

orosheniya pochv Sibiri. – Sb. tr. mezhd. konf. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 1988. – S. 26-33.

6. Panfilov V.P., Makarychev S.V. i dr. Otsenka izmeneniy vodno-teplovyykh usloviy v chernozemakh Zapadnoy Sibiri pri oroshenii // Klimat pochv. – Pushchino, 1985. – S. 119-122.

7. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. (2019). Water retention capacity of soils in the Altai Region. *Eurasian Soil Science*. Vol. 52 (2): 187-192.

8. Vadyunina A.V., Korchagina Z.A. Metody opredeleniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov. – M.: Vysshaya shkola, 1973. – 345 s.



УДК 628.475.7:631.862

**А.А. Коновалова, В.И. Коновалов, А.В. Шишкин**  
A.A. Konovalova, V.I. Konovalov, A.V. Shishkin

## О РЕЗУЛЬТАТАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ПОМЕТА МЕТОДОМ КРЕМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

### THE FINDINGS OF EXPERIMENTAL STUDY OF POULTRY MANURE DISPOSAL INCINERATION WITH THE USE OF UHF-RADIATION

**Ключевые слова:** помёт, утилизация отходов, переработка помёта, котел малой мощности, СВЧ-энергия, СВЧ-розжиг, энергия активации, магнетрон, волновод.

Приводится проблема, заключающаяся в низкой экономической эффективности применения известных методов утилизации куриного помёта в климатических условиях Республики Бурятия, кроме его сжигания. Предлагается техническое решение в виде небольшой доработки стандартных котлов малой мощности путем установки СВЧ-излучателя, способствующего горению помёта повышенной влажности. Представлены установка и методика экспериментальных исследований, включая план-матрицу эксперимента, а также некоторые характеристики исследуемого твердого топлива на основе помёта, выбраны критерии оптимизации в виде тепловыделения, зольности и концентрации оксида углерода в дымовых газах. В качестве факторов были взяты мощность излучения магнетрона, влажность пометной массы, используемой в качестве топлива, и массовый расход воздуха, поступающего в котел. Приведены результаты в виде таблиц данных, графиков зависимостей выбранных критериев оптимизации от факторов, уравнений регрессии. В результате анализа экспериментальных данных

было доказано, что при увеличении влажности помёта, массового расхода воздуха и мощности СВЧ-излучателя выделяющееся количество теплоты увеличивается. Оптимальное значение тепловыделения, равное  $Q_{opt}=2,105$  МДж, соответствует мощности СВЧ-излучателя  $P=400$  Вт, влажности помёта  $W=38,36\%$  и массовому расходу воздуха  $L=13,84$  кг/ч. Оптимальное значение зольности составляет  $A_{opt}=18,398\%$  при мощности СВЧ-излучателя  $P=141,6$  Вт, влажности помёта  $W=49,88$  и массовом расходе воздуха  $L=26,585$ . Оптимальные значения концентрации оксида углерода в дымовых газах котла варьируются в пределах  $\varphi_{CO}=3,916-5,076\%$  при  $P=184,4-400$  Вт,  $W=37,28-55\%$  и  $L=22,776-39,13$  кг/ч.

**Keywords:** poultry manure, waste disposal, manure processing, low-power boiler, UHF energy, UHF firing, activation energy, magnetron, waveguide.

This paper discusses the problem of low economic efficiency of the known methods of poultry manure disposal under the climatic conditions of Buryatia but for its incineration. The proposed technical solution is to upgrade the standard low-power boilers by installing a microwave radiator that contributes to incineration of high moisture manure. The experimental device and methodology of experimental stud-

ies are described including the experiment plan-matrix and some characteristics of the investigated solid fuel based on high moisture poultry manure; the optimization criteria were selected: heat generation, ash content and the concentrations of carbon monoxide in flue gases. The following factors were chosen: magnetron radiation power, moisture content of manure and mass air flow entering the boiler. The research findings are presented in the form of data tables, graphs of selected optimization criteria from the factors and regression equations. As a result of experimental data analysis it was proved that with increasing moisture of manure, the

