



УДК 636.5

## ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОМЕТА В БАРАБАННЫХ СУШИЛКАХ

Лысенко В.П., главный научный сотрудник, д-р с.-х наук

ГНУ Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства (ГНУ ВНИТИП)

**Аннотация:** Руководители птицефабрик часто не решаются внедрять в своих хозяйствах термическую переработку помета в сушильных установках, считая, что она экономически неэффективна из-за высоких затрат на топливо, технологическое оборудование и его обслуживание. Автор приведенными расчетными данными и на основе анализа материально-технических и финансовых затрат на сушку помета в установках барабанного типа аргументированно показывает экономическую эффективность внедрения технологии сушки птичьего помета в установках барабанного типа.

**Summary:** Many heads of poultry farms are hesitant to implement in their households thermal recycling of litter in the drying units, motivate the economic inefficiency of high fuel costs, technological equipment, service and other factors. The author shows the calculated data and the analysis of material-technical and financial costs of drying technology litter in the drum-type installations cogently demonstrates the economic efficiency of introduction of technology of drying bird droppings in the drum-type installations.

**Ключевые слова:** птичий помет, барабанные сушилки, сушка помета.

**Key Words:** bird droppings, drum dryers, drying litter.

В настоящее время перспективными технологиями утилизации помета являются: пассивное компостирование, аэробная твердофазная ферментация и термическая переработка в барабанных сушилках. Первые два способа достаточно подробно описаны в книгах, научно — методических руководствах, методических рекомендациях ГНУ ВНИТИП Россельхозакадемии.

Что касается третьего способа, термической сушки, то многие специалисты птицефабрик критически относятся к его использованию, в основном из — за больших затрат на энергоресурсы.

Однако этот способ может найти применение в отдельных птицеводческих хозяйствах, расположенных вблизи городских и сельских поселений, в курортных зонах и в северных районах нашей страны.

Помет, высушенный при температуре свыше 800°C, приобретает свойство сыпучести и вместе с тем сохраняет свои питательные вещества. Это делает его удобным для транспортирования, длительного хранения, и, главное, он может быть использован в земледелии со значительно большей эффективностью.

Термическая обработка помета уничтожает патогенные микроорганизмы и доводит его практически до стерильной чистоты.

Однако в настоящее время отсутствие методического подхода к определению затрат и выбору технологического оборудования для сушки помета не позволяют многим птицефабрикам использовать этот способ в своих хозяйствах. В связи с этим предлагается методика проведения теплотехнических расчетов, которая представлена в виде примера определения основных технологических показателей производственного процесса термической переработки помета для типовой птицефабрики яичного направления мощностью 350 тыс. яиц в сутки.

По предварительным расчетным данным суточное поступление помета составляет 48,0 т. Годовое поступление помета из производственных зон птицеводческого хозяйства 48 тонн × 456 дней = 17,0 тыс. т.

### Исходные данные для расчета

Помет поступает в сушильную камеру, его влажность  $W_1 = 70\%$ , а при выходе из сушилки  $W_2 = 14\%$ . По данным ВНИТИП, теплоемкость сухого помета  $G_a = 0,42$  ккал/(кг•град).

Принимаем, что сушильная установка работает 16 ч. в сутки, следовательно, производительность ее по влажному помету  $G_1 = 48$  т: 16 ч = 3 т/ч.

Температура влажного помета, поступающего в сушильный барабан,  $t_1 = 10^\circ\text{C}$ , а выходящего из барабана сухого помета  $t_2 = 120^\circ\text{C}$  (эта температура принята для обеспечения для надежной стерильности полученной продукции).

Температура воздуха, поступающего в топку для подогрева,  $T_1 = 20^\circ\text{C}$ . Температура газо-воздушной смеси (сушильного агента) на входе в сушильный барабан  $T_2 = 850^\circ\text{C}$ , на выходе —  $T_3 = 120^\circ\text{C}$ . Относительная влажность воздуха при  $T_1 = 20^\circ\text{C}$  составляет  $P_1 = 60\%$ . Относительная влажность газо-воздушной смеси на выходе из сушильного барабана  $P_2 = 33\%$ .

