

УДК. 631.854.2/027.32/33

## Производство энергии на подстилочном помёте: экономические и технологические аспекты

**Гарзанов А.Л.**, кандидат технических наук, генеральный директор, ООО «АГК ЭКОЛОГИЯ»

**Аваков А.А.**, генеральный директор, ЗАО «ИЦ Авелит»

**Аннотация.** *Современные экономические условия требуют снижения издержек в птицеводстве. Важный вклад в это должна внести утилизация помёта в качестве биотоплива для выработки тепла, пара и электроэнергии на собственные нужды птицефабрик. Описаны промышленный опыт сжигания его в водогрейных и паровых котлах, технические особенности и экономическая эффективность метода. Приведены капитальные затраты, сроки окупаемости и себестоимость производимых энергоносителей.*

**Ключевые слова:** *помёт, утилизация, тепловая энергия, капитальные затраты, себестоимость, срок окупаемости, удобрение.*

## Poultry Manure As an Energy Source: Economical and Technical Aspects

**Garzanov A.L.**, Cand of Tech. Sci., General Director, «AGK ECOLOGY» Co.

**Avakov A.A.**, General Director, «IC Avelit» Co.

**Summary.** *Modern economical conditions in our country demand reduction in expenditures in poultry production. This reduction should be contributed by the utilization of poultry manure as a biofuel to produce heat, water steam and electric power to be recycled back in poultry farms. The commercial experience is shared on the incineration of manure in hot-water and steam boilers with attendant technical and economical details. The capital expenditures, pay-back periods and cost efficiency of the produced energy resources are presented.*

**Key words:** *poultry manure, utilization, heat energy, capital expenditures, cost efficiency, pay-back period, fertilizer.*

В нынешних условиях (санкции, рост стоимости энергоносителей, кормового зерна и т.д.) производителям мяса птицы необходимы быстрые и эффективные способы сокращения издержек и оптимизации производственных затрат. В себестоимости продукции птицефабрик самой существенной — после кормов — статьей расходов является плата за энергоносители. Кроме того, при выращивании птицы скапливается помёт — отход III класса опасности, требующий утилизации.

При напольном содержании птицы образуется подстилочный помёт (ПП), который без предварительной подготовки является готовым альтернативным биотопливом. Практический опыт его сжигания в водогрейных и паровых котлах показал, что из 1 т ПП можно выработать до 2 Гкал тепла или 3 т пара на технологические нужды, или до 600 кВт·ч электроэнергии, замещая при этом до 270 м<sup>3</sup> природного газа. Образуется также до 140 кг золы, которая является эффективным минеральным ка-

лийно-фосфорным удобрением с нулевой стоимостью. Замещение покупных удобрений золой снижает себестоимость зерновых и, соответственно, кормов. Наконец, безотходная утилизация ПП сводит к нулю экологические платежи за его размещение на полигонах. Такой комплексный подход снижает себестоимость конечной продукции на 10–15%, усиливая конкурентные преимущества производителя.

Имеющийся отечественный и зарубежный опыт показал, что возможны





**Таблица 1. Техничко-экономические показатели мини-ТЭЦ и паровых котельных на подстилочном помёте**

Показатели	Производство				
	электроэнергии			тепла (пара)	
Суточный расход биотоплива, т/сут	75	210	300	670	210
Теплопроизводительность, Гкал/ч	6	17	26	56	17
Паропроизводительность, т/ч	10	26	38	86	28
Годовой отпуск тепла, тыс. Гкал/г.	–	–	25	50	133
Себестоимость тепла, руб./Гкал	–	–	0	0	380
Установленная мощность турбогенератора, МВт	1,4	4	6	12	–
Годовой отпуск эл. энергии, млн. кВт•ч	9,4	25,9	42,5	86,7	–
Себестоимость эл. энергии, руб./кВт•ч	2,4	1,5	0,9	0,7	–
Стоимость оборудования, млн. руб.	140	350	415	790	170
Общие капитальные затраты, млн. руб.	205	548	685	1200	272
Экономический эффект, млн. руб./г.	34	117	191	456	108
Срок окупаемости кап. затрат, г.	6,0	4,7	3,6	2,4	2,5
Удельные кап. затраты, тыс. €/т ПП*	42	40	35	28	20
То же на 1 кВт генерирующей мощности €/кВт*	2250	2110	1760	1540	–

**Примечание:** \*1 € = 65 рублей.

три основных варианта использования ПП для производства:

- тепла (горячей воды) на нужды ГВС и отопления;
- насыщенного пара (1,3 МПа) на технологические нужды (убой, переработка отходов, производство кормов) и тепла;
- перегретого пара (2,4 МПа, 350° С) для комбинированной выработки электроэнергии, пара и тепла на технологические нужды.

