

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОКОНТРАСТНОГО РЕЖИМА ИНКУБАЦИИ ЯИЦ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

**Александр Николаевич Судаков
Евгений Александрович Андрианов
Алексей Александрович Андрианов**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Актуальным направлением исследований, проводимых с целью повышения выводимости яиц и качества молодняка сельскохозяйственной птицы, является изучение влияния колебаний температуры инкубации на эмбриогенез. Выполнено математическое обоснование параметров температуры для реализации термоконтрастного режима искусственной инкубации, максимально приближенного по своим характеристикам к температурным параметрам естественного насиживания, при котором периоды охлаждений синхронизированы с поворотами яиц наседкой. Формулы расчёта продолжительности охлаждений и нагрева яиц получены с применением методов регрессионного анализа термограмм естественного насиживания. Расчёт численного значения предустановленной температуры воздуха в камере инкубатора осуществляется посредством решения уравнения зависимости суммы температур инкубации от продолжительности и кратности охлаждений. В качестве константы для определения суммы температур за весь период эмбриогенеза принято значение температуры эмбриона, равное 37,8°C. Представлен полный алгоритм расчёта температурного режима искусственной инкубации, численная реализация которого в разработанной математической программе позволила получить искомую температуру инкубации в зависимости от длительности и количества охлаждений. Разработана конструктивно-технологическая схема инкубатора с функцией охлаждения яиц, позволяющего реализовать расчётный режим искусственной инкубации, включающий в себя краткосрочные охлаждения яиц, синхронизированные с включением механизма поворота лотков инкубатора. Применение расчётного режима инкубации и устройства для его реализации позволяет осуществлять искусственную инкубацию яиц сельскохозяйственной птицы с использованием температурных параметров, максимально приближенных к условиям естественного насиживания с исключением эффекта хронической гипотермии яиц в процессе термоконтрастной инкубации за счёт компенсации снижения средней температуры инкубации, вызванной периодическими охлаждениями воздуха в камере инкубатора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сельскохозяйственная птица, инкубация, выводимость, термоконтрастный режим, естественное насиживание, краткосрочные охлаждения.

SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF THERMAL-CONTRAST MODE FOR POULTRY EGGS INCUBATION AND ITS PROCESS FLOW DESIGN

**Alexander N. Sudakov
Evgeniy A. Andrianov
Aleksey A. Andrianov**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

A promising direction of research conducted to increase the hatchability of eggs and the quality of young poultry is to study the effect of incubation temperature fluctuations on embryogenesis. The authors have performed a mathematical substantiation of temperature parameters for the implementation of thermal-contrast mode of artificial incubation that is most closely resembling the temperature parameters of natural brooding, during which the cooling periods are synchronized with the rotations of the eggs by the brooder hen. The formulas for calculating the duration of cooling and heating of eggs are obtained using the methods of regression analysis of thermograms of natural brooding. The calculation of numerical value of preset air temperature in the incubator chamber is performed by solving the equation of dependence of the sum of incubation temperatures on the duration and number of cooling cycles. The temperature of the embryo is taken equal to 37.8°C as a constant for determining the sum of temperatures for the entire period of embryogenesis. The authors present a complete algorithm for calculating the temperature regime of artificial incubation. Its numerical implementation in the developed mathematical program allowed obtaining the desired incubation temperature depending on the duration and number of cooling cycles. The authors have developed a process flow

design for an incubator with egg cooling function that allows implementing the calculated mode of artificial incubation, which includes short-term egg cooling synchronized with the activation of the mechanism of incubator trays rotation. The use of the calculated incubation regime and device for its implementation allows for artificial incubation of poultry eggs using temperature parameters that are most closely resembling the natural brooding conditions. The effect of chronic hypothermia of eggs during thermal-contrast incubation is excluded by compensating for the decrease in the average incubation temperature caused by periodic air cooling in the incubator chamber.

KEYWORDS: poultry, incubation, hatchability, thermal-contrast mode, natural brooding, short-term air cooling.

Введение

Для успешного развития зародыша в яйце птиц важными компонентами в процессе искусственной инкубации являются: качество инкубационного яйца, поддержание определённых показателей температуры, влажности и состава воздуха, периодические повороты яиц, соблюдение ветеринарных требований. Вместе с тем установлено, что решающее значение на развитие эмбриона оказывает его истинная температура, которая может в значительной степени отличаться от температуры воздуха в камере инкубатора.

Современные руководства по промышленной инкубации рекомендуют осуществлять настройку температуры воздуха в камере инкубатора на основании данных контактной термометрии скорлупы яиц [2]. Показано, что максимальная выводимость достигается при поддержании значения температуры скорлупы яиц $37,8^{\circ}\text{C}$ с точностью $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ [8]. Заявленные производителем показатели выводимости яиц обеспечиваются исключительно при соблюдении рекомендованных параметров инкубации.

Известен ряд работ, демонстрирующих рост показателей выводимости и качества молодняка при периодических охлаждениях яиц в процессе инкубации [7, 9]. Авторы экспериментов указывают на тот факт, что в процессе естественного насиживания температура яиц нестабильна [1]. Краткосрочные охлаждения яиц происходят вследствие двигательной активности наседки на гнезде, а периоды ухода наседки с гнезда для кормления вызывают более глубокие охлаждения [6].

Предполагается, что благоприятное воздействие охлаждений на развитие эмбриона сформировалось эволюционно и играет важную роль в формировании терморегуляторных систем, оказывая положительное влияние на выводимость и качество молодняка [5]. Вместе с тем охлаждения яиц в процессе инкубации приводят к снижению средней температуры инкубации и могут вызывать хроническую гипотермию яиц, которая оказывает негативное влияние на развитие эмбриона, а также увеличивает продолжительность эмбриогенеза [3].

Учитывая, что применение термоконтрастного режима приводит к колебаниям температуры скорлупы яиц и затрудняет контактную термометрию, авторы поставили цель провести исследования, в круг задач которых входило выполнение математического расчёта термоконтрастного режима инкубации, обеспечивающего компенсацию периодов охлаждения общим повышением температуры в камере инкубатора на термостабильных участках таким образом, чтобы сохранить сумму температур эмбриона, получаемую при инкубации при термостабильном режиме, рекомендованном производителями инкубационного яйца.

