

УДК 664.951.3.041 : 664.951.039.51 : 536.521.2

Диагностика тепловых потоков ИК-дымогенератора методом количественной термографии с целью повышения энергетической эффективности

А.Б. Власов¹, Ю.В. Шокина², К.Б. Аллояров², А.И. Прыгунов³

¹ Судомеханический факультет МА МГТУ, кафедра электрооборудования судов

² Технологический факультет МГТУ, кафедра технологий пищевых производств

³ Политехнический факультет МГТУ, кафедра технической механики

Аннотация. С целью энергоаудита на основе методов количественной термографии разработана методика диагностики тепловых потоков технологического оборудования пищевых производств, позволяющая получить объективные данные о величине этих потоков и разработать комплекс мер, направленных на их оптимизацию. Реализация мер позволила снизить непроизводительные тепловые потоки в 7 раз.

Abstract. For a purpose of energy audit and on the basis of quantitative IR-thermography the diagnostic technic of heat flows produced by processing equipment in food production has been developed. The technic allows to obtain objective data on these flows' size and to work out a set of measures aimed at their optimization. Implementation of these methods has reduced nonproductive heat flows 7 times.

Ключевые слова: количественная термография, энергоэффективность, тепловые потоки, дымогенерация, канцерогенная безопасность продукции

Key words: quantitative IR-thermography, energy efficiency, heat flows, smoke generation, carcinogenic safety of product

1. Введение

Использование традиционной технологии копчения предполагает опасность заражения копченых продуктов вредными для здоровья человека веществами, среди которых наибольшую угрозу представляют канцерогенные соединения типа 3,4-бенз(а)пирена. Одним из способов повышения канцерогенной безопасности копченых продуктов является использование управляемых технологий копчения, обеспечивающих устойчивый температурный режим пиролиза древесного топлива – ключевого фактора выработки безопасной коптильной среды. В этой связи требуется создание современного, отвечающего требованиям качества и безопасности дымогенераторного оборудования (Шокина и др., 2010).

В качестве перспективного оборудования при решении данной задачи можно рассматривать ИК-дымогенератор (ИК-ДГ). Его преимуществом является использование для получения дыма предварительно увлажняемого топлива – древесных опилок и энергии инфракрасного излучения. Это создает условия генерирования дыма при температурах в диапазоне от 350 до 400 °С, что существенно снижает риск образования канцерогенных соединений (Шокина и др., 2009).

Федеральный закон РФ № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности" определяет основные требования к энергетической эффективности предприятий и организаций, в частности он предусматривает введение нормативов энергоэффективности для устройств мощностью свыше 3 кВт.

При дымогенерации с ИК-энергоподводом тепла излучения, которая расходуется как на нагрев топлива (в начальный период), так и пиролиз топлива, идет на нагрев дымовоздушной смеси (ДВС) и корпуса дымогенератора. Экспериментально установлено, что конструкция ИК-ДГ 2у обеспечивает подвод не более 42 % мощности генераторов ИК-излучения к топливу, что делает задачу оптимизации тепловых потоков в ИК-ДГ 2у с целью повышения его энергоэффективности весьма актуальной.

Современные средства тепловизионной диагностики предоставляют широкие возможности для исследования ИК-излучения, исходящего от промышленного оборудования, электротехнических аппаратов, технических устройств и т.д. Широкое распространение методов тепловизионной диагностики сдерживается относительной сложностью и высокой стоимостью оборудования, несовершенством существующих методов, в частности отсутствием количественной оценки

технического состояния исследуемых объектов. Создание новых методик тепловизионной диагностики для технического энергоаудита является важной задачей.

2. Диагностика тепловых потоков при помощи методики количественной термографии

На кафедрах технологий пищевых производств и электрооборудования судов была предложена, научно обоснована и апробирована методика дистанционной оценки величины плотности теплового потока технологического оборудования на основе методов количественной термографии. Предлагаемая методика количественной термографии позволяет получать оперативную достоверную информацию о техническом состоянии исследуемого оборудования, необходимую для энергосбережения, повышения тепло- и электробезопасности. Разработанная методика позволяет дистанционно оценить величины тепловых потоков, разработать меры для снижения непроизводительных тепловых потерь, выработать рекомендации по оптимизации процесса.

С целью снижения теплопотерь в окружающую среду, повышения энергоэффективности ИК-ДГ 2у на основе анализа температурного поля исследовано распределение температуры на поверхности дымогенератора с использованием разработанной методики. На рис. 1 представлены результаты экспериментов, полученных с помощью тепловизионных средств диагностики. Термограммы наложены на трехмерное изображение поверхности ИК-ДГ 2у для лучшей визуализации (Алляров и др., 2011а).