В первом, самом простом и дешёвом варианте, применяются специализированные водогрейные котлы с механизированными системами топливоподачи и золоудаления. Но в этом случае требуются закрытые и вентилируемые топливные склады (из расчёта 1,5м<sup>2</sup> на 1т ПП) для хранения избыточного количества биотоплива в межтопительный период. Кроме того, тепловая мощность котлов должна быть рассчитана на сжигание годового объёма ПП за отопительный период (190–210 суток). Этот вариант наиболее выгоден при наличии круглогодичных потребителей тепла, в том числе для ГВС жилого сектора. Благодаря низкой себестоимости производства тепла (500–700 руб./Гкал) и замещению дорогостоящего натурального топлива срок окупаемости капитальных затрат в водогрейном варианте не превышает двух

лет. Он максимально подходит для небольших птицефабрик с суточным выходом ПП не более 50–70 тонн. Так, уже более 6 сезонов отапливает 16 птичников водогрейная котельная на одной из птицефабрик Подмосковья.

Производство технологического пара — более сложный и дорогой вариант благодаря необходимости в паровых котлах, системах ХВО и деаэрации воды. Но он даёт возможность комбинированного производства пара и тепла и наиболее выгоден для птицефабрик с птицеперерабатывающими комплексами — основными и постоянными потребителями технологического пара и тепла (ГВС). При суточном выходе ПП 150–200 т себестоимость 1 т пара не превышает 140 руб., а 1 Гкал тепла — 420 рублей. Даже с учётом экономии только газа срок окупаемости капитальных затрат на паровую котельную не превышает 3,0–3,5 лет при цене 5 тыс. руб./тыс. нм<sup>3</sup>. Например, недавний ввод в эксплуатацию первого из трёх котлов мощностью 8 т/ч насыщенного пара (1,2 МПа) в котельной ЗАО «Приосколье» (фото 1) позволил сэкономить не менее 2 млн. руб. в месяц только за счёт сокращения потребления природного газа. Здесь же при равномерном подвозе ПП удалось обойтись без отдельного топливного склада. Его роль



**Фото 1. Котёл паровой на ПП**



**Фото 2. Топливный склад котла**

играют стокеры (ёмкости с «живым» дном) самих котлов (фото 2).



Для крупных птицефабрик с выходом ПП в сутки от 200 т и более возможности производства пара и тепла значительно выше потребности в них. В этом случае наиболее рационален третий вариант — комбинированное производство электроэнергии, технологического пара и тепла. Он наиболее сложен и дорог, так как помимо котлов с повышенными параметрами пара (2,4 МПа, 350°

С) необходимы паровые турбины с конденсаторами, генераторами, градирнями и соответствующим вспомогательным оборудованием.

Стоимость паротурбинного блока равна или превышает стоимость котельного оборудования. Но этот вариант наиболее гибок и универсален, является единственно возможным при значительной удалённости от потребителей. При этом котельная становится мини-ТЭЦ, работающая в режиме «параллельно с сетью». Это позволяет избежать высокой платы за подключение к внешним электросетям (25–50 тыс. руб./кВт) и даёт возможность перейти к взаиморасчётам с ними в натуральной форме (по кВт·ч).

В любом варианте сжигания ПП рекомендуется оснащение линий топливоподачи сепараторами для удаления посторонних включений (металлических предметов, камней и т.п.).