### Расчет

1. Количество влаги, которое требуется испарить в сушилке:

$$W = \frac{G_1 \times W_1 - W_2}{100 - W_2} = 48 \times \frac{70 - 14}{100 - 14} = 31,25 \text{ т}$$

1 а. Количество влаги, испаряемой в час 31,25 : 16 ч = 1,99 т/ч

2. Количество сухого помета, выходящего из сушилки:

$$G_2 = G_1 - W = 48 - 31,25 = 16,75 \text{ т}$$

Производительность сушилки по сухому помету составит

$$16,75 : 16 \text{ ч} = 1,04 \text{ т/ч} - \text{принимаем } 1,0 \text{ т/ч.}$$

Принимая годовой фонд работы сушильного агрегата 4500 ч, то общее количество сухого помета составит  $4500 \text{ ч} \times 1,0 \text{ т/ч} = 4500 \text{ т}$

3. По диаграмме  $I - d$  находим теплосодержание ( $I$ ) и влагосодержание ( $d$ ) воздуха:

а) входящего в сушилку при  $T_1 = 20^\circ\text{C}$  и влажности  $P_1 = 60\%$ ;

$I_1 = 10,25$  ккал/кг сухого воздуха,  $d_1 = 0,01$  кг/кг сухого воздуха;

б) нагретого до  $T_2 = 850^\circ\text{C}$ :

$I_2 = 230$  ккал/кг сухого воздуха,  $d_2 = 0,01$  кг/кг сухого воздуха;

в) на выходе из сушильного барабана:

$I_3 = 230$  ккал/кг сухого воздуха,  $d_3 = 0,308$  кг/кг сухого воздуха.

4. Расход тепла на испарение 1 кг влаги:

$$q_1 = \frac{I_3 - I_1}{d_3 - d_1} = \frac{230 - 10,25}{0,308 - 0,01} = 737 \text{ (ккал/кг)}$$

5. Расход тепла на нагрев помета, приведенный к 1 кг испаренной влаги:

$$q_2 = Cn \frac{100 - W_1}{W_1 - W_2} (T_2 - T_1) - Ca T_в,$$

где  $Cn$  – теплоемкость помета – 0,42 ккал/(кг $\times$ °C);

$Ca = 1$  ккал/(кг $\times$ °C) – теплоемкость воды;

$T_в = 10^\circ\text{C}$  – температура воды;

$$q_2 = 0,42 \frac{100 - 70}{70 - 14} (95 - 10) - 1 \times 10 = 9,1 \text{ (ккал/кг)}$$

6.  $q_3$  – потери тепла в окружающую среду <  $T_{окр}$ . (на основании практических данных принимается 10 ккал на 1 кг испаренной влаги [1].

7. Потери тепла с отходящими газами (если пренебречь изменением их

теплоемкости при изменении температуры) можно вычислить по формуле:

$$q_4 = LC_g (T_3 - T_1),$$

где  $L$  – расход газов на 1 кг испаренной влаги,

$$L = \frac{1}{d_3 - d_1} = \frac{1}{0,308 - 0,01} = 3,36 \text{ кг/кг};$$

$C_g = 0,247$  ккал/(кг $\times$ °C) – теплоемкость газов;

$$q_4 = 3,36 \times 0,247 (120 - 20) = 83 \text{ (ккал/кг)}$$

8. Суммарный расход тепла на 1 кг испаренной влаги:

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 737 + 9,1 + 10 + 83 = 839,1 \text{ (ккал/кг)}$$

Считая, что КПД топки = 0,95, определим полный расход тепла на испарение 1 кг влаги:

$$Q_T = 839,1 : 0,95 = 883,2 \text{ (ккал/кг)}$$

9. Общий расход тепла на испарение влаги для данной сушильной установки:

$$Q_{\text{общ}} = q_T W = 883,2 \times 1960 = 1,73 \times 10^6 \text{ (ккал/кг)}$$

10. Общий расход воздуха на испарение влаги:

$$L = 1,2 L W,$$

где 1,2 – коэффициент избытка воздуха;

$L = 3,36$  кг/кг – количество воздуха, необходимое для испарения 1 кг влаги;

$W = 1,89$  т/ч – количество испаряемой влаги из помета (см. пункт 1а);

$$L = 1,2 \times 3,36 \times 1890 = 7620 \text{ (кг/ч)}$$

Чтобы перевести расход воздуха из килограммов в час в кубические метры в час, необходимо величину в килограммах в час умножить на 1,24 м<sup>3</sup>/кг:

$$7620 \times 1,24 = 9449 \text{ (м}^3\text{/ч)}$$

11. Объем сушильного барабана:

$$V = \frac{W}{A}$$

где  $W = 1890$  кг/ч – количество удаляемой влаги из помета.