mass air flow rate and radiation power of magnetron, heat generation increase. The optimal value of heat radiation equal to  $Q_{opt} = 2.105$  MJ corresponds to the power of magnetron of  $P = 400$  W, manure moisture of  $W = 38.36\%$  and mass air flow rate of  $L = 13.84$  kg h. The optimal value of ash content is  $A_{opt} = 18.398\%$  at the power of magnetron of  $P = 141.6$  W, manure moisture of  $W = 49.88\%$  and mass air flow rate of  $L = 26.585$  kg h. The optimal values of carbon monoxide concentrations in flue gases range from  $\varphi_{\infty} = 3.916-5.076\%$  when  $P = 184.4-400$  W,  $W = 37.28-55\%$  and  $L = 22.776-39.13$  kg h.

**Коновалова Анна Александровна**, аспирант каф. «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова. E-mail: nyura.matveevskaya@mail.ru.

**Коновалов Виктор Иванович**, к.т.н., доцент каф. «Мелиорация и охрана земель», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова. E-mail: kvi\_viktor@mail.ru.

**Шишкин Александр Викторович**, к.с.-х.н., доцент каф. геодезии и инженерных сооружений, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 20-31-12. E-mail: shishkin8@yandex.ru.

**Konovalova Anna Aleksandrovna**, post-graduate student, Chair of Electrification and Automation of Agriculture, Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. E-mail: nyura.matveevskaya@mail.ru.

**Konovalov Viktor Ivanovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Land Reclamation and Protection, Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. E-mail: kvi\_viktor@mail.ru.

**Shishkin Aleksandr Viktorovich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Geodesy and Engineering Structures, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-31-12. E-mail: shishkin8@yandex.ru.

## Введение

На сегодняшний день существует большое разнообразие технологий по утилизации биологических отходов сельскохозяйственного производства в виде навоза и помета птиц [1, 2], остатков от мясопереработки и падежа скота. Однако проблема утилизации помета в условиях резкоконтинентального климата Республики Бурятия является особым вопросом [3]. В Республике Бурятия основной производитель в птицеводческой отрасли – ОАО «Улан-Удэнская птицефабрика». Ежедневно данное предприятие производит до 20 т помета, который складывается на близлежащих к фабрике территориях без какой-либо последующей переработки. Внедрение микробиологических методов переработки помета в условиях Бурятии связано с отсутствием возможности их применения в холодное время года, которое составляет по усредненным данным за 12 лет около 177 дней, что ведет к экономической неэффективности туннельного компостирования, а также биогазовых установок. Учитывая достаточно высокую стоимость электроэнергии для региона (более 5 рубл. за 1 кВт для юридических лиц), метод термической сушки помета также себя не оправдывает, а для малых и средних форм сельхозтоваропроизводителей является экономически убыточным способом утилизации.

Несмотря на перечисленные недостатки при утилизации, помет остается ресурсом, изменяющийся у производителя в достаточном количестве, который может применяться в качестве альтернативы твердому топливу. Поэтому разработка технических и технологических решений по применению в качестве твердого топлива отходов птицеводства и животноводства в котлах существующих конструкций имеет актуальное значение в сельскохозяйственном производстве. Однако технических решений данной проблемы, способных её решить в холодных климатических условиях, не так уж и много, особенно для малых и средних сельхозтоваропроизводителей. Предлагаемое техническое решение заключается в утилизации помета методом его сжигания в котлах малой мощности с применением СВЧ-излучателя.

