

Исследование процесса сгорания топлива в котельной при утилизации помёта птицефабрик

С.В. Митрофанов, к.т.н., В.Ю. Соколов, к.т.н., С.А. Наумов, к.т.н., В.Б. Шлейников, к.т.н., А.Б. Садчиков, к.т.н., В.Е. Дудоров, к.с.-х.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГУ; Р.Ф. Сагитов, к.т.н., ООО «НИПИЭП»

Помёт птицефабрик является побочной продукцией птицеводства, в разы превышающей по объёму выпуск готовой продукции: при производстве 1 т мяса бройлеров выход помёта составляет 4 т. Всего птицефабрики России производят более 17 млн т помёта в год.

Материал и методы исследования. Пока ещё преобладает точка зрения, что помёт – опасный отход, снижающий прибыльность производства. Выработка пиролизного газа из подстилочного помёта технологически не эффективна, т.к. исходный помёт является более калорийным топливом, чем пиролизный газ. ООО «НИПИЭП» в сотрудничестве с Оренбургским ГУ предлагает сжигание птичьего помёта в специализированных водогрейных и паровых котлах, со скоростью термической утилизации одной порции помёта в пределах 10–15 сек. При правильной организации процесса горения концентрация выбросов меньше, чем при сжигании мазута, а образующаяся зола составляет до 14% от исходного объёма отходов. Получаемый продукт – эффективное калийно-фосфорное удобрение, и поэтому процесс сжигания помёта характеризуется отсутствием вторичных отходов, что делает технологию экологически чистой [1, 2].

Птичий помёт является сырьём для производства: энергоресурсов (тепла, пара, электроэнергии) при его сжигании в виде биотоплива с побочным получением из золы минеральных удобрений; органических удобрений.

Исследование проводили с использованием программного средства, разработанного и зарегистрированного в ОГУ «Обработка результатов многофакторного эксперимента на основе композиционного ортогонального плана ПФЭ 2³».

Для исследования процессов сгорания топлива в котельной были определены входные параметры: содержание углеводов в топливе (%), скорость подачи топлива (л/с), температуры воздуха (°С), оказывающие влияние на процесс сгорания топлива в котельной, а также выходные параметры: шумовая нагрузка (Дб), удельные финансовые затраты (руб/кДж), энергоэффективность (кДж/кг), показывающие эффективность процесса сгорания топлива [1–5].

Результаты исследования. На первом этапе была проведена серия экспериментов по изучению влияния скорости подачи топлива, температуры воздуха, содержания углеводов в топливе на шумовую нагрузку.

Первоначально проанализировали влияние скорости подачи топлива на шумовую нагрузку при содержании углеводов в топливе 60%, температуре воздуха 20; 70; 120°С. Результаты представлены на рисунке 1.

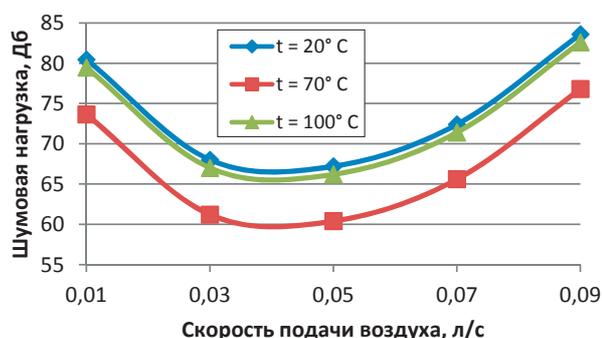


Рис. 1 – Зависимости шумовой нагрузки от скорости подачи топлива при содержании углеводов в топливе 60%

На рисунке 1 видно, что с увеличением скорости подачи топлива от 0,01 до 0,04 л/с шумовая нагрузка снижается, при дальнейшем увеличении скорости подачи топлива шумовая нагрузка возрастает в исследованных пределах; наименьшая шумовая нагрузка получается при средней температуре воздуха (70°С); наилучшим является использование воздуха температурой 70°С и скорости подачи воздуха 0,04 л/с, при этом шумовая нагрузка составляет 60 Дб.

Далее изучали влияние температуры воздуха на шумовую нагрузку при содержании углеводов в топливе 70%, скорости подачи топлива 0,03; 0,05 и 0,07 л/с.

Результаты исследования представлены на рисунке 2.

