

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ЗАВАРНЫХ СОРТОВ ХЛЕБА

К.Э. Гаркуша, В.А. Коротинский, канд. техн. наук, доценты (БГАТУ)

### Аннотация

*Авторы публикации предлагают при производстве заварных хлебобулочных изделий для охлаждения заварочных емкостей использовать тепловой насос, что позволяет экономить охлаждающую воду, снизить расход теплоты на изготовление заварки и повысить качество выпускаемой продукции*

*The authors suggest during the production of bakery custard for cooling the brewing tanks to use a heat pump, which allows you to save cool water, reduce the consumption of heat for cooking, and improve the quality of the products.*

### Введение

На хлебозаводах страны при производстве заварных хлебов одной из проблем, влияющих на соблюдение качества хлебобулочных изделий, является обеспечение требуемого уровня охлаждения тестовых заготовок после введения заварки в тесто. Для быстрого отвода теплоты от рубашек заварочных емкостей необходимо использовать значительное количество воды, которую, в свою очередь, также нужно охлаждать. В системе оборотного водоснабжения предусмотрено наличие брызгательного бассейна, который в теплый период года не справляется со своей задачей. Кроме того, изменение температуры воды в системе вызывает необходимость постоянного регулирования ее расхода через емкости. Поэтому в настоящее время на хлебозаводах оборотная вода практически не применяется, а применяется водопроводная вода, которая после использования сливается в канализацию.

### Основная часть

Существует несколько подходов для решения проблемы оборотного водоснабжения на хлебозаводах. Для этих целей, например, предлагается модернизировать систему охлаждения и установить сухую градирню. Холодопроизводительность такой градирни при правильном подборе оборудования позволит обеспечить работоспособность системы для любых условий окружающей среды. При этом потребуются установка двух поршневых компрессоров, оснащенных картерным подогревателем масла, конденсатора воздушного охлаждения с осевыми вентиляторами, жидкостного ресивера, кожухотрубного испарителя, системы трубопроводов и др. С энергетической точки зрения, такое решение приведет к экономии воды, но существенно увеличит норму расхода электрической энергии на единицу выпускаемой продукции. При

этом затраты теплоты на замес теста и выпечку заварных изделий останутся неизменными.

Рассмотрим технологический процесс производства заварных хлебов более подробно. В зависимости от сорта выпекаемого изделия осуществляется определенный замес теста. Для заварных изделий отдельно готовится заварка, для чего используется пар и горячая вода. Холодная водопроводная вода подогревается паром в емкостях со змеевиками или барботерами от 10 до 70-75° С. В хлебном цехе производится догрев воды до 90- 95° С, после чего она подается в заварочные емкости.

Заварка проходит процессы осахаривания, заквашивания и сбраживания. Затем тесто поступает в расстойные камеры, где оно поднимается. По технологическим требованиям заварочный полуфабрикат необходимо охладить до температуры 35-32° С.

Возникают две взаимосвязанные в одном технологическом процессе задачи: нагрев воды при приготовлении заварки – охлаждение оборотной воды при охлаждении заварочных полуфабрикатов.

Совместить циклы охлаждения – нагрева можно применением теплового насоса (ТН), что позволит, во-первых, сэкономить пар и использовать теплоту технологических аппаратов для нагрева воды, во-вторых, снизить энергозатраты на охлаждение заквашенного оборудования [1].

Рассмотрим эффективность применения ТН на примере Лидского хлебозавода, где ТН был внедрен в производство в апреле 2010 года. При этом подбор оборудования и все необходимые расчеты выполнялись при проведении энергоаудита на предприятии в 2008 году, поэтому тарифы на энергоносители и курс евро относятся к 2008 году.

Расход технологической воды составляет 1,2 м<sup>3</sup>/ч. В воду добавляется 500-600 кг муки, что соответствует 1800 кг заварки с температурой 75-80 °С. Таким

образом, тепловая нагрузка парового котла для производства заварного хлеба при удельной теплоемкости воды  $4,19 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$  составляет:  $1200 \cdot (95 - 10) \cdot 4,19 / 3600 = 118,7 \text{ кВт}$ .

При удельной теплоемкости заварочного теста  $3,48 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$  требуемая холодильная мощность составляет  $1800 \cdot (75 - 32) \cdot 3,48 / 3600 = 75 \text{ кВт}$ .

При выборе теплового насоса основополагающим фактором является обеспечение требуемой холодильной мощности в размере  $75 \text{ кВт}$ .