Исходя из обозначенной проблемы **целью** работы является экспериментальное изучение процесса сжигания помета в котле с применением СВЧ-излучателя. Рабочая **научная гипотеза** состоит в том, что применение в котлах малой мощности СВЧ-излучателей позволит производить сжигание помета без специальной его подготовки и существенного изменения конструкции тепловой энергоустановки. Для достижения поставленной цели необходимо экспериментально решить следующие **задачи**:

- 1) изучить влияние качественных параметров топлива на основе помета и количества окислителя на процесс тепловыделения;
- 2) проанализировать зависимость зольности от воздействия СВЧ-излучения;
- 3) оценить экологическую составляющую от дымовых газов, получаемых при сжигании твердого топлива с применением СВЧ-излучения.

### Объекты и методы исследования

Объектом данного исследования являлся процесс горения помета в котле малой мощности с использованием СВЧ-излучателя, где в качестве предмета выступала зависимость характеристик горения помета в котле малой мощности от конструктивных особенностей СВЧ-излучателя и технологических параметров используемого твердого топлива.

Исследования показателей горения помета с применением СВЧ-излучения проводились на экспериментальной установке (рис. 1).

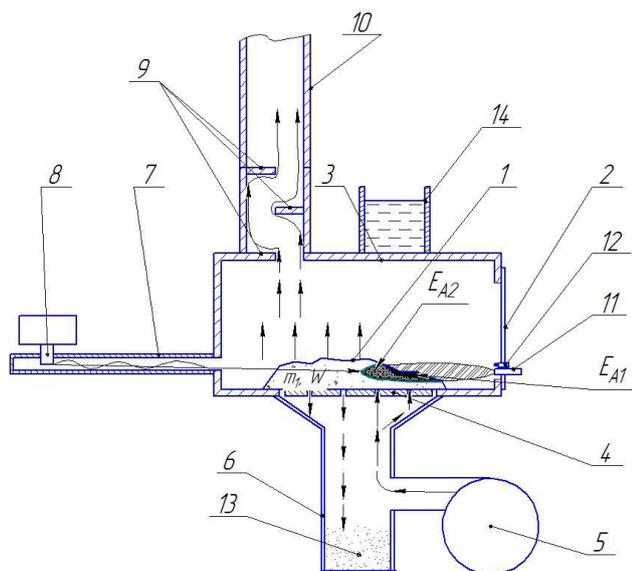


Рис. 1. Общая принципиальная схема работы котла с СВЧ-розжигом:

- 1 – твердое топливо; 2 – дверца;
- 3 – котлоагрегат; 4 – колосниковая решетка;
- 5 – наддув; 6 – зольник; 7 – волновод;
- 8 – магнетрон; 9 – лабиринтный отражатель;
- 10 – дымовая труба; 11 – газовая горелка;
- 12 – запальная свеча; 13 – зола; 14 – калориметр

Сжигание топлива на основе пометной массы производилось спустя 3, 5 и 10 сут. после склади-

рования в бурт, при этом влажность помета варьировалась от 75 до 35%. Масса топлива на основе помета, помещаемая в котел, была каждый раз постоянной и соответствовала 1 кг.

Основные этапы работы экспериментальной установки детально описаны в работах [4-7]. В качестве критериев оптимизации были приняты: количество теплоты, выделяемое при горении помета  $Q_1$ , Дж; зольность  $A^P$ , %; концентрация оксида углерода в дымовых выбросах  $\varphi$ , %. Факторами выступают мощность излучения магнетрона  $P$ , Вт; влажность пометной массы, используемой в качестве топлива  $W$ , %; массовый расход воздуха  $L$ , кг/ч (табл. 1). Экспериментальные исследования проводились в 3 подхода для получения достоверных данных, а в качестве плана эксперимента применялся полный трехфакторный трехуровневый ортогональный план.

### Результаты и их обсуждение

Проведя анализ зависимости критериев оптимизации в виде количества теплоты, выделяемой при сгорании 1 кг топлива на основе помета и переданного котлу, зольности остатков, концентрации оксида углерода в дымовых газах от таких факторов, как мощность СВЧ-излучателя, влажность помета, массовый расход воздуха при сгорании топлива, выяснилось следующее.