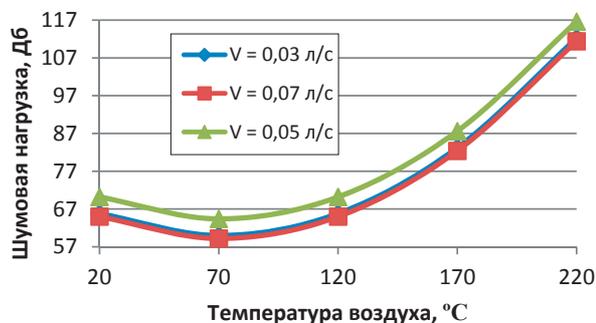


Рис. 2 – Зависимости шумовой нагрузки от температуры воздуха при содержании углеводов в топливе 70%

На рисунке 2 показано, что с увеличением температуры воздуха от 20 до 70°С шумовая нагрузка снижается, при дальнейшем увеличении

температуры воздуха шумовая нагрузка возрастает в исследованных пределах; наименьшая шумовая нагрузка получается при скорости подачи топлива от 0,03 до 0,07 л/с; наилучшим является использование воздуха температурой 70°C и скорости подачи воздуха от 0,03 до 0,07 л/с, при этом шумовая нагрузка составляет 58 Дб.

Динамика влияния содержания углеводов в топливе на шумовую нагрузку при температуре воздуха 70°C, скорости подачи топлива 0,03; 0,05 и 0,07 л/с продемонстрирована на рисунке 3.

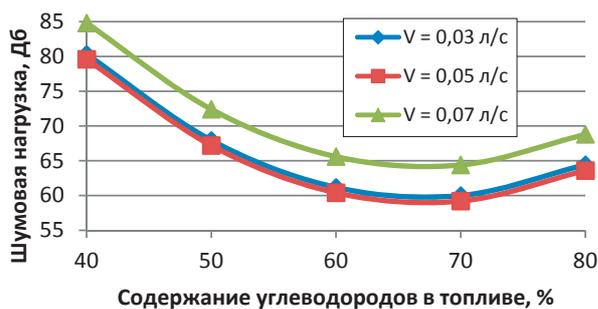


Рис. 3 – Зависимости шумовой нагрузки от содержания углеводов в топливе при температуре воздуха 70°C

Анализ изучаемого показателя свидетельствует о том, что с увеличением содержания углеводов в топливе от 0 до 68% шумовая нагрузка снижается, при дальнейшем увеличении содержания углеводов в топливе шумовая нагрузка возрастает в исследованных пределах; наименьшая шумовая нагрузка получается при содержании углеводов в топливе 68% и скорости подачи топлива 0,05 л/с, при этом шумовая нагрузка составляет 58 Дб.

На втором этапе исследования провели серию экспериментов по изучению влияния скорости подачи топлива, температуры воздуха, содержания углеводов в топливе на удельные финансовые затраты (руб/кДж) [1–5].

Динамика влияния скорости подачи топлива на удельные финансовые затраты при содержании углеводов в топливе – 60%, температуре воздуха 20; 70; 120°C представлена на рисунке 4.

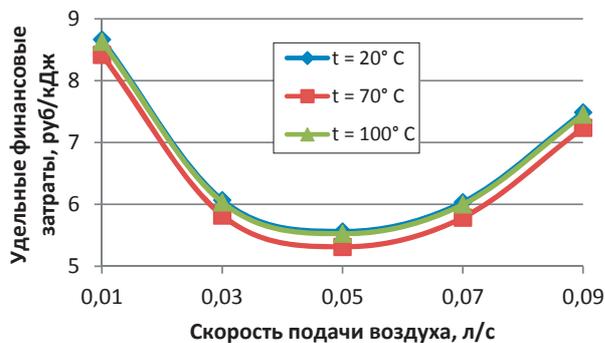


Рис. 4 – Зависимости удельных финансовых затрат от скорости подачи топлива при содержании углеводов в топливе 60%

Анализ данных рисунка 4 показал, что с увеличением скорости подачи топлива от 0,01 до 0,05 л/с удельные финансовые затраты снижаются, при дальнейшем увеличении скорости подачи топлива удельные финансовые затраты возрастают в исследованных пределах; наименьшие удельные финансовые затраты получаются при температуре воздуха 70°C; наилучшим является использование воздуха температурой 70°C и скорости подачи воздуха 0,05 л/с, при этом удельные финансовые затраты равны 5,3 руб/кДж.

Далее анализировали результаты влияния температуры воздуха на удельные финансовые затраты при содержании углеводов в топливе 70%, скорости подачи топлива 0,03; 0,05 и 0,07 л/с (рис. 5).

