

УДК 636.085.53

**ВЛИЯНИЕ ОЗОНИРОВАННОГО ВОЗДУХА НА ПОВЫШЕНИЕ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И СНИЖЕНИЕ РАСХОДА
ТОПЛИВА ПРИ ВЛАГОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ КОРМА**

**Ксенз Н.В., д.т.н.,
Толстоухова Т.Н., к.т.н.,
Вороной Н.С., к.т.н.,
Леонтьев Н.Г., к.ф.-м.н.,
Финенко В.Ю.**

*Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет
Телефон: 89085043534*

Аннотация - приведены теоретические и экспериментальные графические зависимости рабочего процесса влаготермической обработки корма для сельскохозяйственных животных в запарнике-смесителе, показывающие сокращение продолжительности обработки корма, снижение удельного расхода топлива и повышение производительности технологической линии.

Ключевые слова: корм, топливо, интенсификация горения, влаготермическая обработка, озонированный воздух.

Постановка проблемы. Известно, что одним из основных путей повышения продуктивности сельскохозяйственных животных является полноценное их кормление, которое предусматривает использование кормов только в приготовленном виде. Многие технологии приготовления различных видов кормов предусматривают их тепловую обработку. Однако, как показывает практика, одним наиболее существенным недостатком таких технологий являются большие затраты топлива и электроэнергии на их осуществление, что существенно снижает их эффективность.

В этой связи совершенствование процесса тепловой обработки кормов в аппаратах периодического действия за счет использования озонированного воздуха, обеспечивающего снижение удельного расхода топлива, является актуальным.

Анализ последних исследований. Несмотря на проводимые в последнее время в Российской Федерации многочисленные исследования, направленные на снижение энергозатрат в технологических сель-

скохозяйственных процессах, энергоёмкость отечественной сельскохозяйственной продукции все еще остается достаточно высокой – в растениеводстве она в два раза, а в животноводстве – в 3-4 раза выше, чем в передовых зарубежных странах [1,2].

Одной из важнейших проблем на современном этапе остается экономия топливно-энергетических ресурсов, стоимость которых в последние годы постоянно возрастает. Это особенно важно, если учесть, что в сельском хозяйстве России еще продолжается использование значительного количества котлов-парообразователей и теплогенераторов устаревших моделей, у которых значительная часть тепла выбрасывается с отходящими газами. Это связано с тем, что отечественное машиностроение для животноводства почти прекратило свое существование, а приобретение новой импортной дорогостоящей техники многим хозяйствам не под силу [2, 3].

Исследованиями [4] установлено, что котлы-парообразователи, используемые в животноводстве для получения горячей воды и пара температурой выше 120 °С и избыточном давлении до 0,07 МПа допускают довольно большие (39 %) потери теплоты. Основными из них являются потери с отходящими дымовыми газами (17 %) и потери от неполного сгорания топлива (12 %).

Особую озабоченность вызывают потери теплоты, связанные с неполным сгоранием топлива, так как они в производственных условиях изменяются в довольно широких пределах – от 3 до 21 %, а в отдельных случаях, как установлено [5,6], они достигают 55-60 %, что существенно снижает эксплуатационный КПД (0,22-0,56) котла-парообразователя, а, следовательно, и КПД всего теплового процесса и приводит к повышению расхода топлива, снижению производительности и увеличению энергоёмкости процесса влаготермической обработки корма.

Снизить потери от неполного сгорания жидких видов топлива можно путем интенсификации процессов горения в теплогенерирующих установках.

По определению академика Б.В. Кантаровича (1958) существуют различные способы интенсификации процессов горения: конструкторские, эксплуатационные, технологические, химические, физические.

Анализ научных публикаций за последние 40 лет показал целесообразность использования физических методов (ионизирующие излучения, ультразвук, магнитные и электрические поля) для целей интенсификации процессов горения как наиболее эффективных. Особое внимание заслуживает вопрос использования электрических полей высокой напряженности [7,8].

Для теплогенерирующих установок, используемых в сельскохозяйственном производстве можно, на наш взгляд, предложить следующие пути решения данного вопроса [9].

1. Совершенствование процесса смесеобразования за счет воздействия электрического поля высокой напряженности на топливно-воздушную смесь.

2. Повышение кинетических характеристик процесса горения топлива за счет наложения электрического поля на пламя.

3. Применение ионизированного электроактивированного воздуха в качестве реагента.

