

УДК: 636.085.53

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К ОБОСНОВАНИЮ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЛАГОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ КОРМОВ

Ксенз Н.В., д.т.н.,

Толстоухова Т.Н., к.т.н.

Азово-Черноморский инженерный институт

Телефон: 89085043534

Аннотация - приведен тепловой баланс технологической линии влаготермической обработки корма и анализ тепловых потерь. Представлено теоретическое обоснование увеличения количества выделяемого тепла в зоне горения топлива за счет интенсификации процесса горения, повышения температуры пара и теплоносителя, сокращения продолжительности влаготермической обработки корма в технологической машине, а также снижения тепловых потерь и топлива.

Ключевые слова: корм, топливо, тепловые потери, влаготермическая обработка, интенсификация горения.

Постановка проблемы. Практика показывает, что одним из наиболее существенных недостатков влаготермической обработки кормов для сельскохозяйственных животных являются большие затраты топлива и в первую очередь жидкого, на ее осуществление, что существенно снижает эффективность процесса.

Поэтому совершенствование процесса тепловой обработки кормов в аппаратах периодического действия, направленного на снижение удельного расхода топлива, является актуальным.

Анализ последних исследований. В реальных условиях влаготермическая обработка кормов осуществляется системой машин (технологической линией), в состав которой входят теплогенерирующая (ТГУ) и теплопотребляющая (ТПУ) установки, а также теплопроводящие сети и устройства (ТС).

Такая система будет работать эффективно в том случае, если она будет обрабатывать максимальное количество корма с требуемым качеством при минимальных эксплуатационных затратах. Этот процесс можно описать выражением, приняв его в качестве экономико-математической модели:

$$\begin{aligned}
z_{уэк} &= \frac{z_{эк}}{G_k} \rightarrow \min, \\
z_{эк} &\rightarrow \min, \quad G_k \rightarrow \max, \\
\Pi_{ТЛ}^{\partial} &\geq \Pi_{ТЛ}^H, \quad \Pi_{ТЛ}^H = \frac{G_k}{\tau_{ТЛ}}, \\
z_{\partial}^{\partial} &< z_{\partial}^H, \quad z_{\partial}^H = z_T + z_{эл}.
\end{aligned} \tag{1}$$

где $z_{уэк}$ – удельные эксплуатационные затраты, руб/т;

$z_{эк}$ – эксплуатационные затраты, руб.;

G_k – масса обработанного корма, т;

$\Pi_{ТЛ}^{\partial}, \Pi_{ТЛ}^H$ – действительная и номинальная производительности технологической машины, т/ч;

$\tau_{ТЛ}$ – общее время работы технологической линии, ч.;

$z_{\partial}^{\partial}, z_{\partial}^H$ – действительные и номинальные энергозатраты, руб.

Эксплуатационные затраты можно описать известным выражением

$$z_{эк} = z_n + z_m + z_{эл} + z_a + z_{то} + z_{пр}, \tag{2}$$

где z_n – зарплата с начислениями, руб.;

$z_m, z_{эл}$ – расходы на топливо и электроэнергию, руб.;

z_a – амортизационные отчисления, руб.;

$z_{то}$ – затраты на техническое обслуживание технологической линии, руб.;

$z_{пр}$ – прочие расходы, руб.

Из всех составляющих уравнения (2), по данным исследований, наибольшими являются затраты на топливо, которые достигают 28...42 % [1, 2].

Для того, чтобы влаготермическая обработка кормов была наиболее эффективной, необходимо, прежде всего, снизить затраты на топливо.

Для установления путей решения данного вопроса рассматривали теоретический график влаготермической обработки корма в технологической машине периодического действия в составе технологической линии (рис. 1).