Методика исследований

В лаборатории заповедника «Галичья гора» Воронежского государственного университета были проведены эксперименты, в ходе которых определяли параметры естественного насиживания яиц [10].

Температурный режим скорлупы яйца регистрировали с помощью четырёх термисторов, закреплённых равноудалённо в экваториальной зоне малого радиуса яйца непосредственно на скорлупе.

Температурный режим среды, окружающей яйцо в процессе насиживания (тело наседки, подстилка гнезда, воздух), регистрировали с помощью четырёх термисторов, закреплённых равноудалённо в экваториальной зоне малого радиуса яйца.

Собственные яйца наседки заменялись на яйца с датчиками. В одной кладке было 2 яйца с закреплёнными датчиками. Частота опроса датчиков составляла 1 Гц. После математической обработки по пересчёту значений напряжения, получаемых на выходе с самописца, результаты измерений сохранялись в программе MS Excel. Пересчёт значений напряжения в температуру осуществлялся на основании документации к термисторам.

В лаборатории кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности Воронежского государственного аграрного университета осуществляли расчёт параметров температурного режима инкубации с применением краткосрочных охлаждений яиц, синхронизированных с поворотом, а также разработали конструктивно-технологическую схему для его реализации.

Экспериментальные данные обрабатывались с применением современных компьютерных программ MS Excel, Статистика.

При создании итогового уравнения расчёта температурного режима инкубации использовались методы регрессионного анализа отдельных термограмм естественного насиживания с последующим их обобщением. Визуализация полученных результатов проводилась посредством построения графических зависимостей.

Результаты и их обсуждение

Диапазон допустимых параметров искусственной инкубации был определён по результатам предварительных инструментальных исследований (табл. 1).

Таблица 1. Сводные данные о параметрах естественного насиживания

День насиживания	Средняя температура, °С			Количество поворотов, ч ⁻¹	Количество охлаждений, ч ⁻¹		Длительность охлаждений, с		Разница температуры тела наседки и скорлупы
	эмбриона	среды	тела наседки		на 0,2°С	на 0,5°С	на 0,2°С	на 0,5°С	
1	30,8	31,4	33,2	2,3	0,9	0,2	205,8	97,0	2,4
2	27,5	27,2	28,7	7,9	1,6	1,0	201,3	115,2	1,2
3	29,6	29,3	30,7	20,5	1,8	1,0	295,5	127,4	1,1
4	27,6	27,2	28,6	16,0	0,9	0,8	300,2	257,3	1,0
5	27,6	27,2	28,9	9,4	1,2	0,7	185,1	198,5	1,3
6	29,9	29,5	32,3	3,0	1,8	1,5	210,1	179,7	2,3
7	33,1	32,6	34,7	5,0	3,8	1,8	144,6	85,7	1,6
8	35,8	35,4	38,0	3,4	2,7	1,5	124,4	34,4	2,2
9	36,5	36,1	38,3	5,3	2,8	1,0	74,4	50,2	1,9
10	36,4	36,0	38,0	2,9	4,1	1,4	67,3	110,6	1,7
11	37,4	37,1	39,0	3,0	1,8	1,3	107,6	56,1	1,6
12	37,4	37,0	38,7	3,6	2,1	0,9	89,2	129,8	1,3
13	37,1	36,7	38,6	6,5	2,5	1,2	70,0	12,5	1,5
14	36,0	35,6	37,8	4,5	2,9	2,0	109,6	53,5	1,8
15	36,2	35,9	37,1	3,5	3,1	1,2	83,3	25,5	0,9
16	37,1	36,8	37,6	18,6	2,4	0,8	58,9	73,6	0,5
17	36,5	36,2	37,6	1,7	3,1	1,0	47,9	41,0	1,1
18	37,1	36,7	37,6	7,4	2,9	1,3	88,6	43,5	0,5
19	37,7	37,4	38,5	7,3	2,2	1,4	96,0	38,3	0,8
20	38,2	37,8	38,8	14,4	5,3	1,5	42,8	10,6	0,7
Mean	34,3	34,0	35,6	7,3	2,5	1,2	130,1	84,9	1,4
Min	27,5	27,2	28,6	1,7	0,9	0,2	42,8	10,6	0,5
Max	38,2	37,8	39,0	20,5	5,3	2,0	300,2	257,3	2,4

Также на предварительном этапе были определены основные параметры температурного режима инкубации:

- температура скорлупы яйца в процессе насиживания;
- кратность охладений;
- длительность охладений.

Уровни варьирования параметров выбраны на основании результатов эксперимента (табл. 2).

Таблица 2. Предварительные уровни варьирования параметров температурного режима инкубации

Наименование параметра	Интервал варьирования	Уровни варьирования	
		нижний	верхний
Средняя температура скорлупы яйца в процессе насиживания, °С	10,7	27,5	38,2
Кратность охладений, ч ⁻¹	4,4	0,9	5,3
Длительность охладений, с	256	42	300

В основу расчёта температурного режима положен схематический график изменений температурного режима яйца в процессе естественного насиживания (рис. 1).

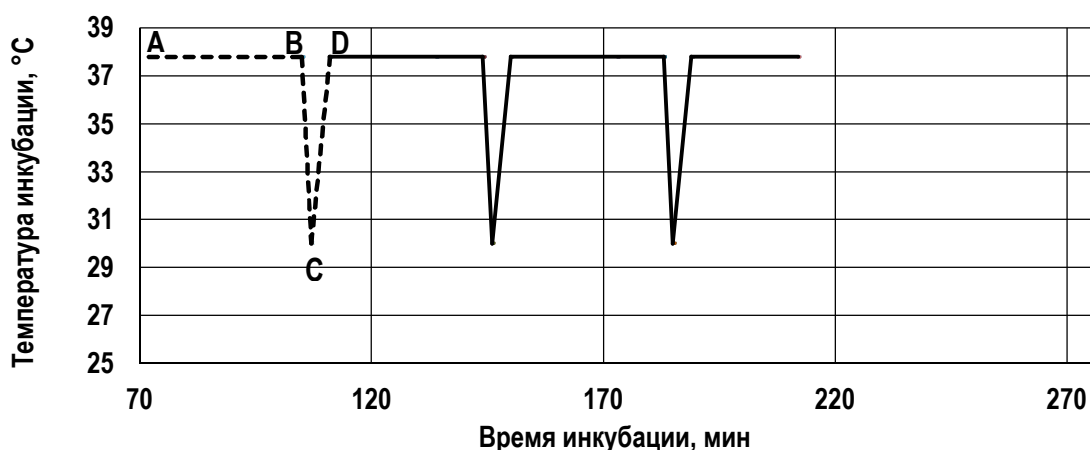


Рис. 1. Схематический график изменения температуры инкубации в зависимости от времени