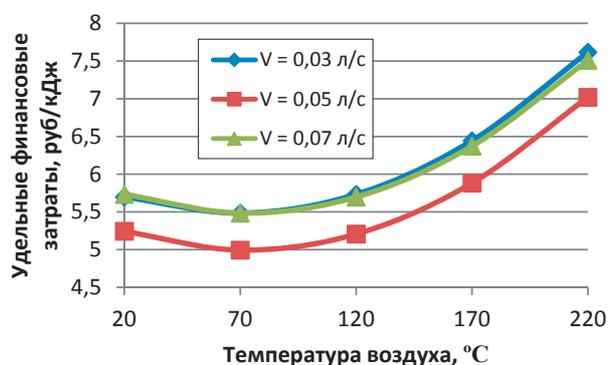


Рис. 5 – Зависимости удельных финансовых затрат от температуры воздуха при содержании углеводов в топливе 70%

На рисунке 5 видно, что с увеличением температуры воздуха от 20 до 70°C удельные финансовые затраты снижаются, при дальнейшем увеличении температуры воздуха удельные финансовые затраты возрастают в исследованных пределах; наименьшие удельные финансовые затраты получаются при скорости подачи воздуха 0,05 л/с; наилучшим является использование воздуха температурой 70°C и скорости подачи воздуха 0,05 л/с, при этом удельные финансовые затраты составят 4,9 руб/кДж.

Результаты изучения влияния содержания углеводов в топливе на удельные финансовые затраты при температуре воздуха 70°C, скорости подачи топлива 0,03; 0,05 и 0,07 л/с представлены на рисунке 6.

На рисунке 6 показано, что с увеличением содержания углеводов в топливе от 40 до 70% удельные финансовые затраты снижаются, при дальнейшем увеличении содержания углеводов в топливе удельные финансовые затраты возрастают в исследованных пределах; наименьшие удельные финансовые затраты получаются при скорости подачи воздуха 0,05 л/с; наилучшим является использование топлива с содержанием углеводов 70% и скорости подачи воздуха 0,05 л/с, при этом удельные финансовые затраты 4,9 руб/кДж.

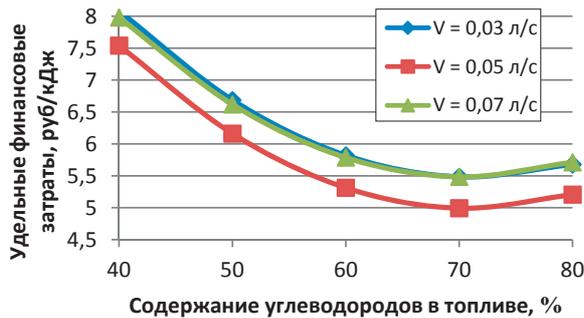


Рис. 6 – Зависимости удельных финансовых затрат от содержания углеводородов в топливе при температуре воздуха 70°C

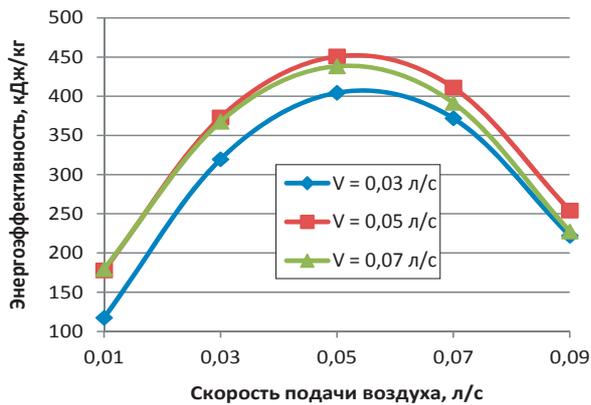


Рис. 7 – Зависимости энергоэффективности от скорости подачи топлива при содержании углеводородов в топливе 60%

На третьем этапе исследования была проведена серия экспериментов по изучению влияния скорости подачи топлива, температуры воздуха, содержания углеводородов в топливе на энергоэффективность [1–5].

На рисунке 7 показано влияние скорости подачи топлива на энергоэффективность при содержании углеводородов в топливе 60%, температуре воздуха 20; 70; 120°C. Анализ данных свидетельствует, что с увеличением скорости подачи топлива от 0,01 до 0,055 л/с энергоэффективность возрастает, при дальнейшем увеличении скорости подачи топлива энергоэффективность снижается; наибольшую энергоэффективность можно получить при температуре воздуха 70°C; наилучшим является использование воздуха температурой 70°C и скорости подачи воздуха 0,055 л/с, при этом энергоэффективность составляет 455 кДж/кг.

Далее изучали влияние температуры воздуха на энергоэффективность при содержании углеводородов в топливе 70%, скорости подачи топлива 0,03, 0,05 и 0,07 л/с.

На рисунке 8 видно, что с увеличением температуры воздуха от 20 до 80°C энергоэффективность возрастает, при дальнейшем увеличении температуры воздуха энергоэффективность снижается в исследованных пределах; наибольшую энергоэффективность можно получить при скорости подачи воздуха 0,05 л/с; наилучшим является использова-

ние воздуха температурой 80°C и скорости подачи воздуха 0,05 л/с, при этом энергоэффективность составляет 450 кДж/кг.