Из графика видно, что общее время (τ) работы технологической линии можно описать выражением:

$$\tau = \tau_{ТГУ} + \tau_{нк} + \tau_{тк} + \tau_{\text{в}}, \quad (3)$$

где $\tau_{ТГУ}$ – время выхода ТГУ на рабочий режим (120 °С);

$\tau_{нк}$ – время нагрева корма в технологической машине;

$\tau_{тк}$ – время томления корма;

$\tau_{\text{в}}$ – время выгрузки корма из технологической машины.

На основе анализа выражения (3) можно заключить, что время выгрузки корма определяется производительностью выгрузного устройства технологической машины и является величиной постоянной для конкретного вида корма.

Время томления корма задается зоотехническими требованиями и также является величиной постоянной.

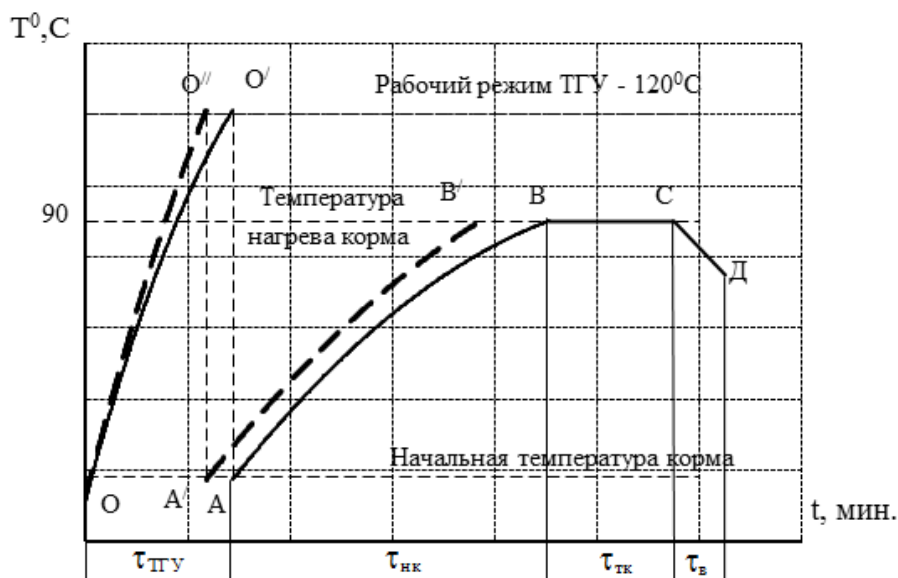


Рис. 1. Теоретический график рабочего процесса влаготермической обработки корма: OO' – кривая нагрева ТГУ до рабочей температуры (120°C); AB – кривая нагрева корма в ТГУ до заданной температуры; BC – кривая томления корма; CD – кривая потерь теплоты при выгрузке корма; в точке O' производится подача пара в ТГУ; в точке B подача пара прекращается.

Время выхода ТГУ на рабочий режим и время нагрева корма в технологической машине до требуемой температуры являются величинами переменными и могут изменяться в зависимости от интенсивности тепловых процессов, протекающих как в ТГУ, так и в технологической машине. Из этого следует, что общее время работы технологической линии можно сократить за счет ускорения выхода ТГУ на

рабочий режим (кривая OO'') и ускорения нагрева корма в технологической машине (кривая $A'B'$) рис.1.

Продолжительность влаготермической обработки корма – основной технологический фактор, от которого зависит не только качество продукта, но и энергозатраты, а, следовательно, и стоимость самой влаготермической обработки.

Таким образом, как видно из проведенного рассуждения, эффективность влаготермической обработки корма можно повысить за счет снижения продолжительности его тепловой обработки, повышения производительности технологической линии и за счет снижения расхода топлива.

В свою очередь, расход топлива можно снизить за счет снижения тепловых потерь, которые, как показывают исследования [2,3,4] в реальных условиях могут достигать 35...72 %.