Каждый из указанных путей к настоящему времени изучен недостаточно, а что касается их использования в сельскохозяйственных теплогенерирующих установках, то этот процесс только в начальной стадии.

Нашими исследованиями [4,9] подтверждено, что наложение на воздушную среду, используемую в качестве реагента, внешнего электрического поля высокой напряженности приводит к ее ионизации и образованию озона, обладающего большой окислительной способностью, способствующего интенсификации горения топлива и повышению тепловыделения.

Формулировка цели статьи (постановка задания). Показать влияние озонированного воздуха, используемого в качестве реагента, на интенсификацию процесса горения топлива и нагрева корма в технологической машине, а также на снижение удельного расхода топлива в производственных условиях.

Основные материалы исследования (основная часть). По данным лабораторных исследований [10], применение озонированного воздуха в качестве реагента, кроме снижения расхода топлива, способствовало и сокращению времени нагрева воды в калориметре на 8...8,6 %. Это подтверждается и результатами производственных исследований.

Графические зависимости результатов исследований (рис.1) показывают, что применение озонированного воздуха в качестве реагента с концентрацией озона 52 мг/м^3 при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,15$ и температуре топлива $T_T = 20^\circ\text{C}$ увеличивает температуру смеси «пар-вода» в котле-парообразователе (КВ-300Л) на $8,1^\circ\text{C}$ (кривые 1 и 2) и сокращают время выхода его на рабочий режим с 28,8 до 23,6 мин, или на 5,2 мин.

Если при отсутствии озона для достижения температуры смеси «пар-вода» 120°C необходимо 28,8 мин (кривая OO') при расходе топлива 13,018 кг, то при подаче озона за это же самое время температура смеси достигала $128,1^\circ\text{C}$ (кривая OO'') почти при таком же расходе топлива (13,206 кг).

Температура смеси «пар – вода» во втором случае увеличилась на $8,1^{\circ}\text{C}$, а расход топлива увеличился на $0,188$ кг, или на $1,4\%$.

С учетом ошибки опыта расход топлива в обоих случаях практически одинаков, а это значит, что увеличение температуры смеси «пар – вода» и сокращение времени выхода котла на рабочий режим практически не потребовало дополнительного расхода топлива и стало возможным благодаря интенсификации процесса горения топлива, которая достигнута за счет озонирования воздуха, подаваемого на горение, обеспечившего наиболее полное его сгорание.

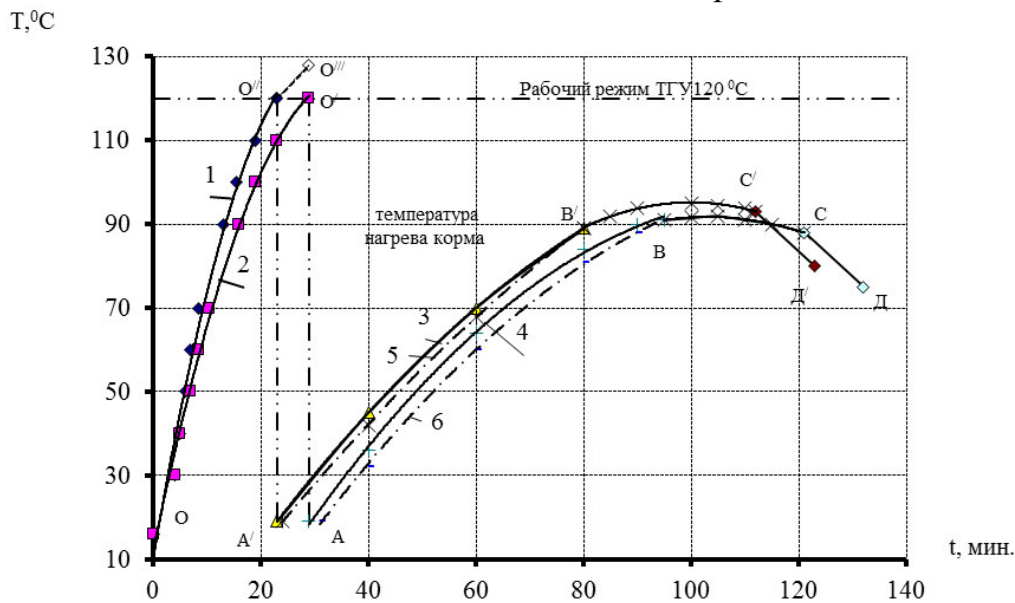


Рис. 1. График рабочего процесса влаготермической обработки корма в запарнике-смесителе С-7-П с использованием озонирующего эффекта: экспериментальные кривые: 1,3 – с подачей озона; 2,4 – без озона; теоретические кривые: 5 – с озоном; 6 – без озона.