Следует учитывать, что период времени, в который температура скорлупы яйца ниже среднего значения, состоит из двух фрагментов, а именно, периода собственно охлаждения *BC*, когда нет контакта наседки с яйцом, и периода нагрева *CD*, когда тепло от наседки поступает к яйцу, однако температура ещё не восстановилась до начального значения. Следовательно,

$$N_{сут.} = (N_{BC} + N_{CD} + N_{AB}) \cdot n, \quad (1)$$

где $N_{сут.}$ – количество измерений в сутки, сут.⁻¹ ($N_{сут.} = 86\,400$ сут.⁻¹, численно равно длительности суток $T_{сут.} = 86\,400$ с, так как частота измерений равна 1 Гц);

N_{BC} – количество измерений в период охлаждения (нагрев отсутствует), ед. (численно равно длительности периода охлаждения T_{BC} , с);

N_{CD} – количество измерений в период нагрева до стабильной температуры, ед. (численно равно длительности периода нагрева T_{CD} , с);

N_{AB} – количество измерений в период стабильной температуры, ед. (численно равно длительности периода стабильной температуры T_{AB} , с);

n – количество охладений, сут.⁻¹;

$(N_{BC} + N_{CD})$ – суммарное количество измерений в период охлаждения и нагрева (численно равно времени, при котором температура скорлупы яйца ниже среднего значения ($T_{BC} + T_{CD}$) (табл. 3).

Учитывая, что график средних температур скорлупы яйца демонстрирует высокую стабильность, а также тот общеизвестный факт, что для полноценного развития эмбриона требуется определённая сумма температур, в качестве константы была принята сумма температур естественного насиживания – S_t .

Таблица 3. Уровни варьирования суммы температур скорлупы в процессе естественного насиживания

Наименование параметра	Уровни варьирования		
	нижний	основной	верхний
Сумма температур S_t , °C	3045815,75	3204775,26	3317566,05

Формула суммы температур скорлупы при искусственной инкубации будет иметь следующий вид:

$$S_t = \left(\sum_{i=1}^{N_{BC}} t_{i \text{ охл.}} + \sum_{i=1}^{N_{CD}} t_{i \text{ нагр.}} + \sum_{i=1}^{N_{AB}} t_{i \text{ стаб.}} \right) \cdot n, \quad (2)$$

где $t_{i \text{ охл.}}$ – значение температуры i -го измерения в период охлаждения, °C;
 $t_{i \text{ нагр.}}$ – значение температуры i -го измерения в период нагрева, °C;
 $t_{i \text{ стаб.}}$ – значение температуры i -го измерения периода стабильной температуры, °C.

Далее для получения уравнений расчёта температур был проведён регрессионный анализ данных, полученных при инструментальном контроле параметров естественного насиживания.

Значения снижения температуры скорлупы яйца в зависимости от длительности охлаждения могут быть рассчитаны по уравнению регрессии, полученному в результате аппроксимации экспериментальных данных, представленных в таблице 4.

Таблица 4. Зависимость средней температуры скорлупы яйца от длительности охлаждения

Длительность охлаждения, с	Температура скорлупы, °C	Длительность охлаждения, с	Температура скорлупы, °C	Длительность охлаждения, с	Температура скорлупы, °C
10	37,42	110	35,91	210	35,22
20	37,09	120	35,81	220	35,16
30	36,89	130	35,75	230	35,11
40	36,72	140	35,68	240	35,05
50	36,59	150	35,61	250	35,00
60	36,49	160	35,53	260	34,97
70	36,30	170	35,45	270	34,91
80	36,22	180	35,38	280	34,82
90	36,04	190	35,31	290	34,78
100	36,00	200	35,29	300	34,78

Несмотря на то что в зависимости от срока эмбриогенеза эффекты от снижений температуры скорлупы яйца, обусловленных длительностью охлаждения, могут быть различными в связи с выработкой зародышем эндогенного тепла, при длительности охлаждения в пределах уровней варьирования, установленных экспериментально, данные различия принято считать несущественными (рис. 2).