Для этого рассмотрим тепловой баланс системы "ТГУ-ТС-ТПУ" (технологической линии), который можно представить выражением

$$Q_{mn} = Q_n^P B = Q_{mo} + \sum Q_{nom}, \text{ кДж}, \quad (4)$$

- где Q_n^P – низшая теплотворная способность топлива, кДж/кг;
 B – расход топлива теплогенерирующей установкой за время ее работы в технологическом процессе, кг;
 Q_{mo} – расход теплоты на осуществление влаготермической обработки корма, кДж;
 $\sum Q_{nom}$ – суммарные тепловые потери системы "ТГУ-ТС-ТПУ", кДж.

Суммарные тепловые потери для системы "ТГУ-ТС-ТПУ" можно представить выражением

$$\sum Q_{nom} = \sum Q_{TГУ} + \sum Q_{ТПУ} + \sum Q_{ТС}, \text{ кДж}, \quad (5)$$

- где $\sum Q_{TГУ}$ – суммарные потери теплоты ТГУ, кДж;
 $\sum Q_{ТПУ}$ – суммарные потери теплоты ТПУ, кДж;
 $\sum Q_{ТС}$ – суммарные потери теплоты ТС, кДж.

Суммарные потери теплоты теплогенерирующей установки можно представить выражением

$$\sum Q_{TГУ} = Q_{ст} + Q_{ос} + Q_{нст} + Q_{ухг}, \text{ кДж}, \quad (6)$$

- где $Q_{ст}$ – потери теплоты на нагрев стенок установки, кДж;
 $Q_{ос}$ – потери теплоты в окружающую среду через стенки установки, кДж;

$Q_{нст}$ – потери теплоты от неполного сгорания топлива, кДж;

$Q_{ухг}$ – потери теплоты с уходящими газами, кДж.

В теплопотребляющих установках теплота при влаготермической обработке корма расходуется на нагревание корма, стенок ТПУ, а также на потери в окружающую среду, продувку и на перегревание корма выше температуры готовности. Следовательно, суммарные потери теплоты, допускаемые теплопотребляющей установкой, можно представить выражением

$$\Sigma Q_{ТПУ} = Q'_{ст} + Q'_{ос} + Q_{нк} + Q_{нр}, \text{ кДж}, \quad (7)$$

где $Q'_{ст}$ – потери теплоты на нагрев стенок установки, кДж;

$Q'_{ос}$ – потери теплоты в окружающую среду через стенки, кДж;

$Q_{нк}$ – потери теплоты при перегревании корма выше температуры готовности, кДж;

$Q_{нр}$ – потери теплоты при продувке установки, кДж.

Аналогичным образом можно представить и суммарные потери теплоты в теплопроводящей сети

$$\Sigma Q_{ТС} = Q''_{ст} + Q''_{ос}, \text{ кДж} \quad (8)$$

где $Q''_{ст}$ и $Q''_{ос}$ – потери теплоты на нагрев стенок теплопроводящей сети и потери в окружающую среду, кДж.

Подставляя выражения (6), (7), (8) в уравнение (4) и делая соответствующие преобразования, получим уравнение теплового баланса, удобное для анализа

$$Q_{тп} = Q_n^P B = Q_{то} + Q_{ст.с} + Q_{ос.с} + Q_{нр} + Q_{нк} + Q_{нст} + Q_{ухг} \quad (9)$$

Из уравнения (9) видно, что технологический процесс влаготермической обработки кормов в аппаратах периодического действия будет эффективным, если снизить расход топлива на его осуществление, а это, в свою очередь, возможно при снижении, прежде всего, потерь теплоты всеми или отдельными элементами исследуемой системы.

На основании анализа литературных источников нами установлено, что наибольшие потери теплоты (39%) (табл. 1) допускают теплогенерирующие установки, к которым относятся котлы-парообразователи, широко используемые в животноводстве для получения горячей воды и пара, температурой выше 120 °С и избыточным давлением до 0,07 МПа. Значительно меньше потери (31%) в теплопотребляющих установках (запарниках-смесителях периодического действия, непрерывного действия, варочных котлах высокого давления) и

совсем незначительные (2,25%) имеют теплопроводящие сети и устройства.