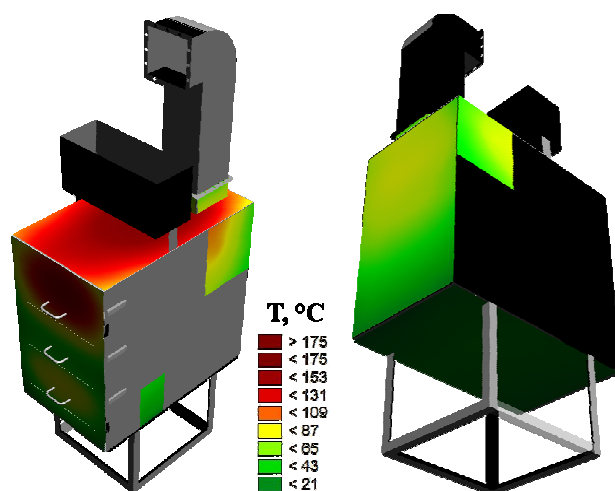


Рис. 1. Изображение ИК-ДГ 2у с наложением термограмм (пирометры)

При анализе термограмм выявлены типичные для теплового технологического оборудования пищевых производств недостатки:

- все внешние поверхности ИК-ДГ 2у характеризуются неравномерным тепловым полем;
- температура локальных участков корпуса аппарата превышает 150 °С;
- имеются непроизводительные потери теплоты.

По результатам тепловизионной диагностики произведен расчет плотности тепловых потоков и суммарного теплового потока обследованного аппарата (рис. 2).

На основе разработанного метода экспериментально установлен суммарный тепловой поток от ИК-ДГ 2у, который составляет около 52 % количества подводимой энергии (5,5 кВт). Полученные данные подтверждают достоверность разработанного метода и не противоречат ранее полученным результатам (Шокина и др., 2010; Алляров и др., 2011а).

По результатам экспериментов видно, что геометрические особенности конструкции в значительной степени влияют на тепловые потоки, проходящие через различные поверхности. Таким образом, на основе тепловизионной диагностики экспериментально подтверждены данные, полученные ранее.

По результатам проведенных исследований был научно обоснован комплекс технических и технологических мер, направленных на повышение энергоэффективности дымогенератора, оптимизацию эксплуатационных режимов, ключевыми из которых являлись замена источников ИК-излучения и внедрение системы автоматизации для контроля и поддержания заданных режимов дымообразования. После реализации комплекса мер были оценены параметры распределения температурного поля внешней поверхности ИК-ДГ 2у при помощи метода количественной термографии (рис. 3).

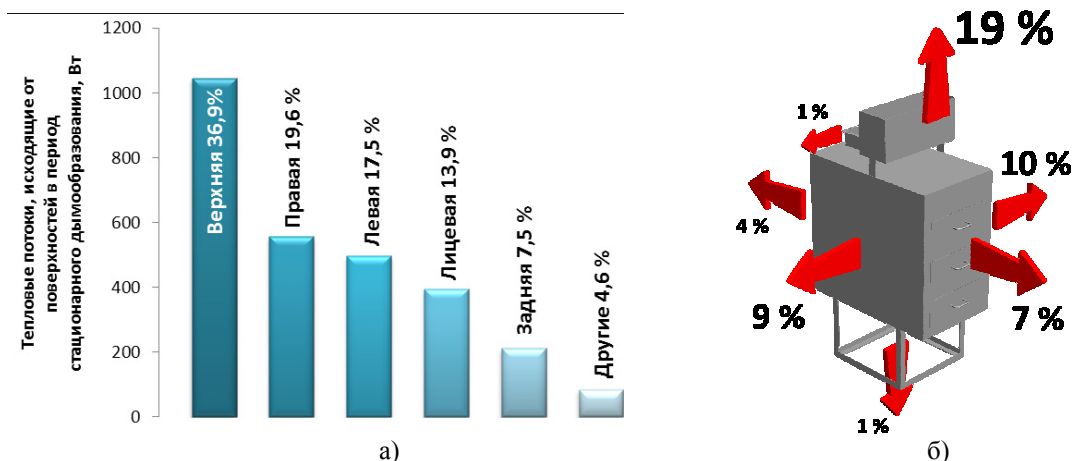


Рис. 2. Тепловые потоки от внешних поверхностей ИК-ДГ 2у: а) проценты указаны относительно суммарного теплового потока; б) проценты указаны относительно подведенной мощности

Показано, что достигнуто значительное снижение температуры поверхности ИК-ДГ 2у, изотропность температурного поля внешнего контура аппарата.

По результатам тепловизионной диагностики был произведен расчет плотности тепловых потоков и суммарного теплового потока для каждой изученной поверхности после модернизации (рис. 4).