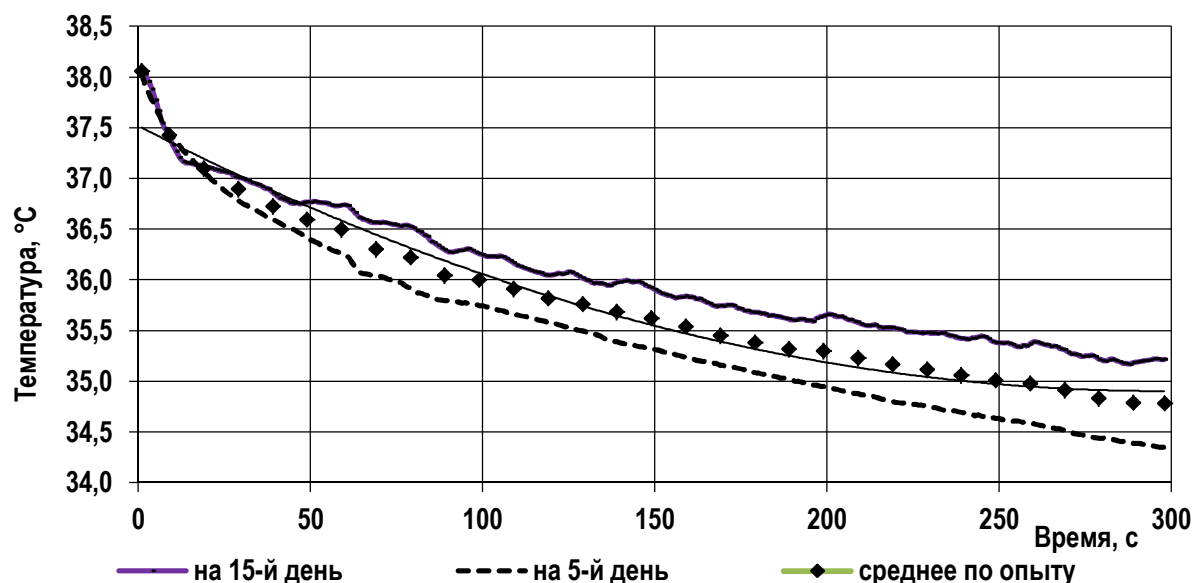


Рис. 2. Графики снижения температуры скорлупы яйца на 5-й и 15-й дни эмбриогенеза:
 $y = 3 \cdot 10^{-5}x^2 - 0,0176x + 37,519$; $R^2 = 0,974$

В результате регрессионного анализа значений средней температуры скорлупы яйца в зависимости от длительности охлаждения получаем

$$t_{охл.} = 0,00003T_{охл.}^2 - 0,0176T_{охл.} + 37,519, \quad (3)$$

где $t_{охл.}$ – значение температуры в период охлаждения, °C;

$T_{охл.}$ – заданная длительность охлаждения, с (численно равна количеству измерений отрезка в период охлаждения $N_{охл.}$).

Длительность отключения нагревательного элемента инкубатора задаётся оператором, значения температуры в конце охлаждения определяются по формуле, представленной выше, сумму температур в процессе охлаждения предложено рассчитывать по следующей формуле:

$$S_{охл.} = \sum_{i=1}^{N_{охл.}} t_{i\ охл.} = \sum_{i=1}^{N_{охл.}} (0,00003T_{i\ охл.}^2 - 0,0176T_{i\ охл.} + 37,519), \quad (4)$$

где $S_{охл.}$ – сумма температур в процессе охлаждения, °C.

Расчёт температуры скорлупы яйца и суммы температур в процессе нагрева яйца был также осуществлён на основании регрессионного анализа данных таблицы 5, полученных при инструментальном контроле параметров естественного насиживания.

Таблица 5. Зависимость температуры скорлупы яйца от длительности нагрева

Длительность нагрева, с	Температура скорлупы, °C	Длительность нагрева, с	Температура скорлупы, °C	Длительность нагрева, с	Температура скорлупы, °C
10	36,12	110	36,96	210	37,63
20	36,22	120	37,02	220	37,70
30	36,30	130	37,12	230	37,73
40	36,39	140	37,17	240	37,78
50	36,49	150	37,24	250	37,83
60	36,56	160	37,31	260	37,86
70	36,63	170	37,39	270	37,90
80	36,72	180	37,46	280	37,94
90	36,80	190	37,52	290	37,97
100	36,89	200	37,59	300	38,03

График зависимости температуры скорлупы яйца от длительности нагрева представлен на рисунке 3.

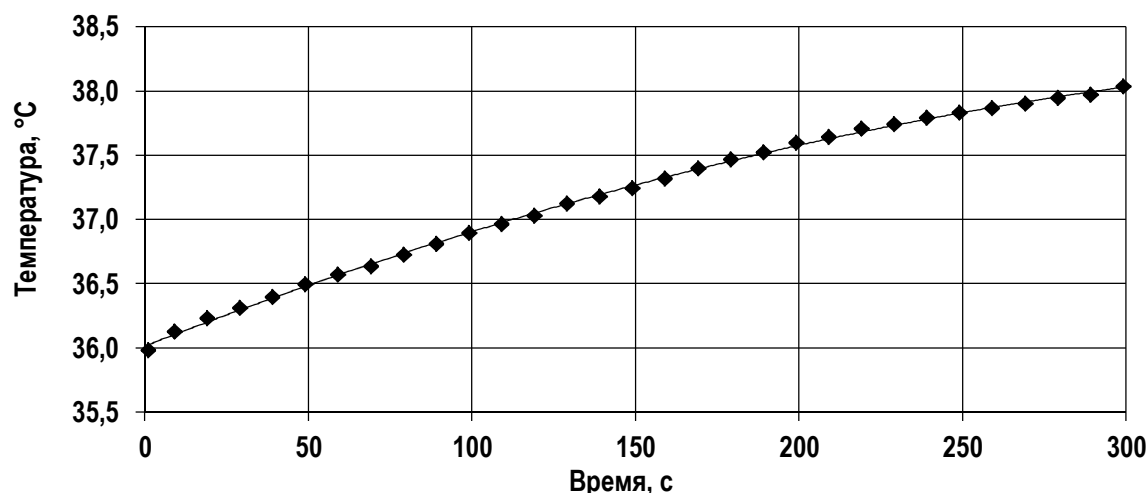


Рис. 3. График зависимости температуры скорлупы яйца от длительности нагрева:
 $y = -1 \cdot 10^{-5} x^2 + 0,01x + 36,014$; $R^2 = 0,9993$

В результате регрессионного анализа значений температуры скорлупы яйца в зависимости от длительности нагрева получаем

$$t_{нагр.} = -0,00001T_{нагр.}^2 + 0,01T_{нагр.} + 36,014, \quad (5)$$

где $t_{нагр.}$ – значение температуры в период нагрева, °C;

$T_{нагр.}$ – расчётная длительность нагрева, с (численно равна количеству изменений расчётного отрезка в период нагрева $N_{нагр.}$).

Определение суммы температур в процессе нагрева осуществляется по формуле

$$S_{нагр.} = \sum_{i=1}^{N_{CD}} t_{i нагр.} = \sum_{i=1}^{N_{CD}} (-0,00001T_{i нагр.}^2 + 0,01T_{i нагр.} + 36,014), \quad (6)$$

где $S_{нагр.}$ – сумма температур в процессе нагрева, °C.