Анализ тепловых потерь, допускаемых технологической линией, показывает, что наиболее значительными являются потери теплоты в окружающую среду через стенки тепловых аппаратов и устройств (21,5 %), потери с отходящими дымовыми газами (17 %) и потери от неполного сгорания топлива (12 %) (табл. 1).

Таблица 1 – Тепловые потери, допускаемые исследуемой системой ТГУ-ТС-ТПУ в эксплуатационных условиях при влаготермической обработке кормов

№ н/п	Виды тепловых потерь	Значения тепловых потерь, %			Усредненные значения тепловых потерь, %
		ТГУ	ТПУ	ТС	
1	Нагрев стенок тепловых аппаратов	3...5	3...6	0,5...1	9,25
2	В окружающую среду через стенки тепловых аппаратов	2...10	8...20	1...2	21,5
3	Потери с отходящими газами	8...26	-	-	17,0
4	Потери от неполного сгорания топлива	3...21	-	-	12,0
5	На продувку тепловых аппаратов	-	4...10	-	7,0
6	На страховочный перегрев обрабатываемого корма	-	3...8	-	5,5
Усредненные суммарные значения тепловых потерь		39,0	31,0	2,25	72,25

Потери тепловой энергии в окружающую среду регламентируются на стадии проектирования и реализуются путем применения современных высокоэффективных термоизоляционным материалов, и, как правило не превышают 4-8 %.

Что касается потерь тепла с отходящими газами, то они обусловлены вторым законом термодинамики и составляют 10-26 % для ТГУ малой и средней мощности. Эти потери можно снизить на 3-8 % путем правильной организации топочного процесса [5].

Что же касается потерь теплоты от неполного сгорания топлива, то они в производственных условиях изменяются в довольно широких пределах от 3 до 21 %, а в отдельных случаях, как отмечают некоторые авторы [3,4,6], они достигают 55-60 %, что существенно снижает

эксплуатационный КПД (0,22-0,56) теплогенерирующих установок, а, следовательно, и КПД теплового процесса, что напрямую связано с повышением расхода топлива, а, следовательно, и с увеличением энергоемкости самого процесса влаготермической обработки корма.

Формулировка целей статьи. Таким образом, отыскание способов снижения потерь теплоты от неполного сгорания топлива является одной из задач нашего исследования.

Основная часть. Исследованиями многих ученых установлено, что потери от неполного сгорания топлива обусловлены потерями механического ($q_{мех}$) и химического ($q_{хим}$) недожогов топлива, что можно представить выражением

$$Q_{нст} = q_{мех} + q_{хим} \quad (10)$$

Известно, что эффективность процесса горения во всех случаях определяется временем сгорания каждой частички топлива, которая должна полностью выгореть за время ее нахождения в топке.

Полное время сгорания топлива определяется известным выражением

$$\tau_z = \tau_{\phi} + \tau_x, \quad (11)$$

где τ_{ϕ} – время протекания стадии смесеобразования, с;

τ_x – время протекания химической реакции процесса горения, с.

Если химическая реакция протекает несоизмеримо быстрее смесеобразовательного процесса, т.е. когда $\tau_x \ll \tau_{\phi}$ (к этой области относятся практически все процессы горения), то тогда время процесса сгорания топлива будет определяться чисто физическими факторами, регулирующими скорость смесеобразовательных процессов, т.е.

$$\tau_z \approx \tau_{\phi} \quad (12)$$

а отсюда следует, что смесеобразование является регулятором скорости горения и становится принципом регулировки основных топочных процессов.

Так жидкое топливо предварительно "измельчается" до дисперсионного и тонкодисперсионного состояния чисто механически. В последующей стадии путем теплового воздействия оно доводится до окончательного молекулярного "измельчения" испарением, т.е. до газообразного состояния. Таким образом процесс газификации топлива является неизбежной предварительной стадией высокотемпературного процесса горения. Стадия газификации является самой замедленной стадией, определяющей общую скорость процесса горения.

