражающим ее толщину, упругую деформацию, относительную массу, форму (кривизну) и внутреннюю структуру. Ни один из этих признаков, взятых в отдельности, не может на достаточно высоком уровне отразить прочность скорлупы.
4. Прочность скорлупы в наибольшей степени связана с упругой деформацией ($r=-0,603$) и индексом формы ($r=0,508$) и небольшую – с массой яйца и толщиной скорлупы.
5. Прочность скорлупы достоверно снижается с возрастом несушек, особенно в конце яйцекладки, что, в основном, связано с ухудшением ее структуры и химического состава.
6. Испытанный в производственных условиях прибор ППСУ показал надежность и точность в работе. Предлагаемый способ имеет преимущество перед другими и по удобству его использования, и высокой производительности труда. В этом отношении он успешно конкурирует с весьма распространенными способами оценки прочности скорлупы по толщине и плотности яиц, превосходя их по скорости оценки в 2-4 раза.
7. Прочность на удар при нормальной работе линии движения яиц в высокой степени отражает производственный бой. Разработана таблица уровня поврежденности скорлупы (бой и насечка) в зависимости от ПСУ и массы яиц. Таблица позволяет определить причину высокого боя – потеря прочности скорлупы или неполадки на линии движения яиц.
8. Испытан простой способ оценки прочности скорлупы путем попарного соударения яиц двух проб и учета разбившихся (%) в каждой из них. Способ позволяет оперативно, с высокой производительностью, оценить сравнительную прочность скорлупы яиц, снесенных несушками разных птичников, птицеводческих хозяйств, линий, кроссов и т.п.
9. Испытано влияние кормовой добавки «Биогель» на прочность скорлупы. Преимущество добавки выразилось в снижении производственного боя на 0,5% (по сравнению с предварительным периодом), в то время как в опытной группе бой увеличился на 1,15%.
10. Контроль прочности скорлупы новым методом позволит снижать бой яиц приблизительно на 1,5-2,0%.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для оперативного контроля прочности скорлупы, непосредственно связанного с производственным боем, использовать метод дозированных ударов (прибор ППСУ-3).
2. Для сравнительной оценки прочности скорлупы при проведении зоотехнических экспериментов или селекции птицы использовать метод соударения яиц.
3. Осуществить серийный выпуск прибора ППСУ-3 для контроля прочности скорлупы на промышленных птицеводческих предприятиях, а также в научно-исследовательской и селекционной работе.

СПИСОК

работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Осипова Е.В.** Прочность – главное качество скорлупы яиц / П.П. Царенко, Л.Т. Васильева, Е.В. Осипова // Птица и птицепродукты. – 2012. - №5. – С.51-54.
2. **Осипова Е.В.** Новый метод оценки прочности скорлупы куриных яиц // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2013. - №32. – С. 86-89.
3. **Осипова Е.В.** Совершенствование методов контроля качества скорлупы куриных яиц/ Царенко П.П., Осипова Е.В.// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. - №47. – С. 142-147.

Публикации в научных сборниках и периодических научных изданиях:

4. **Осипова Е.В.** Новый способ оценки прочности скорлупы куриных яиц /П.П. Царенко, Л.Т. Васильева, Е.В. Осипова // Инновации в технологии производства яиц и мяса птицы: сб. науч. тр., посвящ. 100-летию со дня рождения С.И.Боголюбского, 2 июня 2011г./ С.-Петербургский гос. аграрн. ун-т. – Санкт-Петербург, 2011. – С.27-30.
5. **Осипова Е.В.** Оценка прочности скорлупы куриных яиц / П.П.Царенко, Л.Т. Васильева, Е.В. Осипова // Актуальные проблемы и инновационные технологии экономики сельского хозяйства Западного Казахстана: регион. научн.-практ. конф. посвящ. 20-летию Независимой Республики Казахстан / ЗКАТУ. – 2011 – С.48-50.
6. **Осипова Е.В.** Метод оценки и возрастная динамика прочности скорлупы куриных яиц / П.П. Царенко, Е.В. Осипова // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: материалы междунар. научн.-практ. конф., посвященной 45-летию образования кафедр свиноводства и мелкого животноводства и переработки животноводческой продукции УО «БГСХА» / М-во сел. хоз-ва Республики Беларусь,

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки: БГСХА, 2012. – С.293-298.

7. **Осипова Е.В.** Определение прочности скорлупы куриных яиц методом дозированных ударов // Развитие АПК в свете инновационных идей молодых ученых: [материалы Международной научной конференции аспирантов и молодых ученых. «Развитие АПК в свете инновационных идей молодых ученых» 16-17 февраля 2012г.] Санкт-Петербургский гос. аграрн. ун-т. – Санкт-Петербург, 2012. – С.113-116.

8. **Осипова Е.В.** Оценка яиц по прочности скорлупы / П.П. Царенко, Л.Т. Васильева, Е.В. Осипова // Инновационные разработки и их освоение в промышленном птицеводстве: материалы XVII Междунар. конф., 15-17 мая 2012г. / Всемирн. науч. ассоц. по птицеводству (ВНАП), НП «Научный центр по птицеводству», под ред. В.И. Фисинина; отв. за вып. И.А. Егоров, Т.В. Васильева. – Сергиев Посад, 2012. – С. 413-415.

9. **Осипова Е.В.** Экспресс-метод оценки прочности скорлупы куриных яиц / П.П. Царенко, Е.В. Осипова // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сб. науч. тр.: [материалы науч. конф. проф.-преп. состава науч. сотрудников СПбГАУ, Санкт-Петербург – Пушкин, 24-26 января 2013г.] М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Санкт-Петербургский гос. аграрн. ун-т. – Санкт-Петербург, 2013. – ч.1. – С.229-232.

10. **Осипова Е.В.** Эффективность использования кормовой добавки «Биогель» в рационе кур-несушек в ЗАО «АК «Оредеж» // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сб. науч. тр. [материалы науч. конф. проф.-преп. состава науч. сотрудников СПбГАУ, Санкт-Петербург – Пушкин, 23-25 января 2014г.] / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Санкт-Петербургский гос. аграрн. ун-т. – Санкт-Петербург, 2014. – ч.1. – С. 189-191.