$A$  – напряжение барабана по испаряемой влаге.

Принимается  $A = 70$  кг(м<sup>3</sup>/ч), так как пока это лучший в отечественной практике показатель для барабанных установок, используемых для сушки влажных материалов (3).

Объем сушильного барабана

$$1890 : 70 = 27,0 \text{ м}^3$$

12. Длину барабана  $L_б$  можно определить, если принять во внимание его диаметр.

принимается  $D_б = 2$  м.

$$L_б = \frac{V_б}{0,785 \times D_б^2} = \frac{27}{(0,785 \times 2^2)} = 8,6 \text{ м}$$

Округляем до 9 м.

13. Данные о количестве топлива, которое необходимо для получения тепла, требуемого нормальным процессом сушки, приведены в таблице.

Расчет ведем по жидкому топливу:

$$G_T = \frac{Q_{\text{общ}}}{g_{ж.т}} = \frac{1,73 \times 10^6}{9600} = 180 \text{ кг}$$

14. Количество воздуха, необходимое для нормального сгорания жидкого топлива:

$$L_{сг} = 2G_T l_{сг} = 2 \times 180 \times 13,9 \approx 5000 \text{ (кг/ч)} = 4150 \text{ (нм}^3\text{/ч)}$$

Из [2] с учетом сечения трубопровода, равного 0,2785 м<sup>2</sup>, при общей потере давления  $P = 21$  кгс/м<sup>2</sup> подберем вентилятор ЦЧ – 70№ 5; частота его вращения – 930 об/мин, КПД – 0,75.

15. Для сбора пыли и других механических включений (пера, пуха) по

#### Теплотехнические характеристики основных видов топлива [2]

Вид топлива	Теплота сгорания топлива, g ккал/кг	Количество воздуха, необходимое для нормального сгорания топлива кг/кг	нм <sup>3</sup> /кг*
Твердое (каменный уголь)	5900	8,45	6,53
Жидкое (мазут)	9600	13,9	11,5
Газообразное (природный газ)	8040	11,5	8,94

\*Нм<sup>3</sup>/кг – нормальный кубометр.

данным [2] подбираем циклоны. При расходе газо-воздушной смеси, равном  $8175 \text{ м}^3/\text{ч}$ , можно включить два циклона НИОГАЗ диаметром 700 мм для параллельной работы; потеря давления составит  $P_n = 75 \text{ кгс}/\text{м}^2$ .

16. Потерю давления в трубопроводе  $P_{тр}$ , сечение которого  $0,128 \text{ м}^2$  и длина 15 м, при движении газо-воздушной смеси со скоростью 8 м/с с учетом поворотов примем равной  $5 \text{ кгс}/\text{м}^2$ .

17. Потерю давления в барабане  $P_б$  при движении газо-воздушной смеси со скоростью 1,13 м/с и сечении  $2,198 \text{ м}^2$  (из общего сечения барабана  $3,14 \text{ м}^2$  мы вычли 30%, так как эта часть занята материалом сушки и металлическими частями внутреннего устройства) примем равной  $30 \text{ кгс}/\text{м}^2$ .

18. Общие потери при всасывании и нагнетании газо-воздушной смеси:

$$P_{общ.} = P_{ц} + P_{тр} + P_б = 75 + 5 + 30 = 110 \text{ (кгс}/\text{м}^2\text{)}.$$

19. Также по [2] выберем дымосос, так чтобы соблюдались следующие условия:  $P_д = 110 \text{ кгс}/\text{м}^2$ ,  $L_{общ.} = 9800 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Этим условиям соответствует дымосос Д — 10, частота вращения его колеса — 730 об./мин.

20. Частота вращения барабана для сушки помета обычно не превышает 5 об./мин.

21. Мощность, расходуемую на вращение барабана, по нормам завода

«Прогресс» Н 167–66 и Н 182–66 примем для наших условий равной 28 кВт.

Приведем основные затраты, которые обуславливают общую стоимость процесса сушки помета и позволяют определить примерную себестоимость получения 1 т сухого помета.

1. Приобретение технологической линии — 19,892 млн руб. (по данным ООО «Топгран» 2013 г.).

2. Затраты на приобретение топлива. Годовой фонд работы технологической линии определим так: 220 календарных дней  $\times$  16 ч ежедневной работы = 3520 ч.