Таким образом, добиться определенного снижения потерь тепла от механического и химического недожога топлива можно путем интенсификации процессов горения [6,7] и, в первую очередь, процесса смесеобразования и увеличения скорости реакции горения.

Согласно кинетической теории газов [8], скорость химической реакции выражается зависимостью

$$W = \Pi_a \cdot \Pi_v \cdot K_t = P \cdot n_a n_v \cdot d_{cp}^2 \cdot \sqrt{\frac{8\pi RT}{M_{np}}} \cdot e^{-\frac{E}{RT}}, \quad (13)$$

где n_a, n_v – количество молекул А и В в 1 см³;

d_{cp} – средний эффективный диаметр сталкивающихся молекул, см;

P – поправочный множитель;

R – универсальная газовая постоянная (постоянная Больцмана), кал/град·моль;

T – абсолютная температура реакции, °К;

$M_{np} = \frac{M_a \cdot M_v}{M_a + M_v}$ – приведенный молекулярный вес;

M_a, M_v – молекулярный вес реагирующих веществ;

K_t – константа скорости реакции горения;

E – энергия активации, кал/моль;

e – основание натурального логарифма.

Из выражения (13) следует, что скорость реакции горения зависит от величины ее константы, от концентрации реагирующих веществ и пропорциональна количеству столкновений молекул друг с другом в единицу времени в единице объема пространства реагирующих газов.

В свою очередь, константа скорости реакции горения определяется температурой горения и энергией активации молекул реагирующих веществ (топлива и окислителя).

Из кинетической теории газов известно, что из числа всех соударяющихся пар частиц (атомов, молекул) в реакцию вступает их незначительная доля и именно те частицы, суммарная кинетическая энергия которых при столкновении превышает некоторую критическую величину E . Возбуждение частиц до критического значения E можно осуществить с различной эффективностью не только в результате тепловых соударений, но и под действием других видов энергии.

Известно, что число активных столкновений Z определяется следующим выражением:

$$Z = Z_o \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad (14)$$

где Z_o – число сталкивающихся частиц.

Из уравнения (14) вытекает, что число активных столкновений можно повысить за счет снижения энергии активации E сталкивающихся частиц или увеличения температуры газовой смеси. Повышение температуры газовой смеси до значений, приводящих к образованию активных центров химических реакций, является нецелесообразным по экономическим соображениям. Поэтому остается только снижение энергии активации частиц реагирующих веществ. Здесь возможны два варианта.

Наиболее рациональным является повышение энергии сталкивающихся частиц за счет наложения электрического поля на газовую смесь или на пламя. Одним из таких путей является использование неоднородных электрических полей для интенсификации процесса горения. Предпосылкой применения электрических полей служит наличие в горючей смеси топлива с воздухом электрических зарядов (электронов, ионов) за счет статической электризации капель распыляемого топлива и температуры пламени [9]. Эти заряды рассеиваются в пламени в разных направлениях, и лишь некоторая доля из них участвует в неупругих столкновениях, приводящих к образованию активных центров химической реакции в виде атомов, радикалов, ионов или возбужденных частиц. Химическое взаимодействие частиц обусловливается в основном следующими факторами: природой частиц, энергетической подготовкой их к вступлению в реакцию и вероятностью соударений между ними.

Повышение энергии сталкивающихся частиц за счет наложения электрического поля на пламя приводит к тому, что электрон в поле напряженности E_m на пути x_n приобретает кинетическую энергию и ионизирует или диссоциирует нейтральную молекулу

$$\frac{mV^2}{2} = E_m \cdot x_n \cdot q_e, \quad (15)$$

где m , V – масса и скорость электрона;

E_m – максимальная напряженность электрического поля;

x_n – путь электрона до столкновения с молекулой;

q_e – заряд электрона.

В результате этого появляются частицы с пониженной энергией активации, которые легко вступают в химическое взаимодействие, и

таким образом увеличивают скорость горения топлива (газовой смеси).