Количество измерений расчётного отрезка в период нагрева $N_{нагр.}$ (численно равно расчётной длительности нагрева или восстановления температуры до исходного значения $T_{нагр.}$) может быть рассчитано по уравнению регрессии, полученному в результате аппроксимации экспериментальных данных, представленных в таблице 6.

Таблица 6. Зависимость длительности нагрева от температуры скорлупы яйца в начале нагрева

Начальная температура, °C	Длительность нагрева, с	Начальная температура, °C	Длительность нагрева, с	Начальная температура, °C	Длительность нагрева, с
35,98	300	36,89	200	37,61	100
36,14	290	36,97	190	37,65	90
36,24	280	37,04	180	37,69	80
36,31	270	37,13	170	37,75	70
36,41	260	37,20	160	37,80	60
36,50	250	37,25	150	37,83	50
36,57	240	37,32	140	37,87	40
36,65	230	37,41	130	37,90	30
36,74	220	37,48	120	37,96	20
36,84	210	37,53	110	37,99	10

График зависимости длительности восстановления температуры скорлупы яйца от значения температуры в начале нагрева представлен на рисунке 4.

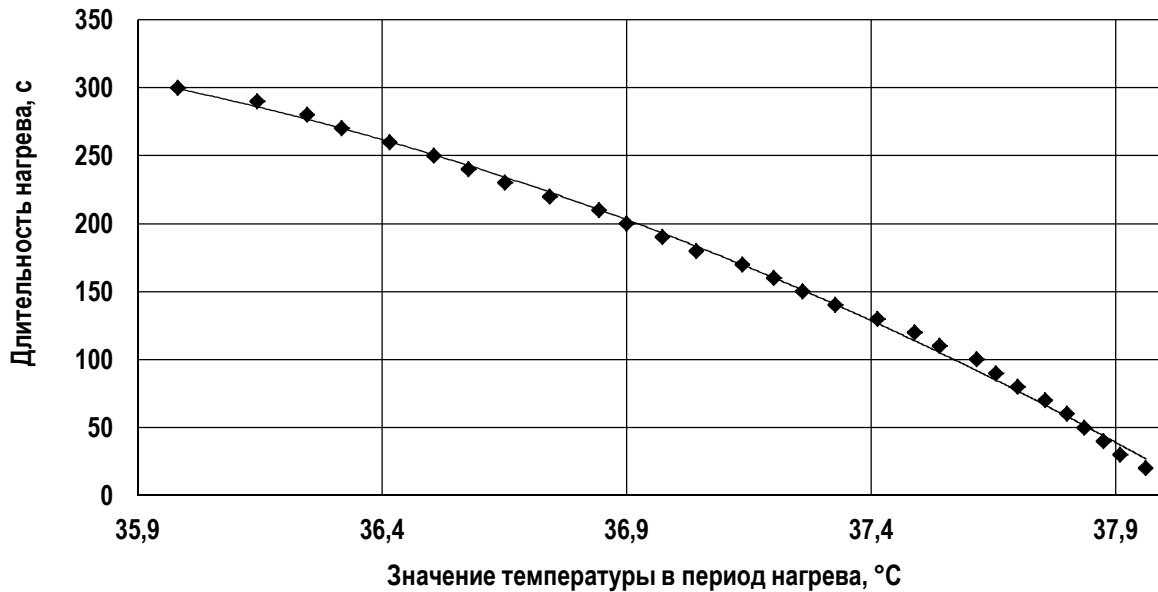


Рис. 4. График зависимости длительности восстановления температуры скорлупы яйца от значения температуры в начале нагрева: $y = -30,716x^2 + 2133,7x - 36708$; $R^2 = 0,998$

Количество измерений отрезка восстановления температуры скорлупы яйца определяется по формуле

$$N_{нагр.} = -30,716t_{нагр.}^2 + 2133,7t_{нагр.} - 36708, \tag{7}$$

где $t_{нагр.}$ – значение температуры в начале нагрева, °C.

Учитывая отсутствие при искусственной инкубации и характерного для естественного насиживания температурного градиента в яйце, при расчётах динамических изменений времени и температуры охладений в качестве начальной температуры использовалось доказанное оптимальное при термостабильном режиме инкубации значение температуры скорлупы, равное 37,8°C.

Полный алгоритм расчёта температуры в инкубаторе может быть представлен следующим образом.

1. Задать кратность n , сут.⁻¹ и продолжительность отключения нагревателя инкубатора $T_{охл.}$, с (численно равно количеству измерений заданного отрезка в период охлаждения $N_{охл.}$).

2. Определить количество измерений и сумму температур одного цикла по формулам:

$$(N_{BC} + N_{CD} + N_{AB}) = N_{сут.} / n, \tag{8}$$

$$\left(\sum_{i=1}^{N_{BC}} t_{i\ охл.} + \sum_{i=1}^{N_{CD}} t_{i\ нагр.} + \sum_{i=1}^{N_{AB}} t_{i\ стаб.} \right) = \frac{S_t}{n}. \tag{9}$$

3. Рассчитать температуру в конце периода охлаждения по формуле (3).

4. Рассчитать сумму температур в период охлаждения по формуле (4).

5. Рассчитать количество измерений отрезка в период нагрева по формуле (7).

6. Рассчитать сумму температур в период нагрева по формуле (6).

7. Определить количество измерений в период стабильной температуры по формуле

$$N_{AB} = N_{сут.} / n - N_{охл.} - N_{нагр.} \tag{10}$$

8. Определить сумму температур термостабильного периода по формуле

$$\sum_{i=1}^{N_{AB}} t_{i \text{ стаб.}} = \frac{S_t}{n} - \left(\sum_{i=1}^{N_{охл.}} t_{i \text{ охл.}} + \sum_{i=1}^{N_{нагр.}} t_{i \text{ нагр.}} \right). \quad (11)$$

9. Определить температуру инкубации термостабильного периода

$$t_{инк.} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{AB}} t_{i \text{ стаб.}}}{N_{AB}}. \quad (12)$$

Далее для численной реализации указанного алгоритма расчёта была разработана математическая программа на базе Microsoft Office Excel, позволяющая рассчитать искомую температуру инкубации в зависимости от длительности охлаждения, количества охлаждений в сутки и рекомендованной для данного вида птицы температуры инкубации при термостабильном режиме.

