

Литература

1. Бренч, А.А. Энергосберегающие машины для измельчения мясного сырья: монография/ А.А. Бренч. – Минск: БГАТУ, 2009. – 220 с.
2. Антипов, С.Т. Машины и аппараты пищевых производств / С.Т. Антипов, В.Я. Груданов, И.Т. Кретов, В.А. Панфилов, А.Н. Остриков, В.А. Шаршунов. – книга 1,2, 3 – Мн.: БГАТУ, 2008. – 2780 с.
3. Груданов, В. Я. Золотая пропорция в инженерных задачах: монография/ В.Я. Груданов. Могилев, 2006. –206 с.
4. Пелеев, А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности / А.И. Пелеев. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 519 с.

УДК 663.993.42

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ОБЖАРОЧНОМ АППАРАТЕ С БАРАБАННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ И ИНТЕНСИВНЫМ ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Груданов В.Я. д.т.н., профессор, **Э.И. Пол Дивейни**, аспирант
Белорусский государственный аграрный технический университет

В настоящее время для пивоваренной промышленности Республики Беларусь достаточно остро стоит проблема перехода на использование сырья местного производства, при этом существующее технологическое оборудование не позволяет получить высококачественный карамельный солод для производства тёмных сортов пива. При производстве карамельного солода одним из определяющих параметров является процесс обжаривания [1].

Схема теплообмена в обжарочном барабане, разработанного нами обжарочного аппарата [2], представлена на рисунке 1.

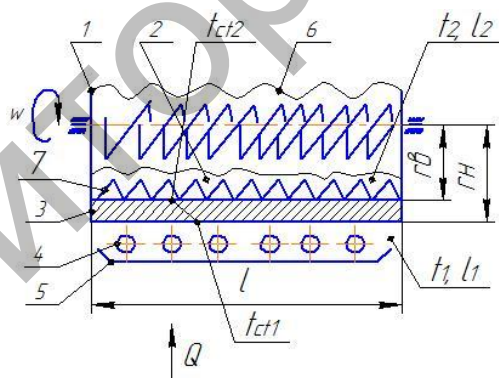


Рисунок 1 – Схема теплообмена в обжарочном барабане

L – обжарочный барабан; 2 – обрабатываемый продукт (солод – нагреваемая среда); 3 – стенка обжарочного барабана; 4 – ТЭНы воздушные (греющая среда); 5 – отражающий экран; 6 – шнек рабочий; 7 – шнек вспомогательный; L – длина барабана, м; $r_{в}$ – внешний радиус барабана, м; $r_{н}$ – внутренний радиус барабана, м; t_1 – температура греющей среды, °С; t_2 – температура нагреваемой среды, °С; t_{ct1} – температура стенки барабана со стороны греющей среды, °С; t_{ct2} – температура стенки барабана со стороны нагреваемой среды, °С; α_1 – общий коэффициент теплоотдачи от ТЭНов к стенке барабана, Вт/м² град; α_2 – коэффициент теплопередачи от стенки барабана к нагреваемой среде, Вт/м² град; ω – направление вращения барабана, м⁻¹.

Общий процесс теплообмена от греющей среды к нагреваемой в обжарочном барабане складывается из следующих частных случаев [3].

1. Передача теплоты от греющей среды к цилиндрической стенке барабана определяется по уравнению

$$Q = \alpha_1 F \tau (t_1 - t_{ct1}) = \alpha_1 2\pi r_n L (t_1 - t_{ct1}); \quad (1)$$

где α_1 – общий коэффициент теплоотдачи, учитывающий лучистую и конвективную составляющие теплообмена, Вт/м² град;

r_H – внешний радиус барабана, м;

L – длина барабана, м;

t_1 – температура греющей среды, °С;

t_{CT_1} – температура стенки цилиндра со стороны греющей среды, °С.

2. Количество теплоты, проходящей сквозь цилиндрическую стенку барабана путем теплопроводности, определяется по уравнению

$$Q = \frac{\lambda 2\pi L \tau}{2,31g \frac{r_B}{r_H}} (t_{CT_1} - t_{CT_2}); \quad (2)$$

где r – внутренний радиус барабана, м;

λ – коэффициент теплопроводности стенки барабана, Вт/м град.