Эффективность ионизационных процессов будет значительно выше, если применять неоднородные электрические поля, так как в них удается достичь значительных величин напряженности

$$E_m = \Theta E, \quad (16)$$

где Θ – скалярный коэффициент;

E – напряженность однородного поля.

Понизить энергию активации молекул реагирующих веществ, как нам представляется, можно и путем ионизации воздушной среды, используемой в качестве окислителя топлива, создав в ней высоковольтное неоднородное электрическое поле (коронный разряд) [8].

Рядом научных исследований установлено, что озонированный воздух способствует интенсификации горения топлива и повышению температуры пламени.

В плазме коронного разряда происходят процессы ионизации, диссоциации и возбуждения молекул. Наиболее важным процессом является образование озона. Общепринято считать, что в электрических разрядах, независимо от их формы, образование озона происходит в результате нескольких последовательных процессов по следующему механизму [8]:



где O_2^* – возбужденная молекула кислорода;

M – частица аэрозоля, необходимая для отвода энергии.

Первым актом, ведущим к синтезу озона, является возбуждение ускоренными в электрическом поле свободными электронами молекул кислорода (17). Следующим актом является диссоциация возбужденных молекул кислорода (18). Затем атомы кислорода реагируют с молекулами кислорода, образуя озон (19). Частица M необходима для отвода энергии от образующейся молекулы озона.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно полагать, что использование высоковольтного разряда, вызывающего ионизацию, диссоциацию и возбуждение молекул воздушной среды позволит повысить константу скорости реакции горения топлива, а, следовательно, и скорость самой реакции за счет снижения энергии активации молекул. Кроме того, использование высоковольтного разряда приводит к образованию озона в обрабатываемой воздушной среде, который является сильным окислителем, что также будет способствовать

увеличению скорости реакции горения топлива, а, следовательно, и снижению теплотеря от химического недожога.

Вместе с тем, наряду с вышеуказанными факторами (концентрация реагирующих веществ, температура реакции, энергия активации), влияющими на скорость горения топлива, определенное влияние будут оказывать и факторы, характеризующие состояние воздуха, подаваемого на горение (озоновоздушной смеси), и топлива. Согласно рис. 2 такими факторами являются: концентрация озона в озоновоздушной смеси, температура и влажность воздуха, подаваемого на горение, температура и вязкость топлива и коэффициент избытка воздуха, т.е. скорость горения топлива в топочных устройствах котлопарообразователей является многофакторной зависимостью.

Для наших исследований из всех вышеуказанных факторов были отобраны те, которые независимы и значимы. Такими факторами являются концентрация озона в озоновоздушной смеси (O_3), температура топлива (T_m) и коэффициент избытка воздуха (α).

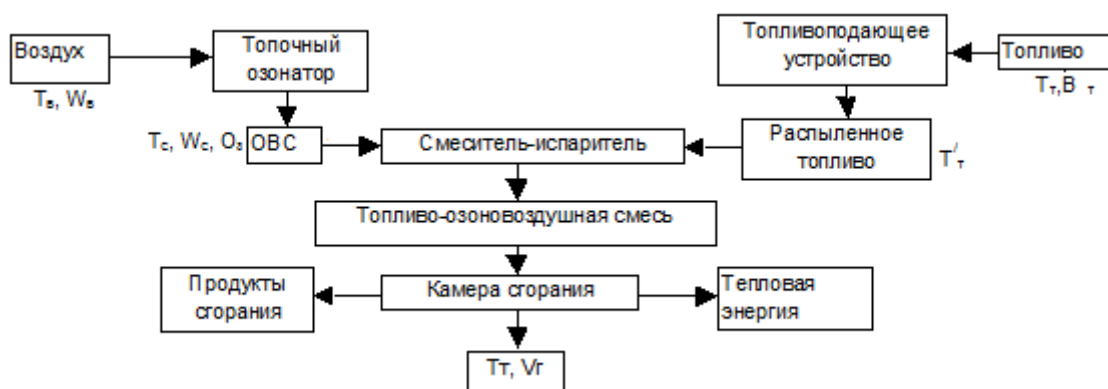


Рис. 2. Схема сжигания жидкого топлива в озоновоздушной смеси.