1. Экстремум функции отклика  $Q_1=Y_1(X_1, X_2, X_3)$  находится в пределах варьирования переменных факторов. Значение экстремума составляет  $Y_{1opt}=2,105$  МДж. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов:  $X_2=-0,832$  (38,36%) и  $X_3=-0,639$  (13,84 кг/ч) при  $X_1=0$  (400 Вт) (рис. 2б, табл. 2):

$$Y_1(X_1, X_2, X_3) = 3,508 + 0,485 \cdot X_1 + 3,184 \cdot X_2 + 0,246 \cdot X_3 + 0,214 \cdot X_1^2 + 1,923 \cdot X_2^2 + 0,208 \cdot X_3^2 - 0,035 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,29 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,024 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (1)$$

Проводя графический анализ поверхностей отклика целевой функции количества выделяемого котлом тепла от ряда факторов, выяснилось, что функция  $Q_1=Y_1(X_1, X_2, X_3)$  напрямую зависит от значений аргументов. Однако её экстремум наблюдается лишь при фиксированном значении аргумента  $X_1=0$ . Минимальные пределы аргументов  $X_1, X_2, X_3$  выбраны верно, т.к. являются пороговыми в физическом плане.

Факторы и интервалы их варьирования

	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования	Наименование фактора
x1:	0	400	800	400	Мощность излучения магнетрона $P_{вх}$ , Вт
x2:	35	55	75	20	Влажность пометной массы, используемой в качестве топлива W, %
x3:	6,64	26,585	46,53	19,945	Массовый расход воздуха L, кг/ч

2. Экстремум функции отклика  $A^P=Y_2(X_1, X_2, X_3)$  находится в пределах варьирования переменных факторов. Значение экстремума составляет  $Y_{2opt}=18,398\%$ . Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов:  $X_1=-0,646$  (141,6 Вт) и  $X_2=-0,256$  (49,88%) при  $X_3=0$  (26,585 кг/ч) (рис. 3б, табл. 2):

$$Y_2(X_1, X_2, X_3) = 19,836 + 3,779 \cdot X_1 + 1,703 \cdot X_2 + 16,66 \cdot X_3 + 2,659 \cdot X_1^2 + 1,622 \cdot X_2^2 + 2,566 \cdot X_3^2 + 1,351 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,317 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,155 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (2)$$

3. Экстремум функции отклика  $\varphi=Y_3(X_1, X_2, X_3)$  находится в пределах варьирования переменных факторов. Значение экстремума составляет  $Y_{3opt}=5,076\%$ . Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов:  $X_1=-0,539$  (184,4 Вт) и  $X_3=-0,191$  (22,776 кг/ч) при  $X_2=0$  (55%) (рис. 4б, табл. 2):

$$Y_3(X_1, X_2, X_3) = 5,222 + 0,501 \cdot X_1 + 2,93 \cdot X_2 + 0,113 \cdot X_3 + 0,386 \cdot X_1^2 + 1,644 \cdot X_2^2 - 0,331 \cdot X_3^2 + 0,536 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,445 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,37 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (3)$$