3. Количество теплоты, нагреваемое от стенки барабана обрабатываемому продукту определяется по уравнению

$$Q = \alpha_2 F_H (t_{CT_2} - t_2) = \alpha_2 2\pi r_B L (t_{CT_2} - t_2); \quad (3)$$

По закону Фурье количество теплоты, проходящее в пограничном слое толщиной δ через площадь сечения барабана dF за время $d\tau$, составляет

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial \delta} dF d\tau \quad (4)$$

С другой стороны, количество теплоты, проходящее от стенки барабана в ядро продукта определяется по уравнению теплоотдачи

$$dQ = \alpha_2 (t_{CT_2} - t_2) dF d\tau \quad (5)$$

Тогда для рассматриваемого вида теплообмена уравнение при движении продукта в барабане может быть представлено в виде

$$Nu = \frac{\alpha_2 D}{\lambda} = C Re^m Pr^n \left(\frac{L}{D}\right)^p; \quad (6)$$

где D – диаметр обжарочного барабана, м;

L – длина обжарочного барабана, м;

C, m, n, p – величины, определяемые из опыта.

$Re = \frac{wL}{\nu}$ – число Рейнольдга, отражающее режим движения продукта;

$Pr = \frac{v}{a}$ – число Прандтля, отражающее способность нагреваемой среды (продукта)

передавать движение трением и передавать теплоту (тепловой критерий физических свойств продукта).

Количество теплоты Q , переданной в единицу времени от стенки барабана (греющая среда) к твердым частицам продукта можно определить по уравнению теплоотдачи

$$Q = \alpha_2 F_{ТВ.ч.} \Delta t; \quad (7)$$

где $F_{ТВ.ч.}$ – поверхность теплообмена, принимаемая в данном случае равной поверхности твердых частиц в слое;

Δt – разность температур стенки барабана и твердых частиц в слое;

α_2 – коэффициенты теплоотдачи от стенки барабана к нагреваемым частицам.

Значение α_2 определяется на основе экспериментальных данных, для чего разработан изготовлен и смонтирован на базе специальный лабораторный стенд.

Если $\alpha_2 = \lambda \frac{Nu}{D}$, то тогда

$$Q = \lambda \frac{Nu}{D} F_{\text{ТВ.ч.}} \Delta t. \quad (8)$$

Таким образом, зная значения C, m, n, p , мы получаем новое обобщённое критериальное уравнение (6), из которого определяется значение α_2 и, как следствие, величина Q из уравнения (7).

Литература

1. Кунце, В., Технология солода и пива: пер.с нем. / В. Кунце, Г. Мит. – СПб., Изд-во «Профессия», 2001. – 912 с., ил.
2. Обжарочный аппарат, патент на изобретение РБ №17670, Груданов В.Я., Поздняков В.М., Э. И. Пол Дивейн, – 2013 г.
3. Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д. Процессы и аппараты пищевых производств. -М.: Агропромиздат, 1985. - 503 с.

УДК 65.018

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гуць В.С., д.т.н, профессор, Губеня А.А., к.т.н., доцент,

Коваль О.А., к.т.н., доцент, Сергейчук Р. В.

Национальный университет пищевых технологий

При оптимизации технологических процессов, определении эффективности работы технологического оборудования, сроков проведения ремонтов часто не учитываются качественные параметры процессов и готовой продукции.

Предлагается оценивать эффективность работы оборудования и качество процессов на основании сравнения показателей качества конечного продукта.

Порядок оценки: определение показателей качества продукции или процесса, оценка их изменения в зависимости от параметра оптимизации (времени, скорости, температуры и др.), построение лепестковых диаграмм качественных показателей, вычисление площадей отдельных диаграмм.

Качество процесса (технический уровень оборудования) определяет площадь, ограниченная лепестковой диаграммой, или, как относительная величина - отношение к максимально возможной площади.

Эксперты оценивают показатели качества. Они могут измеряться в реальных единицах (мм, Н, м² и др.), в баллах или долях единицы. Каждая оценка переводится в безразмерное значение. При достижении минимально допустимого показателя качества оборудования необходимо проводить его средний ремонт. Показатель качества готовой продукции при этом повышается, но остается ниже исходного уровня. При достижении минимального (критического) межремонтного цикла необходимо проводить капитальный ремонт оборудования.

Методику рекомендуем применять и для выбора рациональных условий и режимов проведения технологических процессов.

Например, для определения оптимальной скорости ножа при резании пищевой продукции целесообразно установить параметры качества среза (форма среза, наличие пластических деформации, количество отходов, разрывы между слоями продукта). Изменяя скорость ножа и подачи продукта, определяем комплексный показатель качества процесса резания.

Это позволяет учесть не только энергоэффективность процесса, но и качественные показатели.

Для комплексного анализа и сравнения работы оборудования целесообразно учесть изменение во времени комплексного показателя, который учитывает такие отдельные показатели: функциональная точность, экономичность в эксплуатации, уровень безопасности, автоматизация, патентно-правовая защита, расходы по эксплуатации.