Вместе с тем следует отметить, что сокращение времени выхода котла на рабочий режим (120°C) с $28,8$ до $23,6$ мин при подаче озона на горение, сопровождается снижением расхода топлива с $13,018$ до $10,688$ кг, или на $17,9\%$, т.е. пропорционально отработанному времени. Часовой расход топлива в эксперименте постоянный и составлял в среднем $27,12$ кг/ч.

Интенсификация горения печного бытового топлива в котле КВ-300Л при концентрации озона в воздухе, подаваемом на горение, равной 52 мг/м³, составила $18,1\%$.

Интенсификация горения топлива повышает температуру пламени, а, следовательно, и температуру смеси «пар – вода», что подтверждается повышением температуры дымовых газов котла КВ-300Л с 586 до 604°K (313 до 331°C) или на 18°C (рис.2). Что касается продолжительности влаготермической обработки корма в технологической машине, то она зависит от параметров пара и, в первую очередь,

от температуры и давления. Из рис.1 видно, что при обработке кормовой смеси в количестве 3972 кг, состоящей из концентрированного корма и воды, паром с температурой 393 °К (120 °С) (кривая 2, точка O') при отсутствии озона в воздухе, подаваемом на горение, продолжительность нагрева корма до температуры 363 °К (90 °С) составила 61,8 мин (кривая 4, участок AB).

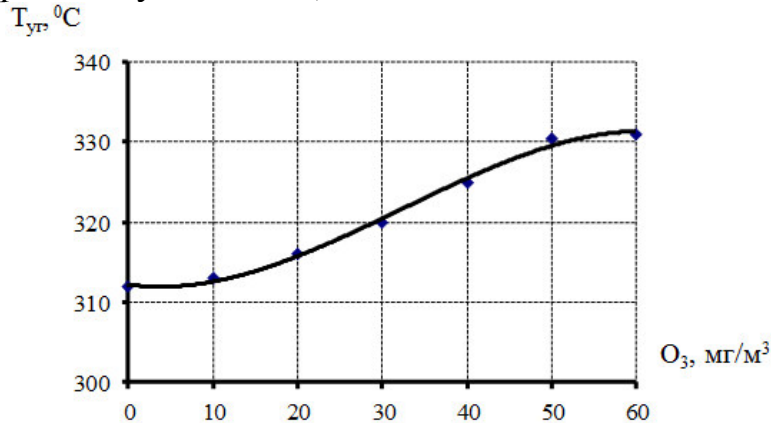


Рис. 2. Температура дымовых газов на выходе из котла КВ-300Л в зависимости от изменения концентрации озона в воздухе, подаваемом на горение.

При подаче воздуха с концентрацией озона 52 мг/м³ температура смеси «пар – вода» в котле увеличилась на 8,1 °С, что привело к повышению температуры обрабатываемого корма в запарнике-смесителе на 4,5...5 °С (кривая 3, участок $A'B'$), а, следовательно, и к ускорению процесса нагрева корма. Продолжительность нагрева корма в последнем случае составила 57,9 мин, что на 3,9 мин (6,3 %) меньше, чем в первом случае, когда озонированный воздух не использовался. Следует заметить, что и томление корма также протекает при более высокой температуре, которая составила в среднем 92,5...93 °С (кривая 3, участок $B'C'$), что на 2,5 °С выше, чем на участке BC кривой 4.

Продолжительность влаготермической обработки корма τ в технологической машине может быть описана выражением

$$\tau = \frac{Q_{HK}}{Q_{KH}}, \text{ ч}, \quad (1)$$

где Q_{HK} – количество теплоты, необходимой для нагрева кормовой смеси до требуемой температуры, кДж;

Q_{KH} – теплопроизводительность котла-парообразователя, кДж/ч.

Часовую теплопроизводительность котла-парообразователя можно выразить известной зависимостью

$$Q_{KH} = D \cdot (i_n - i_{ng}), \text{ кДж/ч}, \quad (2)$$

где D – количество пара, производимого котлом-парообразователем, кг/ч;
 i_n – энтальпия пара, кДж/кг;
 $i_{нв}$ – энтальпия питательной воды, кДж/кг.