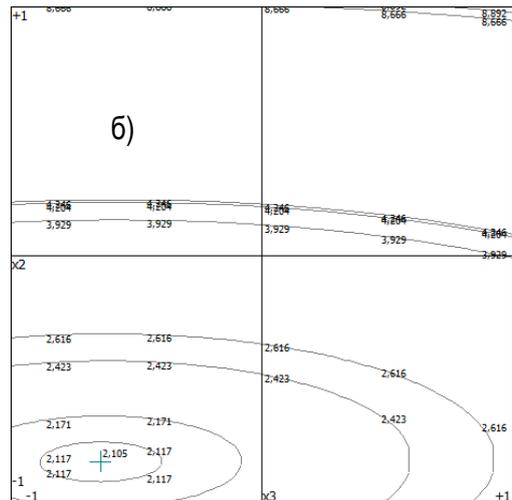
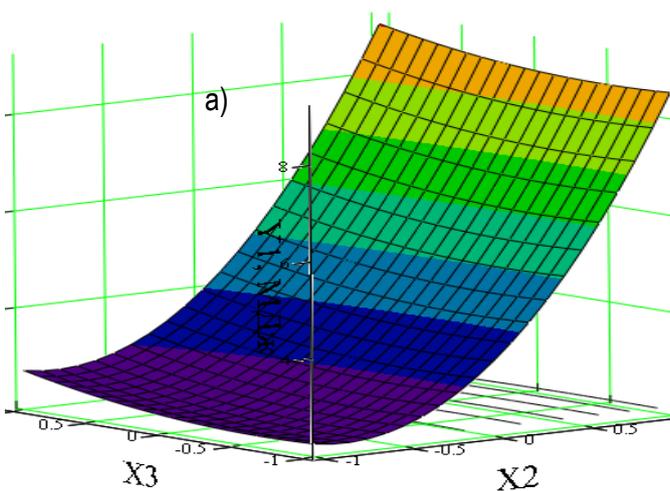
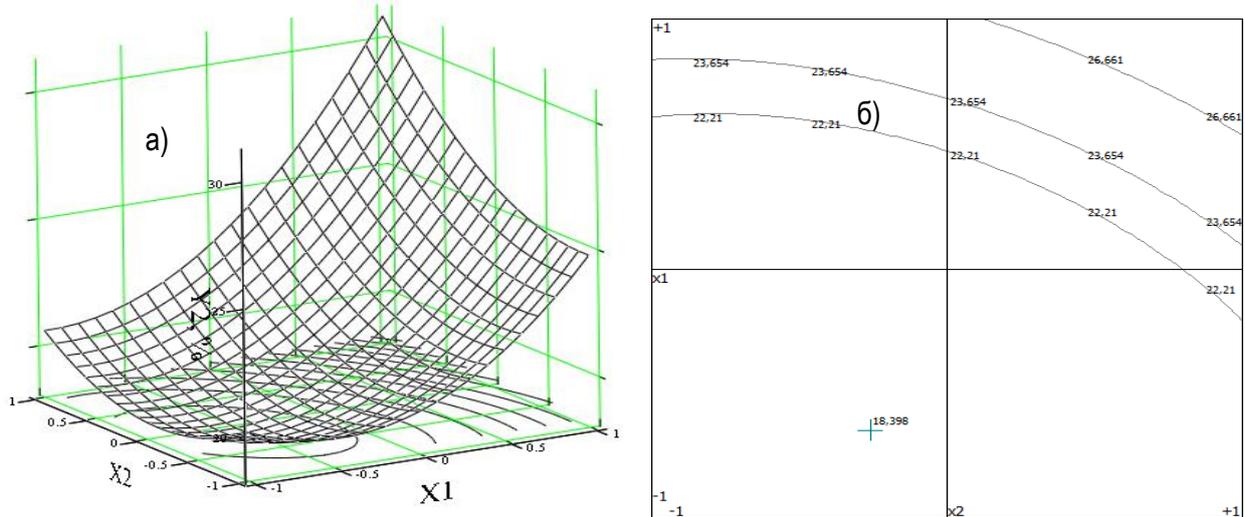
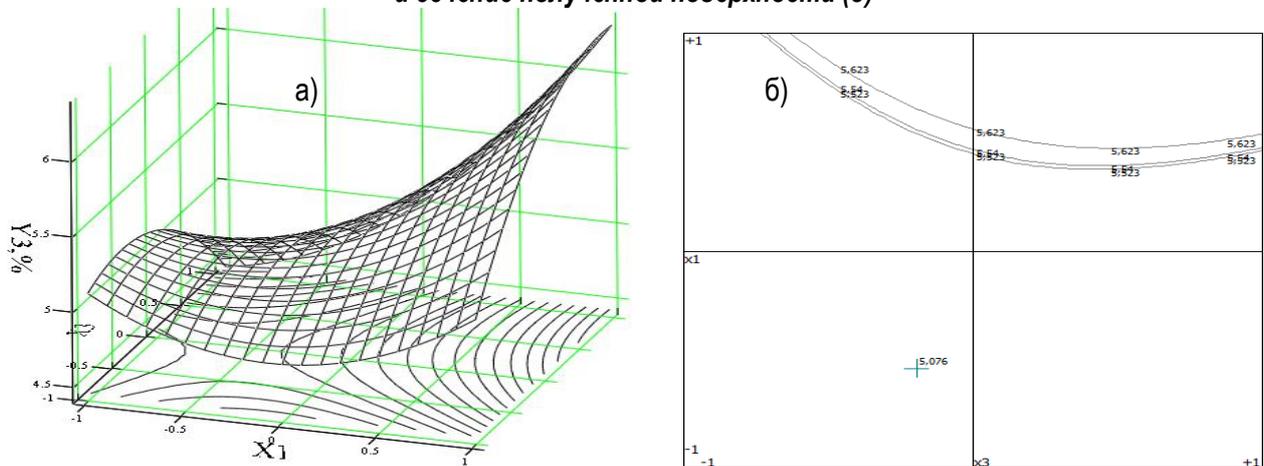