В результате численной реализации выражения (12) в разработанной программе построена графическая зависимость искомой температуры инкубации от длительности охлаждения и количества охлаждений в сутки при рекомендованной для данного вида птицы температуре инкубации при термостабильном режиме $t = 37,8^{\circ}\text{C}$, которая представлена на рисунке 5.

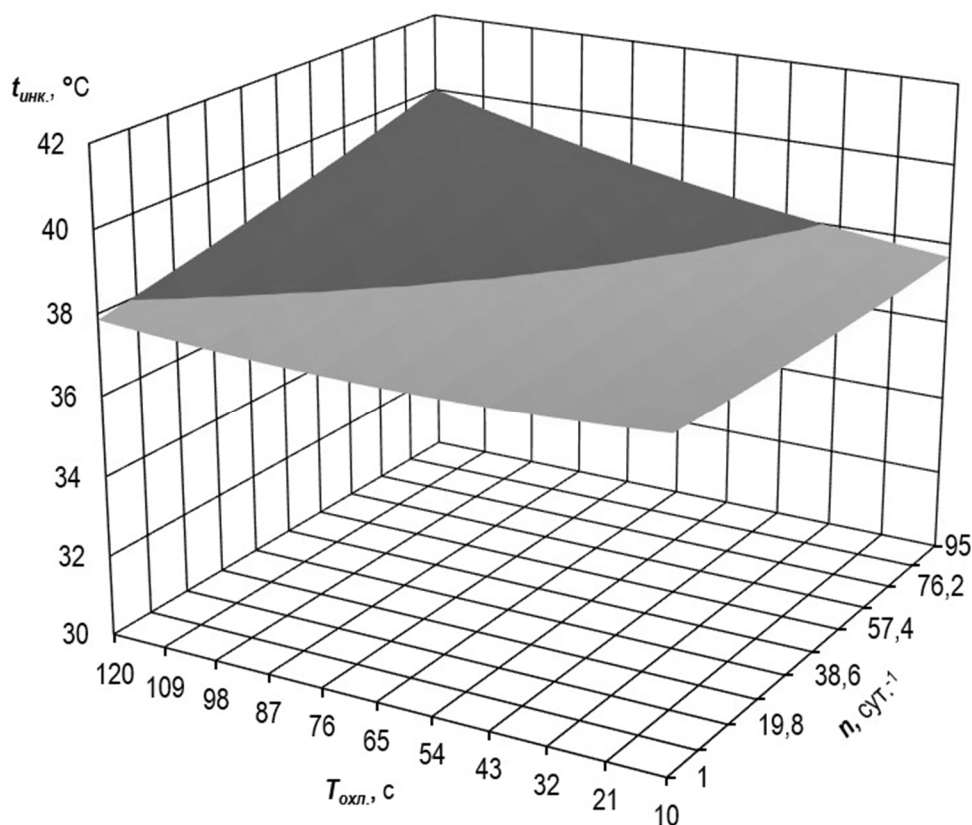


Рис. 5. Графическая зависимость искомой температуры инкубации от длительности охлаждения и количества охлаждений в сутки при рекомендованной для данного вида птицы температуре инкубации при термостабильном режиме $t = 37,8^{\circ}\text{C}$

Для реализации предложенного режима инкубации разработана конструктивно-технологическая схема инкубатора с функцией охлаждения яиц (рис. 6), которая состоит из корпуса 1, нагревательного элемента 2, вентилятора 3, лотков для яиц 4, механизма поворота лотков 5, увлажнителя 6, корпуса блоков управления 7, основного блока управ-

ления инкубатором 8, вспомогательного блока управления охлаждением 9, устройства вывода информации 10, органов управления инкубатором 11, датчика температуры 12, датчика температуры охлаждения 13, датчика влажности 14, вентиляторов охлаждения 15, жалюзи 16. Принцип работы инкубатора с функцией охлаждения яйца заключается в следующем [4].

При открытой двери корпуса 1 яйца птиц 17, предназначенные для инкубации, укладываются в лотки для яиц 4. Дверь инкубатора закрывается, после чего подаётся питание на блок управления 8, расположенный в корпусе блока управления 7. Блок управления 8 управляет подачей питания на все исполнительные системы лабораторного инкубатора, согласно установленной программе и данным, получаемым от датчика температуры 12 и датчика влажности 14.