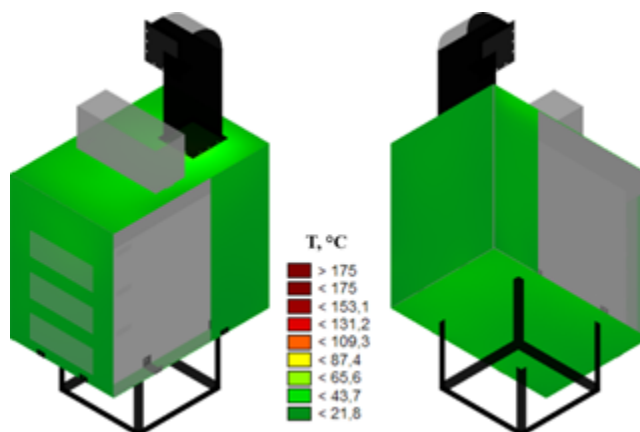


Рис. 3. Изображение ИК-ДГ 2у после модернизации с наложением термограмм

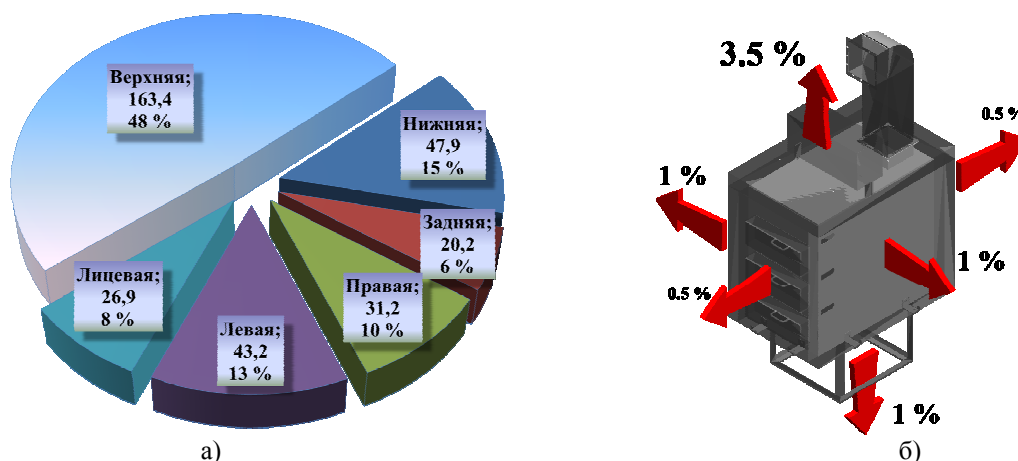


Рис. 4. Тепловые потоки от внешних поверхностей ИК-ДГ 2у после модернизации: а) проценты указаны относительно суммарного теплового потока (0,33 кВт); б) проценты указаны относительно подведенной мощности

Суммарный тепловой поток от ИК-ДГ 2у составлял 52 % количества подводимой энергии (5 кВт), после модернизации – около 7 %. Предложенные меры по модернизации ИК-ДГ 2у уменьшили непроизводительные тепловые потери более чем в 7 раз. Максимальное значение температуры на доступных при эксплуатации поверхностях не превышает 45 °С, что соответствует требованиям нормативной документации (Аллойров и др., 2011б).

3. Заключение

Предлагаемый метод количественной термографии технологического оборудования пищевых производств позволяет получить оперативную достоверную информацию о техническом состоянии аппарата, необходимую для энергосбережения, тепло- и электробезопасности. Проведенные исследования подтверждают применимость разработанной методики оценки тепловых потоков для энергоаудита дымогенераторного оборудования мясной и рыбной промышленности и позволяют разработать комплекс мер с целью энергосбережения и повышения энергоэффективности аппарата.

Разработан алгоритм повышения энергоэффективности эксплуатационных режимов дымогенерации устройств с ИК-энергоподводом на основе данных, полученных при помощи метода количественной термографии. Разработан и реализован научно обоснованный комплекс мер, направленных на повышение энергоэффективности ИК-дымогенератора, позволивший в 7 раз снизить непроизводительные тепловые потоки и на 43 % уменьшить энергозатраты.

Литература

- Аллойров К.Б., Власов А.Б., Шокина Ю.В. Повышение энергоэффективности ИК-дымогенератора на основе оценки тепловых потоков методом количественной термографии. *Вестник МГТУ*, т.14, № 3, с.515-519, 2011а.
- Аллойров К.Б., Власов А.Б., Шокина Ю.В. Повышение эффективности работы инфракрасного дымогенератора. *Техника в сельском хозяйстве*, № 4, с.32, 2011б.
- Шокина Ю.В., Коробицин А.А., Обухов А.Ю. Разработка и совершенствование способов получения безопасных копильных сред. *Рыбное хозяйство*, № 5, с.80-83, 2009.
- Шокина Ю.В., Обухов А.Ю., Коробицин А.А. Получение дымовой копильной среды с использованием энергии инфракрасного излучения. *Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов*, № 3, с.92-97, 2010.