Рис. 2. График зависимости выделяемого котлом количества теплоты от влажности помета  $X_2$ , массового расхода воздуха  $X_3$ , при мощности СВЧ-излучения  $X_1=0$  (400 Вт) (а) и сечение полученной поверхности (б)



**Рис. 3. График зависимости зольности топлива на основе помета от мощности СВЧ-излучателя  $X_1$  и влажности  $X_2$  при массовом расходе воздуха  $X_3=0$  (26,585 кг/ч) (а) и сечение полученной поверхности (б)**



**Рис. 4. График зависимости концентрации оксида углерода в дымовых газах котла от мощности СВЧ-излучателя  $X_1$  и массового расхода воздуха  $X_3$  при влажности помета  $X_2=0$  (55%) (а) и сечение полученной поверхности (б)**

Таблица 2

План-матрица эксперимента и выходные значения критериев оптимизации

Номер опыта (u)	Матрица планирования			Критерий оптимизации $Q_1$ , МДж			Критерий оптимизации $A^p$ , %			Критерий оптимизации $\varphi_{co}$ , %		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$ (u, 1)	$Y_1$ (u, 2)	$Y_1$ (u, 3)	$Y_2$ (u, 1)	$Y_2$ (u, 2)	$Y_2$ (u, 3)	$Y_3$ (u, 1)	$Y_3$ (u, 2)	$Y_3$ (u, 3)
1	-1	-1	-1	2,126	2,26	2,126	5,878	5,4	5	4,063	4,01	3,9
2	+1	-1	-1	2,654	2,64	2,554	10,462	11	11,1	4,06	1	4
3	-1	+1	-1	8,709	8,5	8,79	6,165	6,82	6,1	10,58	8	10
4	-1	-1	+1	2,132	2,12	2,1	40,35	39,7	39,1	4,06	4	4,1
5	-1	0,19	0,19	3,956	3,98	3,85	23,229	23,4	20	5,87	5,85	4,9
6	0,19	-1	0,19	2,369	2,5	2,4	24,261	23,7	23	4,06	4,06	4
7	0,19	0,19	-1	4,193	4,2	4,22	7,145	7	7,1	5,87	5	5,7
8	-0,29	+1	+1	8,955	8,8	8,92	41,786	41	41	10,57	7	9
9	+1	-0,29	+1	4,439	4,3	4	45,052	45	44	5,87	6	5
10	+1	+1	-0,29	9,192	9,192	9,192	27,982	25	27	10,57	12	11

### Выводы

1. При увеличении влажности помета, массового расхода воздуха и мощности СВЧ-излучателя выделяющееся количество теплоты увеличивается. Оптимальное значение теплоты деления, равное  $Q_{opt}=2,105$  МДж, соответствует мощности СВЧ-излучателя  $P=400$  Вт, влажности помета  $W=38,36\%$  и массовому расходу воздуха  $L=13,84$  кг/ч.