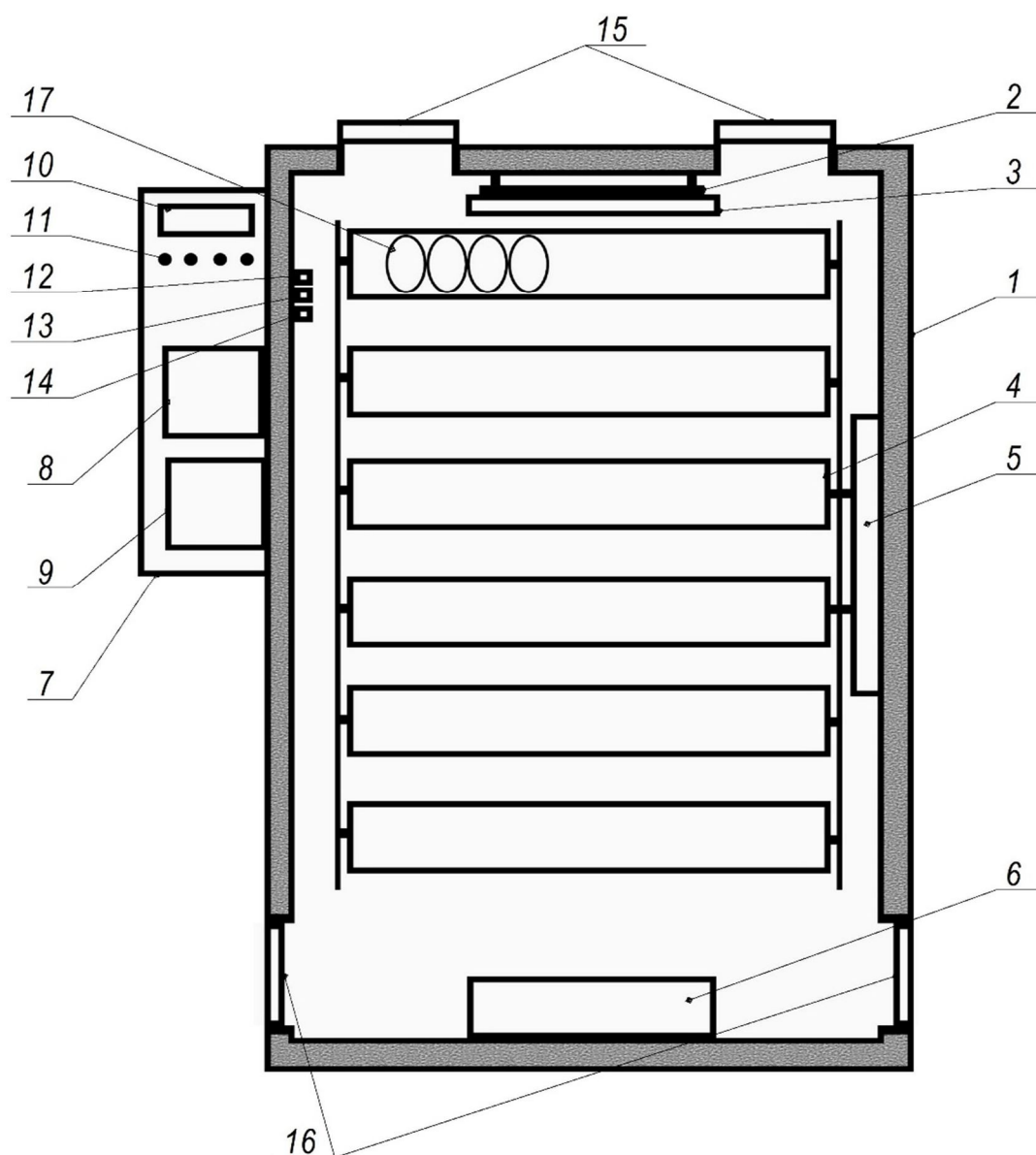


Рис. 6. Конструктивно-технологическая схема инкубатора с функцией охлаждения яиц: 1 – корпус; 2 – нагревательный элемент; 3 – вентилятор; 4 – лотки для яиц; 5 – механизм поворота лотков; 6 – увлажнитель; 7 – корпус блоков управления; 8 – основной блок управления инкубатором; 9 – вспомогательный блок управления охлаждением; 10 – устройство вывода информации; 11 – органы управления инкубатором; 12 – датчик температуры; 13 – датчик температуры охлаждения; 14 – датчик влажности; 15 – вентиляторы охлаждения; 16 – жалюзи; 17 – яйца птиц

Нагрев воздуха в камере инкубатора осуществляется нагревателем 2. Для создания одинаковой температуры в корпусе 1 воздух перемешивается вентилятором 3. Механизм поворота лотков 5 включается основным блоком управления инкубатором 8 через установленные пользователем промежутки времени.

В момент подачи питания на механизм поворота лотков 5 включается блок управления охлаждением, который включает вентиляторы охлаждения 15 на промежуток времени, установленный пользователем. Воздух из помещения, в котором установлен инкубатор, под воздействием давления, создаваемого вентиляторами охлаждения 15, нагнетается в корпус 1 инкубатора и охлаждает инкубируемые яйца 17. Под действием избыточного давления воздуха в корпусе 1 жалюзи 16 открываются и обеспечивают свободный выход воздуха через отверстия.

По завершении установленного пользователем времени охлаждения вспомогательный блок управления охлаждением 9 прекращает подачу питания на вентиляторы охлаждения 15, в отсутствие избыточного давления внутри корпуса 1 инкубатора жалюзи 16 закрываются. В случае снижения температуры воздуха в корпусе 1 инкубатора ниже значения, установленного пользователем и контролируемого датчиком температуры охлаждения 15, в целях предотвращения переохлаждения яиц 17 блок управления охлаждением 9 прекращает подачу питания на вентиляторы охлаждения 15 до окончания периода охлаждения, установленного пользователем.

Инкубатор переходит в режим поддержания запрограммированных параметров инкубации и управляется блоком управления 8.

При следующем включении механизма поворота лотков 5 цикл охлаждения, регулируемый блоком управления охлаждением 9, повторяется [4].

Конструкция инкубатора с функцией охлаждения яиц позволяет реализовать расчётный режим инкубации, основанный на параметрах естественного насиживания.

Выводы

Применение расчётного термоконтрастного режима инкубации яиц сельскохозяйственной птицы и предложенной для его реализации конструктивно-технологической схемы позволяет:

- осуществлять искусственную инкубацию яиц сельскохозяйственной птицы с использованием температурных параметров, максимально приближенных к условиям естественного насиживания;

- исключить эффект хронической гипотермии яиц в процессе термоконтрастной инкубации за счёт компенсации снижения средней температуры инкубации, вызванной периодическими охлаждениями воздуха в камере инкубатора.