Таким образом, скорость сгорания топлива в котлах-парообразователях, используемых для тепловой обработки кормов, можно описать целевой функцией вида

$$V = f(O_3, T_m, \alpha) \quad (20)$$

или иначе функцией отклика типа

$$y = f(x_1, x_2, x_3). \quad (21)$$

Для описания возможной связи отклика с факторами используем на первом этапе математическую модель в виде полинома первой степени

$$\hat{y} = \epsilon_0 + \epsilon_1 x_1 + \epsilon_2 x_2 + \dots + \epsilon_n x_n, \quad (22)$$

где x_1, x_2, x_n – независимые переменные;

$\epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_n$ – коэффициенты регрессии.

Таким образом, как показывают проведенные теоретические исследования, можно утверждать, что за счет интенсификации процессов горения топлива в ТГУ можно снизить расход топлива и сократить продолжительность тепловой обработки корма, что приведет к повышению производительности технологической линии, а, следовательно, и к повышению эффективности влаготермической обработки корма. Если производительность технологической линии за один цикл тепловой обработки корма представить выражением

$$P_{ТЛ} = \frac{V \cdot k \cdot \gamma_k \cdot n}{\tau}, \quad (23)$$

где V – теоретический объем запорочного чана теплопотребляющей установки, м³;

k – коэффициент использования объема запорочного чана;

γ_k – удельная масса обрабатываемого корма, кг/м³;

n – количество одновременно работающих однотипных теплопотребляющих установок;

τ – время одного цикла работы технологической линии, ч,

а время одного цикла работы технологической линии выражением

$$\tau = \tau_{mгy} + \tau_{ц} = \tau_{mгy} + \tau_3 + \tau_t + \tau_в, \quad (24)$$

где $\tau_{mгy}$ – время выхода теплогенерирующей установки на рабочий режим, ч;

$\tau_{ц}$ – время продолжительность цикла тепловой обработки корма в теплопотребляющей установке периодического действия, ч;

τ_3 – время загрузки корма, ч;

$\tau_в$ – время выгрузки корма, ч;

τ_t – продолжительность тепловой обработки корма, ч.

то, подставляя (24) в (23), получим

$$P_{ТЛ} = \frac{V \cdot k \cdot \gamma_k \cdot n}{\tau_{mгy} + \tau_3 + \tau_t + \tau_в}. \quad (25)$$

Таким образом, из выражения (25) видно, что производительность исследуемой системы ТГУ-ТС-ТПУ зависит от времени выхода теплогенерирующей установки на рабочий режим и от продолжительности цикла тепловой обработки корма, включающим время загрузки и выгрузки корма, а также его тепловую обработку.

Время загрузки и выгрузки корма определяется техническими характеристиками технологической машины и является постоянной величиной для конкретного вида корма. Следовательно, основным фактором, влияющим на производительность исследуемой системы, будет снижение затрат времени на выход теплогенерирующей установки на рабочий режим и на тепловую обработку корма.

Для подтверждения высказанного предположения рассмотрим теоретический график рабочего процесса влаготермической обработки корма в запарнике–смесителе периодического действия (рис. 1).

Из графика видно, что

$$\tau = \tau_{тгу} + \tau_{нк} + \tau_{тк} + \tau_{в}, \quad (26)$$

где $\tau_{нк}$ – время нагрева обрабатываемого корма до заданной температуры, ч;

$\tau_{тк}$ – время томления корма, ч.