2. Оптимальное значение зольности составляет  $A_{p_{opt}}=18,398\%$  при мощности СВЧ-излучателя  $P=141,6$  Вт, влажности помета  $W=49,88$  и массовом расходе воздуха  $L=26,585$ .

3. Оптимальные значения концентрации оксида углерода в дымовых газах котла варьируются в пределах  $\varphi_{CO}=3,916-5,076\%$  при  $P=184,4-400$  Вт,  $W=37,28-55\%$  и  $L=22,776-39,13$  кг/ч.

### Библиографический список

1. Мохов В.В. Утилизация помета для получения энергии [технично-экономическая оценка оборудования для подсушивания сырья и производства топливных гранул] // Птицеводство. – 2008. – № 2. – С. 54-55.

2. Лысенко В.П., Горохов А.В. Утилизация птичьего помета на птицефабриках – пути решения // Достижения в современном птицеводстве: исследования и инновации: матер. XVI Междунар. конф. ВНАП. – Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 2009. – С. 377-379.

3. Kalashnikova T.V., Pinzhin K.A., Frolova N.V. Application of biogas installations as an alternative method to receive energy // The European proceedings of social & behavioural sciences. – Tomsk: Future Academy, 2017. – P. 326-332.

4. Коновалова А.А., Коновалов В.И. К вопросу о проблеме теплообеспечения сельскохозяйственного производства в Бурятии // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: сб. ст. по матер. X Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 75-летию Курганской ГСХА им. Т.С. Мальцева. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2018. – С. 203-207.

5. Коновалова А.А., Коновалов В.И. О некоторых особенностях утилизации помета методом сжигания с применением СВЧ-энергии // Аграрная наука в инновационном развитии АПК: Международный молодежный аграрный форум. – Майский:

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2018. – С. 8-12.

6. Коновалова А.А., Дамбиев Ц.Ц., Коновалов В.И. К вопросу об утилизации помета методом сжигания в котлоагрегате малой мощности с применением СВЧ-энергии // матер. XVII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Кемерово, 13-14 ноября 2018 г.). – Кемерово: ФГБОУ ВО Кемеровский ГСХИ, 2018. – С. 265-269.

7. Коновалова А.А., Коновалов В.И., Дамбиев Ц.Ц. К вопросу об экспериментальном исследовании процесса горения куриного помета в котлоагрегате с применением СВЧ-энергии // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – С. 164-167.

### References

1. Mokhov V.V. Utilizatsiya pometa dlya polucheniya energii [tekhniko-ekonomicheskaya otsenka oborudovaniya dlya podsushivaniya syrya i proizvodstva toplivnykh granul] // Ptitsevodstvo. – 2008. – No. 2. – S. 54-55.

2. Lysenko V.P., Gorokhov A.V. Utilizatsiya ptichego pometa na ptitsefabrikakh – puti resheniya // Dostizheniya v sovremennom ptitsevodstve: issledovaniya i innovatsii. Materialy XVI Mezhdunarodnoy konferentsii VNAP. – Sergiev Posad, 2009. – S. 377-379.

3. Kalashnikova T.V., Pinzhin K.A., Frolova N.V. Application of biogas installations as an alternative method to receive energy // The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences. – Tomsk: Future Academy, 2017. – S. 326-332.

4. Konovalova A.A., Konovalov V.I. K voprosu o probleme teploobespecheniya selskokhozyaystvennogo proizvodstva v Buryatii // Razvitie nauchnoy, tvorcheskoy i innovatsionnoy deyatel'nosti molodezhi. Sbornik statey po materialam X Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchennykh, posvyashchennoy 75-letiyu Kurganskoy GSKhA imeni T.S. Maltseva. – Kurgan, 2018. – S. 203-207.