В таблице 1 приведены основные расчётные технико-экономические показатели ТЭЦ и паровых котельных, сжигающих от 75 до 700 т ПП в сутки. Удельные капитальные затраты при этом варианте составляют от 42 до 28 тыс. евро на 1 т ПП в сутки, или от 1540 до 2250 евро на 1 кВт генерирующей установленной мощности. Срок окупаемости капитальных затрат составляет от 2,4 до 6,0 лет. Себестоимость электроэнергии при включении всех эксплуатационных за-

Таблица 2. Характеристики подстилочного помёта

Показатели	Размерность	ПП на опилках*	ПП на соломе*	Опилки**	Солома**
Теплота сгорания низшая рабочая, Q <sub>н</sub> <sup>р</sup>	ккал/кг	2660	2560	2800	3300
Влажность рабочая, W <sup>р</sup>	%	34	28	30	20
Зольность рабочая, А <sup>р</sup>	—/—	14,5	10,8	0,5	7,0
Содержание углерода, С <sup>р</sup>	—/—	29,5	32,4	35,5	33,5
Содержание водорода, Н <sup>р</sup>	—/—	3,7	3,5	4,2	4,8
Содержание серы, S <sup>р</sup>	—/—	0,9	0,6	0,15	0,1
Содержание кислорода, О <sup>р</sup>	—/—	17,3	24,5	29,6	40,0
Содержание азота, N <sup>р</sup>	—/—	0,1	0,1	0,4	0,8
Выход летучих на горючую массу, V <sup>daf</sup>	—/—	72,6	80,1	—	—
Насыпная плотность, ρ <sub>н</sub>	кг/м <sup>3</sup>	390	360	275	—
Температура начала плавления золы, T <sub>DT</sub>	°C	1080	980	1150**	—

Примечание: \* по нашим данным; \*\* по литературным данным.

трат составляет от 2,4 до 0,7 руб./кВт·ч, снижалась с ростом мощности.

В случае паровых котельных удельные капитальные затраты ниже в 1,7–2,0 раза, а себестоимость тепла составляет около 400 руб./Гкал. Соответственно срок окупаемости капитальных затрат ниже, чем в случае ТЭЦ, на 1,0–1,5 года.

Приведённые выше технико-экономические показатели могут использоваться в качестве ориентиров для выбора оптимального варианта утилизации ПП применительно к условиям конкретного производителя.

Утилизация ПП в качестве биотоплива имеет ряд существенных особенностей, которые обязательно нужно учитывать. По своим теплотехническим характеристикам ПП относится к низкокалорийному и высоковлажному твёрдому топливу со средним содержанием золы и пониженной температурой её плавления (табл. 2).

Эти характеристики определяют технологические особенности процессов горения, теплопередачи, золоочистки, предотвращения шлакования и заноса топочных и конвективных поверхностей нагрева. К основным особенностям нужно отнести необходимость поддержания температуры газов на выходе из топки ниже, чем при начале плавления золы (не более 900° С для подстилки на

опилках, и 800° С — на соломе); нагрев дутьевого воздуха до температуры не менее 200° С; предотвращение отложения летучей золы как за счёт газодинамических условий обтекания труб, так и применения газоимпульсной или паровой обдувки.

Высокая концентрация летучей золы наряду с её тонкодисперсным составом (табл. 3) требует применения высокоэффективных устройств газоочистки с КПД золоулавливания не менее 95 процентов.

Наконец, устойчивое сжигание ПП без пульсаций давления и «хлопков» в топке (по результатам пусконаладочных работ на пилотном паровом котле) возможно лишь при реализации факельно-слоевого способа сжигания этого биотоплива в сочетании с многозонным воздушным дутьём.

В конечном счёте, для надёжного и эффективного сжигания ПП нужны специализированные котлы, которые практически вдвое дороже газомазутных аналогов, в том числе и за счёт удвоенной удельной металлоёмкости. Но это окупается благодаря нулевой цене топлива и исключению экологических платежей совместно с утилизацией золы в качестве минерального удобрения.

Кроме того, по результатам аналитического контроля продуктов сгорания



ПП наиболее существенным загрязняющим компонентом газовых выбросов является монооксид азота NO. При этом выбросы оксида азота находятся между уровнем сжигания газа и мазута в котлах с сопоставимой тепловой мощностью и близкими избытками воздуха (табл. 4).

В целом замещение натурального топлива подстилочным помётом с комбинированным производством энергоресурсов на нужды птицефабрик — важный резерв снижения себестоимости продукции и увеличения прибыльности.

Дополнительным ресурсом должно стать замещение покупных минеральных удобрений, золой, снижающей себестоимость производства зерновых и, соответственно, производство собственных кормов — основной составляющей себестоимости конечной продукции.