Количество теплоты, необходимой для нагрева корма до требуемой температуры можно представить выражением

$$Q_{нк} = Q_k + Q_v + Q_u + Q_{воз} + Q_{пот}, \quad (3)$$

где $Q_k, Q_v, Q_u, Q_{воз}$ – количество теплоты, необходимой для нагрева корма, воды, массы чана и воздуха в чане, кДж;
 $Q_{пот}$ – потери теплоты в окружающую среду через стенки чана и теплопроводящей сетью, кДж.

Составляющие выражения (3) можно выразить через произведение их масс, массовых теплоемкостей и разность температур.

Потери теплоты в окружающую среду можно представить выражением

$$Q_{пот} = 0,12Q_k, \text{ кДж} \quad (4)$$

где 0,12 – коэффициент, учитывающий указанные потери.

На рис. 1 представлены графические зависимости продолжительности тепловой обработки корма в технологической машине от температуры, построенные по рассчитанным и экспериментальным данным.

Опытные кривые нагрева корма 3 и 4 хорошо согласуются с теоретическими кривыми 5 и 6. Степень их сходимости составляет 91...95 %.

Из графика технологических операций влаготермической обработки корма с учетом работы ТГУ (рис.3) видно, что чистое время работы технологической линии по обработке корма без применения озонированного воздуха составило 130,6 мин., а при использовании озонированного воздуха – 121,5 мин (на 9,1 мин. меньше).

Общее время работы котла КВ–300Л без применения озонированного воздуха составило 90,6 мин., а с применением озонированного воздуха 81,5 мин. или на 10,1 % меньше, а расход топлива соответственно составил 40,951 кг и 36,838 кг или на 10,04 % меньше.

Эксперимент показал (табл.1), что производительность технологической линии при обработке кормовой смеси при использовании озонированного воздуха составила 1969 кг/ч и без его использования 1822 кг/ч, что на 7,7 % больше.

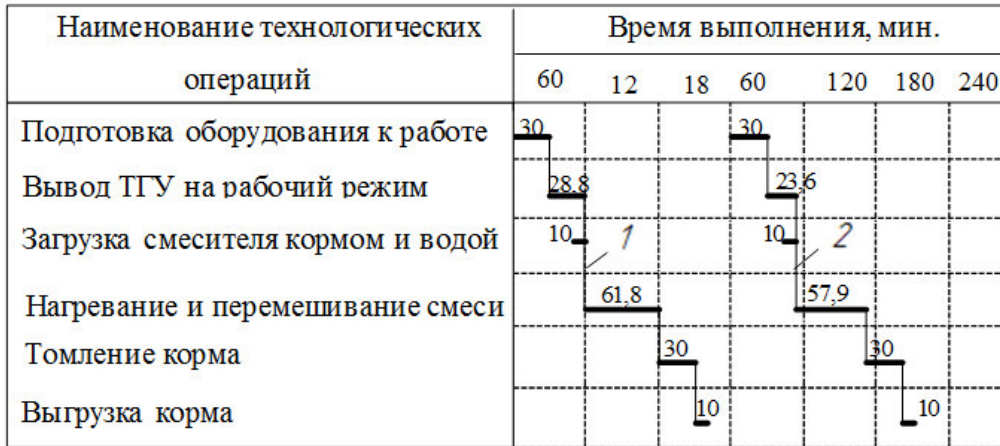


Рис. 3. График технологических операций влаготермической обработки кормовой смеси в запарнике–смесителе С–7–II с учетом работы котла КВ–300Л: 1 – без озона; 2 – с озоном.

Таблица 1 – Результаты производственного эксперимента по исследованию влияния озонированного воздуха на снижение расхода топлива и повышение производительности технологической линии

№, п/п	Наименование основных показателей	Исследуемые варианты		Изменения показателей	
		Без озона	С озоном	Натуральные един.	%
1	Количество обрабатываемой кормовой смеси в опыте, кг	3972	3972		
2	Чистое время работы технологической линии за опыт, мин.	130,6	121,5	9,1	7,0
3	Продолжительность работы ТГУ, мин	90,6	81,5	9,1	10,1
4	Продолжительность нагрева кормовой смеси в запарнике-смесителе до 90 °С, мин.	61,8	57,9	3,9	6,3
5	Время выхода ТГУ на рабочий режим, мин.	28,8	23,6	5,2	18,1
6	Продолжительность тепловой обработки корма, мин.	91,8	87,9	3,9	4,3
7	Расход топлива за опыт, кг	40,98 2	36,838	4,113	10,04
8	Удельный расход топлива, кг/т	10,31 0	9,274	1,036	10,04
9	Производительность технологической линии за час чистой работы, кг/ч	1822	1962	140	7,7

Выводы. Добавление озона в воздух приводит к интенсификации процесса влаготермической обработки корма.