Продолжительность тепловой обработки корма в технологической машине ($\tau_{тм}$) складывается из времени нагрева корма ($\tau_{нк}$) до заданной температуры и времени томления ($\tau_{тк}$), т.е.

$$\tau_{тм} = \tau_{нк} + \tau_{тк} \quad (27)$$

Конечная температура нагрева и время томления корма задаются зоотехническими требованиями и являются величинами постоянными. Отсутствие в выражении (26) времени загрузки корма в технологическую машину (τ_3) объясняется тем, что загрузка корма производится параллельно работе ТГУ.

Вывод. Таким образом, интенсификация горения топлива в ТГУ должна привести к увеличению количества выделяемого тепла в зоне горения топлива, а, следовательно, и к повышению энтальпии пламени и пара, температуры теплоносителя (кривая OO'') и, как следствие, к сокращению времени выхода теплогенерирующей установки на рабочий режим и времени нагрева корма, что в конечном итоге приведет к сокращению продолжительности влаготермической обработки корма, а, следовательно, и к повышению производительности технологической линии и снижению всех потерь, а значит, и топлива.

Список используемых источников

1. Денисов, В.А. Энергоемкость процесса запаривания пищевых отходов / В.А. Денисов М.П. Зыков // исследование процессов комплексной механизации и автоматизации в свиноводстве. – Подольск, 1988. – С. 17-19.

2. Корольков, В.А. Повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в тепловых процессах: обзорная информация / В.А. Корольков, В.А. Степанов, И.П. Тумин. – Москва: АгроНИИТЭИИТО, 1988. – 30 с.

3. Горбачев, В.С. Способы сбережения энергии в тепловых процессах животноводства / В.С. Горбачев // Сб. науч. трудов ВИЭСХ. – Москва, 1985. – Том 64. – с. 87-92.

4. Гольдман, В.П. Эффективная эксплуатация котельных установок – путь к сокращению затрат / В.П. Гольдман, Ф.А. Кривицкая // Сб. науч. трудов ВИЭСХ. – М., 1985. – Том 64. – с. 93-98.

5. *Делягин, Г.Н.* Теплогенерирующие установки / *Г.Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков.* – Москва: Стройиздат, 1986. – 559 с.
6. *Кулагин, П.В.* Сжигание жидких и твердых топлив / *П.В. Кулагин, С.С. Охотников.* – Москва: недра, 1967. – 280 с.
7. *Кнорре, Г.Ф.* Теория топочных процессов / *Г.Ф. Кнорре, К.М. Арефьев, А.Г. Блох* и др. – Москва: Энергия, 1966. – 491 с.
8. *Капцов, Н.А.* Электрические явления в газах и в вакууме / *Н.А. Капцов.* – Москва-Ленинград: Издательство технико-теоретической литературы, 1951. – 586 с.
9. *Салимов, А.У.* Вопросы теории электростатического распыливания и интенсификации процессов сгорания жидких топлив / *А.У. Салимов, М.Т. Балабеков, А.М. Багдасаров.* – Ташкент: Издательство ФАН, 1968. – 112 с.

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДО ОБГРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВОЛОГОТЕРМІЧОЇ ОБРОБКИ КОРМІВ

Ксьонз М. В, Толстоухова Т. М.

Анотація. Наведено тепловий баланс технологічної лінії вологотермічної обробки корму і аналіз теплових втрат. Представлено теоретичне обґрунтування збільшення кількості тепла, яке виділяється в зоні горіння палива за рахунок інтенсифікації процесу горіння, підвищення температури пари і теплоносій, скорочення тривалості вологотермічної обробки корму в технологічній машині, а також зниження теплових втрат і палива.

THEORETICAL BACKGROUND TO THE JUSTIFICATION OF WAYS TO IMPROVE THE PROCESS OF HEAT TREATMENT OF FEED

N. Ksenz, T. Tolstouhova

Summary

An heat balance heat production line feed processing and analysis of thermal losses. The theoretical justification for increasing the amount of heat generated in the combustion zone of fuel due to the intensification of the combustion process, increase the steam temperature and coolant, reducing the duration of the heat treatment of feed processing machine, as well as reducing heat loss and fuel.