5. Konovalova A.A., Konovalov V.I. O nekotorykh osobennostyakh utilizatsii pometa metodom szhiganiya s primeneniem SVCh-energii // Mezhdunarodnyy molodezhnyy agrarnyy forum «Agrarnaya nauka v innovatsionnom razvitii APK». – Mayskiy, 2018. – S. 8-12.

6. Konovalova A.A., Dambiev Ts.Ts., Konovalov V.I. K voprosu ob utilizatsii pometa metodom

szhiganiya v kotloagregate maloy moshchnosti s primeneniem SVCh-energii // Materialy KhVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Kemerovo, 13-14 noyabrya 2018 g.) [Elektronnyy resurs]. – Kemerovo: FGBOU VO Kemerovskiy GSKhI, 2018. – S. 265-269.

7. Konovalova A.A., Konovalov V.I., Dambiev Ts.Ts. K voprosu ob eksperimentalnom issledovanii protsessa goreniya kurinogo pometa v kotloagregate s primeneniem SVCh-energii // Vklad molodykh uchenykh v innovatsionnoe razvitie APK Rossii. – Penza: RIO PGAU, 2018. – S. 164-167.



УДК 628.475.7:631.862

**В.И. Коновалов, А.В. Шишкин, А.А. Коновалова**  
V.I. Konovalov, A.V. Shishkin, A.A. Konovalova

## О МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГОРЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА НА ОРГАНИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

### MATHEMATICAL MODELING OF ORGANIC SOLID FUEL BURNING WITH THE USE OF UHF-RADIATION

**Ключевые слова:** помёт, утилизация отходов, переработка помета, котел малой мощности, СВЧ-энергия, СВЧ-розжиг, энергия активации, магнетрон, волновод, математическая модель.

Освещена проблема, заключающаяся в сложности построения теоретической математической модели процесса горения помета в котлоагрегате с применением СВЧ-излучения на основе уравнений химической кинетики, т.к. пропорциональный и химический составы топлива на органической основе весьма неоднородны и часто меняются в зависимости от условий содержания и кормления птиц. Предложены методологические подходы, где процесс горения условно был разделен на 3 этапа. Каждый этап описан при помощи уравнения теплового баланса, а весь процесс рассматривается как их интеграция. Математическая модель каждого этапа учитывает ряд допущений. На основании уравнения теплового баланса приведено выражение для определения целевой функции, в качестве которой была выбрана теплота, переданная поверхностям нагрева в топке от сгорания топлива на пометной основе. Анализируя полученную целевую функцию, выяснилось, что по количеству параметров в полученной математической модели преобладают факторы, соответствующие характеристикам твердого топлива на пометной основе. Основные данные пред-

ставлены в виде таблицы и графиков. Проведя анализ теоретической и экспериментальной зависимости теплоты, переданной поверхностям нагрева в топке от мощности СВЧ-излучения и влажности помета, выяснилось, что теоретическая и экспериментальная целевые функции обладают схожим направлением, однако теоретическая имеет более сглаженный вид. Данный факт связан с различием между теоретическими и экспериментальными значениями некоторых параметров топлива, а также независимых коэффициентов. Однако совпадение направлений и пересечение данных теоретических и экспериментальных функций свидетельствуют о состоятельности принятой теории.

**Keywords:** poultry manure, waste disposal, manure processing, low-power boiler, UHF energy, UHF firing, activation energy, magnetron, waveguide, mathematical model.

This paper discusses the problem of the complexity of mathematical modeling of manure incineration with the use of UHF-radiation based on the equation of chemical kinetics because the proportional and chemical compositions of manure are not constant and depend on poultry nutrition. The methodological approaches are presented where the burning process was divided into 3 stages. Each stage is described using the heat balance equation, and the whole process is