

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Повышение конкурентоспособности продукции возможно на основе улучшения качества и снижения затрат на ее производство. Иными словами, необходимо, не ухудшая качества выпускаемой продукции, достигнуть максимальной производительности оборудования при минимальных затратах энергии.

В полном объеме задачу энергоснабжения можно решить на стадиях жизненного цикла технологического оборудования, который состоит из трех этапов: принятие проектных решений; изготовление; функционирование на производстве. На первых двух этапах в соответствии с заданной функцией цели и выбранными критериями выполняют максимизацию (минимизацию) требуемых технико-экономических характеристик и определяют пути минимизации затрат на изготовление установки, на третьем — оценивают затраты, связанные с ее работой. Рассмотрим третий этап энергосбережения.

Для оценки энергосберегающих свойств оборудования было исследовано влияние его единичной производительности на технико-экономические характеристики. Результаты показали, что при увеличении производительности снижаются удельные капитальные затраты на создание и изготовление оборудования, а также и эксплуатационные затраты. Капитальные затраты уменьшаются за счет снижения металло-, энерго- и трудоемкости изготовления оборудования, что в конечном счете проявляется в уменьшении стоимости единичной производительности. При эксплуатации машин и аппаратов большей производительности снижаются энергетические затраты и трудоемкость обслуживания позволяет заменить две и большее количество единиц меньшей производительности. Однако улучшение технико-экономических характеристик при экстенсивном пути развития возможно лишь до некоторого уровня, после чего происходит их ухудшение. В реальных условиях производства молочных продуктов (сезонность поступления, ограничения на

энергоресурсы, дефицит сырья и др.) преимущества оборудования большей производительности, для функционирования которого необходимы и большие затраты, как материальные, так и энергетические, не всегда удается использовать.

При наличии ограничений на потребляемую электрическую мощность, задаваемую в виде директивного графика, оценивать приоритет использования оборудования можно следующим образом. Считаем, что из группы конкурирующих установок лучшей является та, при использовании которой для заданных объемов продукции G и энергоресурсов W обеспечивается максимальная прибыль Π (1) или минимальные затраты $З$ (2).

$$F(x) = \sum_i^n \Pi_i x_i \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\sum_i^n t_i x_i = G;$$

$$\sum_i^n p_i x_i = W, \quad x_i \geq 0.$$

$$F(x) = \sum_i^n З_i x_i \rightarrow \min; \quad (2)$$

$$\sum_i^n t_i x_i = G;$$

$$\sum_i^n p_i x_i = W, \quad x_i \geq 0.$$

При наличии специфических требований на соблюдение технологических циклов при функционировании оборудования один из путей решения задачи энергосбережения заключается в том, чтобы рассчитать оперативный план его загрузки сырьем и часовые циклы технологических процессов при условии, что фактический график потребления энергоресурсов P_ϕ должен соответствовать заданному P_3 , поскольку при $P_\phi > P_3$ предприятие подвергается штрафным санкциям, а при $P_3 > P_\phi$ несет убытки в связи с переплатой за заявленную мощность, а также с недогрузкой оборудования. Известные способы стабилизации $P_\phi(t) = P_3(t)$ используют автоматизированные системы

Чл.-корр. УААН
С.С.ГУЛЯЕВ-ЗАЙЦЕВ
Технологический институт
молока и мяса
Д-р техн. наук
А.Г.МАЗУРЕНКО,
канд. техн. наук **В.С.СМИРНОВ**
Украинский государственный
университет пищевых
технологий

The article shows the ways of the energy consumption optimization for dairy production involving no additional capital investments

управления потреблением электроэнергии, которые для перерабатывающих предприятий не всегда приемлемы в связи с дополнительными материальными затратами и высоким сроком окупаемости (до 5 лет). Поэтому предлагается новый подход к решению задачи оптимизации затрат энергии, не требующий дополнительных капитальных вложений.