Необходимое количество топлива равно  $180 \text{ кг}/\text{ч} \times 3520 \text{ ч} = 633,6 \text{ т}$ , или 633,6 тыс. л.

Примем, что стоимость 1 л топлива в 2014 г. составляет 29 руб. Тогда затраты составят  $633,6 \text{ тыс. л} \times 29 \text{ руб./л} = 18,4 \text{ млн руб.}$

3. Затраты на электрическую энергию. Расход электроэнергии составляет  $482,17 \text{ кВт} \times 3520 \text{ ч} = 1,69 \text{ млн кВт}\cdot\text{ч}$ .

Принятая оплата за электрическую энергию  $5,6 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч}$ .

$$1,69 \text{ млн кВт}\cdot\text{ч} \times 5,6 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч} = 9,46 \text{ млн руб.}$$

4. Оплата труда. Принятое количество работников — 9 чел.

Принятая заработная плата — 35 тыс. руб./чел. в месяц.

Годовой фонд оплаты труда определим так:  $9 \text{ чел.} \times 35 \text{ тыс. руб.} \times 12 \text{ мес.} = 3,78 \text{ млн руб.}$

Если не принимать в расчет стоимость помещений и отдельные эксплуатационные издержки, то общая сумма затрат составит:

$$19,892 \text{ млн руб. (оборуд.)} + 18,4 \text{ млн руб. (топл.)} + 9,46 \text{ млн руб. (э/энергия)} + 3,78 \text{ млн руб. (оплата труда)} = 51,532 \text{ млн руб.}$$

Количество сухого помета (продукции), которое будет выработано за год:  $3520 \text{ ч} \times 1,047 \text{ т} = 3687 \text{ т}$

Отсюда ориентировочная себестоимость производства тонны сухого помета составит

$$51,532 \text{ млн руб.} : 4500 \text{ 687 т} = 11,45 \text{ тыс. руб.}$$

Допуская различные непредвиденные расходы, примем, что они могут составить 50%, и вычислим с учетом этого себестоимость выработки тонны сухого помета:

$$11,45 \text{ тыс. руб.} \times 1,5 = 17,17 \text{ тыс./т, или } 17,17 \text{ руб. за } 1 \text{ кг сухого помета.}$$

Таким образом, предложенная технология производства сухого помета является экономически оправданной: известно, что сухой помет на рынках, например, Московской области реализуется по цене 60 руб./кг (2014).

### Литература

1. Михайлов Н.М. Теория и тепловой расчет барабанной сушилки. Дисс.; М. 1952 г.
2. Методика испытания котельных установок, — Л., 1970. — С. 273.
3. Справочник по специальным работам. — М., 1966. — С. 759. □

**Для контактов с автором:**  
**Лысенко Валерий Петрович**  
**e-mail: lvp4124@rambler.ru**

**Тел.: +7 (496) 551-21-74,**  
**+7 (903) 675-09-85**

### Минсельхоз США готовит новые стандарты качества птицы

Служба продовольственной инспекции и контроля за безопасностью продуктов питания (FSIS) планирует разработать и внедрить к концу 2014 г. новые, более строгие стандарты на содержание сальмонелл и кампилобактерий в сырых тушках птицы.

FSIS также изучает возможность ужесточить требования по содержанию кампилобактерий в курином фарше.

На этот шаг чиновников заставило пойти письмо, адресованное министру сельского хозяйства США Тому Вилсаку. В нем сенаторы Дайана Файнштейн, Дик Дурбин и Кирстен Гиллибранд выражают серьезную озабоченность существующими стандартами безопасности пищевых продуктов и настоятельно призывают Департамент сельского хозяйства разработать новые стандарты, которые существенно снизят уровни сальмонелл и кампилобактерий среди домашней птицы.

«За последние 10 лет США так и не достигли существенного прогресса в области снижения количества болезней пищевого происхождения, вызванных бактериями Salmonella и Campylobacter. Сегодня настало время, чтобы исправить эту ситуацию и общими усилиями улучшить продовольственную безопасность американских семей», — сказал сенатор Дик Дурбин.

В ответ Том Вилсак заявил, что «FSIS будет активно работать над ужесточением стандартов качества с целью сокращения количества болезней пищевого происхождения, вызванных употреблением птицеводческой продукции».

[www.webpticeprom.ru](http://www.webpticeprom.ru)