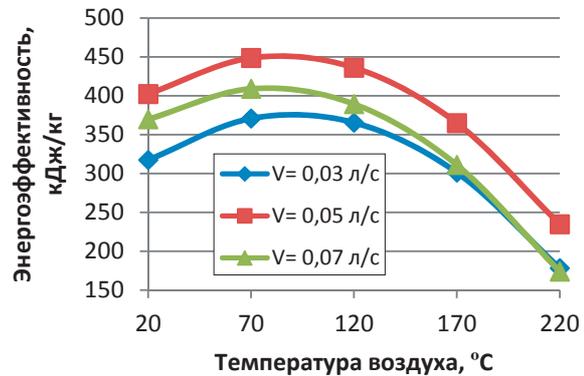


Рис. 8 – Зависимости энергоэффективности от температуры воздуха при содержании углеводородов в топливе 70%

Рисунок 9 демонстрирует влияние содержания углеводородов в топливе на энергоэффективность при температуре воздуха 70°C, скорости подачи топлива 0,03; 0,05 и 0,07 л/с. Его данные показывают, что при снижении содержания углеводородов в топливе от 40 до 65% энергоэффективность снижается, при дальнейшем увеличении содержания углеводородов в топливе наблюдается увеличение энергоэффективности в исследованных пределах; наибольшая энергоэффективность получается при скорости подачи воздуха 0,05 л/с; наилучшим является использование топлива с содержанием углеводородов 40% и скорости подачи воздуха 0,05 л/с, при этом энергоэффективность составляет 550 кДж/кг.

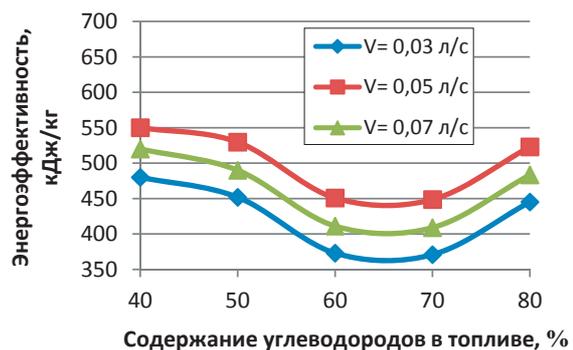


Рис. 9 – Зависимости энергоэффективности от содержания углеводородов в топливе при температуре воздуха 70°C

Следует отметить, что при использовании топлива с содержанием углеводородов 40% наблюдается значительное увеличение шумовых нагрузок до 80–85 Дб и удельных финансовых затрат до 7,5–8,5 руб/кДж.

Учитывая, что определяющими выходными показателями процесса являются удельные финансовые затраты и шумовая нагрузка, можно сделать

вывод, что наиболее эффективным является использование топлива с содержанием углеводов 70%, температуры воздуха 70°C, скорости подачи воздуха от 0,05–0,055 л/с. При этом удельные финансовые затраты составят 4,9 руб/кДж, шумовая нагрузка 58 Дб, энергоэффективность 450 кДж/кг.

Литература

1. Левин Е.В. Оценка воздействия помётохранилища бывшей птицефабрики «Снежная» в Мурманской области на атмосферный воздух и почву / Е.В. Левин, Р.Ф. Сагитов, Т.А. Гамм, В.Д. Баширов, Р.Н. Касимов, С.П. Василевская, Е.В. Волошин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 193–196.
2. Левин Е.В. Воздействие помётохранилища бывшей птицефабрики «Снежная» Мурманской области на поверхностные воды / Е.В. Левин, Р.Ф. Сагитов, Т.А. Гамм, В.Д. Баширов, Р.Н. Касимов, С.П. Василевская, Е.В. Волошин, А.Д. Буракаева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 210–212.
3. Левин Е.В. Экологическое обоснование ликвидации помётохранилища на основе результатов инженерно-экологических изысканий / Е.В. Левин, Т.А. Гамм, Р.Ф. Сагитов, С.В. Шабанова. М.: Русайнс, 2016. 128 с.
4. Егоров А.А. Анализ проблемы технических этажей в жилых зданиях / В.Д. Баширов, Р.Ф. Сагитов, В.В. Захаревич // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике: сб. матер. III Междунар. науч.-практич. конф. Чебоксары, 2015. С. 29–30.
5. Егоров А.А. Обоснование применения крышных котельных установок в зданиях жилищно-коммунального назначения / В.Д. Баширов, Р.Ф. Сагитов, В.В. Захаревич // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике: сб. матер. III Междунар. науч.-практич. конф. Чебоксары, 2015. С. 232–233.