Допустим, надо рассчитать режимы функционирования оборудования τ , которые для заданных энергоресурсов W_3 обеспечивают максимум производительности (3), а для заданной производительности G_3 – минимум затрат энергии (4).

$$F(\tau) = \sum_i^n G_i \tau_i \rightarrow \max; \quad (3)$$

$$\sum_i^n P_i \tau_i = W_3, \quad \tau_i = \tau_{0i}.$$

$$F(\tau) = \sum_i^m P_i \tau_i \rightarrow \min; \quad (4)$$

$$\sum_i^m G_i \tau_i = G_3, \quad \tau_i = \tau_{0i}.$$

Для заданных часовых циклов t_i , удельных затрат p и электрической энергии W распределяем сырье g между технологическими процессами:

$$F(g) = \sum_i^n t_i g_i \rightarrow \max; \quad (3a)$$

$$\sum_i^n p_i g_i = W, \quad g_i = g_{0i}.$$

$$F(g) = \sum_i^m p_i g_i \rightarrow \min; \quad (4a)$$

$$\sum_i^m g_i = G_3, \quad g_i = g_{0i}.$$

Для заданных электрических мощностей P оборудования процессов и аппаратов и времени T (по директивному графику потребления энергоресурсов) определяем рациональные часовые циклы его загрузки:

$$F(t) = \sum_i^n P_i t_i \rightarrow \min; \quad (36)$$

$$\sum_i^n t_i = T, \quad t_i = t_{0i}.$$

$$F(t) = \sum_i^m g_i t \rightarrow \max; \quad (46)$$

$$\sum_i^m t_i = T, \quad t_i = t_{0i}.$$

Приведенные модели дают возможность службам технолога и экономиста рассчитывать в зависимости от конкретных условий производства режимы работы оборудования, которые обеспечивают максимум производительности при минимально возможных затратах энергии, а также снизить плату за потребляемую электроэнергию за счет стабилизации $P_{\phi}(t) = P_3(t)$. Накопление специализированных задач и их решение с помощью стандартных программ позволяет совершенствовать и развивать систему энергосбережения.

Для иллюстрации использования моделей рас-

смотрим возможные расчеты режимов функционирования оборудования для завода по переработке 50 т молока в сутки, например линий по производству масла, казеина и мороженого соответственно с потребляемой электрической мощностью 41,8, 8,47, 20 кВт и производительностью 0,7, 0,32, 0,25 т/ч.

Для заданного общего объема готовой продукции (например, 6 т) определить режим работы каждой линии, обеспечивающий минимальные удельные затраты энергии, можно следующим образом. В соответствии с (4a):

$$59,7x_1 + 26,5x_2 + 80x_3 \rightarrow \min;$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 6, \quad x_i = x_{3i}, \quad i = 1, 2, 3.$$

В результате с помощью стандартной программы (Симплекс методом) получено решение уравнений $x(3) = 1,5; 3; 1,5$. Минимально возможные затраты энергии первой и третьей установками составляют 289 кВт·ч, на которых производится по 1,5 т, а на второй – 3 т продукции.

Для заданного объема готовой продукции, например 4 т, продолжительность работы каждой линии, обеспечивающая минимальные затраты энергии, определяется по (4):

$$41,8x_1 + 8,47x_2 + 20x_3 \rightarrow \min;$$

$$0,7x_1 + 0,32x_2 + 0,25x_3 = 4, \quad x_i = x_{3i}, \quad i = 1, 2, 3.$$

Продолжительность работы линий $x(3) = 1; 9,5; 1$ ч, что дает возможность получить минимальные затраты энергии 142,5 кВт·ч.

Для данных затрат энергии 100 кВт·ч время работы линий максимальной производительности определяется по (3):

$$0,7x_1 + 0,32x_2 + 0,25x_3 \rightarrow \max;$$

$$41,8x_1 + 8,47x_2 + 20x_3 = 100, \quad x_i = x_{3i}, \quad i = 1, 2, 3.$$

Максимальный объем готовой продукции 2,4 т получают при $x(3) = 1; 4,5; 1$. Для заданного (по директивному графику) баланса времени 8 ч следует определить режим работы линий, который обеспечивает минимальные затраты энергии.

В соответствии с (36) имеем

$$41,8x_1 + 8,47x_2 + 20x_3 \rightarrow \min;$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 8, \quad x_i = x_{3i}, \quad i = 1, 2, 3.$$

Оптимальные затраты энергии – 112,6 кВт·ч; $x(3) = 1, 6, 1$.

В работе приведены основные типы моделей. На их основе можно получить различные варианты моделей расчета энергосберегающих режимов оборудования. Следует отметить, что решение подобных задач является «игрой с прибылью (затратами)» и составление систем уравнений требует определенных навыков, понимания ситуации как с материальными и энергетическими ресурсами предприятия, так и со спросом и ценами на готовую продукцию.