Физической причиной повышения производительности и снижения расхода топлива при влаготермической обработке корма является, как показано нами в [11] увеличение концентрационного диффузионного потока вследствие роста теплового и химического потоков в результате дополнительного энерговыделения при разложении озона.

Список используемых источников

1. Касумов, Н.Э. Анализ структуры затрат энергии на производство сельскохозяйственной продукции / Н.Э. Касумов, И.И. Светницкий // Техника и оборудование для села. – 2013. – №10. – с. 21-23.
2. Энергетическая стратегия сельского хозяйства России на период до 2020 г. / Ю.Ф. Лачуга и др. – Москва: ГНУ ВИЭСХ, 2009.
3. Иванов, Ю.Н. Научное обеспечение научно-технической сферы животноводства / Ю.Н. Иванов // Разработка инновационных технологий и технических средств для АПК. – ч.II. – зерноград: СКНИИМЭСХ, 2013. – 335 с.
4. Вороной, Н.С. Теоретические предпосылки совершенствования процесса влаготермической обработки кормов в аппаратах периодического действия / Н.С. Вороной, Т.Н. Толстоухова // Новая техника и технологии в АПК: сб. науч. трудов РИПКК АПК. – Выпуск 2. – Ростов-на-Дону: ООО Терра, 2004. – 192 с.
5. Горбачев, В.С. Способы сбережения энергии в тепловых процессах животноводства / В.С. Горбачев // Сб. науч. трудов ВИЭСХ. – Москва, 1985. – Том 64. – с. 87-92.
6. Гольдман, В.П. Эффективная эксплуатация котельных установок – путь к сокращению затрат / В.П. Гольдман, Ф.А. Кривицкая // Сб. науч. трудов ВИЭСХ. – Москва, 1985. – Том 64. – с. 93-98.
7. Пурмал, М.Я. Применение ионизированного воздуха для интенсификации горения / М.Я. Пурмал // Энергетика. – 1981. – №4. – с. 110-112.
8. Пурмал, М.Я. Применение электрических полей для интенсификации горения / М.Я. Пурмал // Электронная обработка материалов. – 1983. – №6. – с. 42-43.
9. Вороной, Н.С. Теоретические предпосылки снижения энергоемкости влаготермической обработки кормов / Н.С. Вороной, Т.Н. Толстоухова // совершенствование процессов и технических средств в АПК: сб. науч. трудов. – зерноград: АЧГАА, 1999. – 124 с.
10. Вороной, Н.С. Исследования влияния электроактивированного воздуха на интенсификацию процессов горения жидкого топлива / Н.С. Вороной, Н.В. Ксенз, Т.Н. Толстоухова // Механизация и

электрификация производственных процессов в животноводстве: сб. научных трудов ВНИПТИМЭСХ. – Зерноград, 1996. – с. 131-136.

11. Ксёэнз Н.В. Озоновоздушная смесь как эффективный инструмент для сушки зерна / Н.В. Ксёэнз, Н.Г. Леонтьев, А.В. Белоусов, И.Г. Сидорцов // Международный сельскохозяйственный журнал – 2014. – №4. – с.49-50.

ВПЛИВ ОЗОНОВАНОГО ПОВІТРЯ НА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА ПРИ ВОЛОГОТЕРМІЧНІЙ ОБРОБЦІ КОРМУ

Ксенз М.В., Толстоухова Т.М., Вороной М.С. , Леонтьев М.Г.,
Финенко В.Ю.

Анотація - Приведені теоретичні і експериментальні графічні залежності робочого процесу волого термічної обробки корму для сільськогосподарських тварин в запарнику-змішувачі, тривалість обробки корму, що показують скорочення, зниження питомої витрати палива і підвищення продуктивності технологічної лінії.

INFLUENCE OZONE OF AIR ON THE INCREASE OF THE PRODUCTIVITY AND DECLINE OF EXPENSE OF FUEL AT HEAT TREATMENT OF FEED

N. Ksenz, T. Tolstouchova, N. Voronoy, N. Leontiev, V. Finenko

Summary

Theoretical and experimental graphic dependences over of working process of heat treatment of feed are brought for agricultural animals in a steamer-mixer, showing reduction durations of treatment of feed, decline of specific expense of fuel and increase of the productivity of technological line.