Библиографический список

1. Болотников А.М. Влияние периодических охлаждений на интерьерные признаки птичьего эмбриона / А.М. Болотников, А.И. Шураков // Сборник статей по птицеводству и орнитологии. – Пермь, 1988. – С. 27–32.
2. Бурьян М. Управление температурой инкубации / М. Бурьян [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pasreform.com/ru/knowledge/46/upravlenie-temperaturoi-inkubatsii/> (дата обращения: 22.02.2020).
3. Дядичкина Л.Ф. Диагностика причин эмбриональной смертности сельскохозяйственной птицы : руководство / Л.Ф. Дядичкина (разработка). – Сергиев Посад : ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства», 2016. – 175 с.
4. Пат. на полезную модель 192870 Российская Федерация, МПК А01К 41/00 (2006.01). Инкубатор с функцией охлаждения яйца / А.Н. Судаков, А.А. Андрианов, Е.А. Андрианов, Н.Я. Скользнев ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – № 2019118555 ; заявл.14.06.2019 ; опубл. 03.10.2019, Бюл. № 28 – 4 с.
5. Рольник В.В. Биология эмбрионального развития птиц : монография / В.В. Рольник. – Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1968. – 424 с.
6. As the Egg Turns: Monitoring Egg Attendance Behavior in Wild Birds Using Novel Data Logging Technology / S.A. Shaffer, C.A. Clatterbuck, E.C. Kelsey, A.D. Naiman, L.C. Young, E.A. VanderWerf et al. // PLoS ONE. – 2014. – Vol. 9 (6). – No. e97898. DOI: 10.1371/journal.pone.0097898.
7. Hulet R.M. Embryonic temperature effects on post hatch performance in broilers / R.M. Hulet, G. Gladys // International Hatchery Practice. – 2000. – Vol. 15 (2). – Pp. 23.
8. Joseph N. The effects of suboptimal eggshell temperature during incubation on broiler chick quality, live performance, and further processing yield / N. Joseph, A. Lourens, E. Moran // Poultry Science. – 2006. – Vol. 85 (5). – Pp. 932–938.
9. The effects of different eggshell temperatures on embryonic development, hatchability, chick quality, and first-week broiler performance / A. Ipek, U. Sahan, S.C. Baycan, A. Sozcu // Poultry Science. – 2014. – Vol. 93 (2). – Pp. 464–472. DOI:10.3382/ps.2013-03336.
10. The study of the natural chicken brooding in laboratory conditions / E.A. Andrianov, A.A. Andrianov, A.N. Sudakov, P.I. Dudin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : Materials 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Russia, Voronezh, 2020. – Vol. 422. – 012051. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012051.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Александр Николаевич Судаков – аспирант кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: ansudak@gmail.com.

Евгений Александрович Андрианов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: evgeniy377@gmail.com.

Алексей Александрович Андрианов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: alexey739@gmail.com.

Дата поступления в редакцию 18.05.2020

Дата принятия к печати 23.06.2020

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Alexander N. Sudakov, Postgraduate Student, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: ansudak@gmail.com.

Evgeniy A. Andrianov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: evgeniy377@gmail.com.

Aleksey A. Andrianov, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: alexey739@gmail.com.

Received May 18, 2020

Accepted after revision June 23, 2020

ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНЫЕ КОМБИНАЦИИ ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДА КОВБОЙ-СУПЕР, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЧИСТОТУ ПОСЕВОВ И ВЫСОКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Валентина Андреевна Гулидова

Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина

Представлены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния на сорную растительность в посевах озимой пшеницы гербицидов на основе хлорсульфурона, дикамбы и трибенурон-метила. Ассортимент гербицидов сельскохозяйственного назначения систематически обновляется. Малоэффективные препараты заменяются более эффективными, которые обеспечивают надёжную защиту посевов от сорной растительности и являются менее опасными для человека и окружающей среды. Двухкомпонентный гербицид на основе дикамбы и хлорсульфурона Ковбой-супер показал более высокую эффективность в посевах озимой пшеницы против всех видов сорняков как в фазе кущения, так и в фазе формирования 2-го междоузлия, при этом его применение в фазе формирования 2-го междоузлия было более эффективным, чем в фазе кущения. Полностью были подавлены к уборке такие сорняки, как бодяк полевой (*Cirsium arvense*), горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus*), живокость полевая (*Consolida regalis*), марь белая (*Chenopodium album*), мышиный горошек (*Vicia cracca*), осот полевой (*Sonchus arvensis*), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris*), ясколка полевая (*Cerastium arvense*) и яснотка пурпурная (*Lamium purpureum*). В посевах озимой пшеницы гербицид Ковбой-супер в норме расхода 0,17 и 0,2 л/га в фазах кущения и формирования 2-го междоузлия показал более высокую эффективность против сорняков, чем эталонные варианты: препарат Ковбой в дозе 0,19 л/га и баковая смесь Банвел (0,15 л/га) + Гранстар (0,01 кг/га). Увеличение нормы расхода гербицида Ковбой-супер с 0,17 до 0,2 л/га было более эффективным независимо от срока внесения. Гербицид Ковбой-супер в норме расхода 0,2 л/га обеспечивал гибель сорняков в зависимости от срока применения на 96,3–97,4% при снижении массы сорной растительности на 93,6–95,4%, что положительно сказалось на продуктивности озимой пшеницы. Прирост урожайности составил 0,75 т/га (фаза кущения) и 0,76 т/га (фаза формирования 2-го междоузлия).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гербициды, Ковбой-супер, хлорсульфурон, дикамба, сорняки, озимая пшеница, эффективность.

ENVIRONMENTALLY RATIONAL COMBINATIONS FOR APPLICATION OF COWBOY-SUPER HERBICIDE ENSURING THE PURITY OF CROPS AND HIGH PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT

Valentina A. Gulidova

Bunin Yelets State University

The author presents the results of experimental studies on the effect of herbicides based on chlorsulfuron, dicamba and tribenuron methyl on weeds in winter wheat crops. The selection of agricultural herbicides is being updated regularly. Low-efficiency preparations are replaced with more effective ones, which provide reliable protection of crops from weeds and are less dangerous for humans and the environment. Cowboy-super two-component herbicide based on dicamba and chlorsulfuron showed higher efficiency in winter wheat crops against all weed species both in the phase of tillering and second internode formation. Therein its application within the second internode formation phase was more effective than in the tillering phase. By the time of harvesting the following weeds were completely suppressed: creeping thistle (*Cirsium arvense*), black bindweed (*Polygonum convolvulus*), field larkspur (*Consolida regalis*), lambsquarters (*Chenopodium album*), bird vetch (*Vicia cracca*), perennial sowthistle (*Sonchus arvensis*), shepherd's purse (*Capsella bursa-pastoris*), field chickweed (*Cerastium arvense*), and red dead-nettle (*Lamium purpureum*). In winter wheat crops Cowboy-super herbicide applied at the rate of 0.17 and 0.2 L/ha in the phases of tillering and second internode