Показатели золы приведены в таблице 5. ВНИИ органических удобрений рекомендует её дозировки от 2 до 10 ц/га в зависимости от типа почв и вида культур.

Наиболее перспективное производство из золы гранулированного кондиционера почв, сочетающего свойства как удобрения, так и улучшителя структуры почвы. Результаты испытаний кондиционера на ряде культур показали, что их урожайность возросла на 40–50 процентов. Себестоимость продукции не превышает 3 тыс. руб./тонну. Удобство хранения кондиционера в виде блоков размером 1×1×1 м вне складов с последующим измельчением в необходимом количестве делает кондиционер из золы весьма привлекательным новым продуктом на рынке удобрений.

**Литература:**

1. Альтернативное биотопливо из продуктов жизнедеятельности птицевод-

**Таблица 3. Фракционный состав и плотность летучей золы**

Размер частиц золы, мкм более	Массовая доля, %	
	ПП	Лузга подсолнечника
1500	–	0,18
1200	0,23	0,10–0,084
700	1,15	0,10–0,11
500	1,50	0,10–0,22
315	3,73	0,53–0,82
100	34,02	22,31–28,20
50	25,6	62,73–59,45
менее 50	33,46	14,13–10,93
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	380–400	403–417

**Примечание:** анализ выполнен в лаборатории ЗАО «ИЦ АВЕЛИТ».

**Таблица 4. Содержание оксидов азота и СО при сжигании газа, мазута и ПП**

Тип котла	Топливо	Нагрузка котла	α	NO <sub>x</sub> , мг/нм <sup>3</sup>	СО, %об.
<b>Водогрейные котлы</b>					
КВГМ-30	газ	30 Гкал/ч	1,45	141	0,002
УТПУ-3М	ПП*	1 Гкал/ч	1,50	199	0,003
КВГМ-20	мазут	14 Гкал/ч	1,51	271	0,002
КВГМ-10	мазут	7 Гкал/ч	1,46	338	0,003
КВГМ-30	мазут	20 Гкал/ч	1,26	476	0,003
<b>Паровые котлы</b>					
ДКВР-6,5/13	мазут	6 т/ч	1,36	285	0,005
ПКБ-8	ПП**	8 т/ч	1,37	98	0,04
ДКВР-10/13	мазут	10 т/ч	1,50	256	0,003
ДКВР-10/23	мазут	8 т/ч	2,10	383	0,004
ДКВР-10/13	мазут	9 т/ч	1,66	279	0,002
ДКВР-10/13	газ	10 т/ч	1,28	364	0,005

**Примечание:** \* ПП на опилках; \*\* ПП на соломе.

**Таблица 5. Химический состав золы ПП, %**

Показатели	ПП на опилках	ПП на соломе
K <sub>2</sub> O	7,5	16,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10,7	30,4
CaO	24,7	23,2
MgO	7,1	9,8
Na <sub>2</sub> O	3,3	2,9
SO <sub>3</sub>	11,9	7,5
ZnO	0,2	0,5
CuO	0,1	0,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,3	1,4
TiO <sub>2</sub>	0,3	0,1
SiO <sub>2</sub>	14,6	6,2

ства/ Мясная индустрия. 2010. №7. С. 44-47.  
 2. Подстилочный помёт птицефабрик как биотопливо для котельной /Новости теплоснабжения. 2010. №11. С. 19-21.  
 3. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз. М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2008. 404 с.  
 4. Котельные и электростанции на биотопливе. Справочник. С.-Пб. Биотопливный портал WOOD-PELLETS COM/ 2008. 360 с. ил.  
 5. Заявка на Патент №20 14135642/03 от 02.09.2014, МПК F23G 7/00.

Устройство для сжигания биотоплива (решение Роспатента о выдаче Патента от 18.11.2014).  
 6. Заявка на Патент №20 13146908/13 от 21.10.2013 МПК COSF 11/01, Кондиционер почвы (Роспатент о выдаче патента от 26.01.2015).

**Для контакта с авторами:**  
**Гарзанов Александр Львович**  
**тел.: 8 (495)745-98-91;**  
**моб.: 8 (903)728-10-27**  
**Аваков Алексей Агасиевич**  
**тел.: 8 (4722) 26-17-18**