В результате подбора теплового насоса специалистами компании ЗАО «Энергопро» было предложено оборудование немецкого концерна GEA типа GLWH0302BD2. Технические характеристики ТН следующие:

- тепловая мощность –  $102,5 \text{ кВт}$ ;
- потребляемая электрическая мощность –  $29 \text{ кВт}$ ;
- коэффициент эффективности –  $3,53$ ;
- охладительная мощность –  $75,3 \text{ кВт}$ ;
- стоимость с НДС –  $61310000 \text{ руб.}$  ( $15074 \text{ евро}$ ).

Как видно из характеристик ТН, тепловой мощности не достаточно для полного обеспечения технологических нужд хлебного цеха. В ТН производится подогрев воды до температуры  $50\text{--}52\text{°C}$ , а догрев до нужной температуры осуществляется традиционным способом – паром от котла, нагрузка на который существенно снижается. Существующая схема нагрева и охлаждения сохраняется как резервный источник теплоты и холода.

Технико-экономическое обоснование [2] предложенного оборудования выполнено исходя из следующих исходных данных:

1. Вид тепловой и холодильной нагрузки: технологическая, постоянная.
2. Существующая система нагрева: газовый паровой котел – технологический пар.
3. Существующая система охлаждения: холодная водопроводная вода.
4. Заявленная необходимая холодопроизводительность:  $75 \text{ кВт}$ .
5. Потребляемая мощность:  $29 \text{ кВт}$ .
6. Стоимость  $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  электроэнергии –  $301,1 \text{ руб.}$
7. Фактическая себестоимость производимой на предприятии  $1 \text{ Гкал}$  теплоты –  $87000 \text{ руб.}$
8. Фактические суточные затраты предприятия на воду для нужд охлаждения –  $100\,000 \text{ руб/сут.}$

Время работы теплового насоса принимается –  $8760 \text{ часов}$  с коэффициентом использования мощности  $0,7$ .

Годовой расход электроэнергии составляет:

$$Э_n = 29 \cdot 8760 \cdot 0,7 = 177830 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

При существующем варианте нагрева горячей воды паром годовой расход теплоты в хлебном цехе составляет  $542 \text{ Гкал}$ .

При существующем варианте охлаждения технологического оборудования заквасочного отделения годовой расход электрической энергии составляет

$15466 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ . Дополнительно расходуется водопроводная вода, существующие расходы которой по данным хлебозавода составляют  $100000 \text{ руб./сут.}$

В денежном выражении (при тарифе на электрическую энергию  $301,1 \text{ руб.}$  за  $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ ) затраты на работу теплового насоса составляют:

$$C_n = 177830 \cdot 301,1 = 53544000 \text{ руб.}$$

Затраты на нагрев горячей воды паром котельной составляют:

$$C_k = 542 \cdot 87000 = 47154000 \text{ руб.}$$

Затраты на охлаждение оборудования заквасочного отделения с помощью водопроводной воды составляют:

$$C_{cp} = 15466 \cdot 301,1 + 100000 \cdot 365 = 41156812 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на нагрев горячей воды хлебного цеха паром и охлаждение оборудования заквасочного отделения существующим способом в денежном выражении составляют:

$$C_{сум} = 47154000 + 41156812 = 88310812 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в оборудование с учетом дополнительных затрат на материалы, строительно-монтажные и пуско-наладочные работы, принимаемые поставщиками тепловых насосов в размере  $55\%$  к стоимости теплового насоса, составляют  $61310000 \cdot 1,55 = 95030500 \text{ руб.}$

Эксплуатационные затраты ТН на нагрев и охлаждение за первый год эксплуатации составляют:

$$K_{тнэ} = 29 \cdot 8760 \cdot 0,7 \cdot 301,1 = 53543830 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в тепловой насос с учетом эксплуатационных затрат составляют:

$$K_{тнобиц} = 95030000 + 53544000 = 148574000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости составляет:

$$T = \frac{K_{тнобиц}}{C_{сум}} = \frac{148574000}{88310812} = 1,7 \text{ года.}$$

После внедрения ТН на Лидском хлебозаводе прошел срок, соответствующий расчетному сроку окупаемости. Реальные показатели энергопотребления и экономии топливно-энергетических ресурсов за период с апреля 2010 г. по апрель 2011 г., представленные энергослужбой хлебозавода, следующие:

- годовой расход электрической энергии на работу теплового насоса составляет  $84 \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч}$ ;
- экономия теплоты котельной за счет сокращения расхода пара на нагрев заварки составляет  $216 \text{ Гкал}$ ;
- экономия воды –  $36 \text{ тыс. м}^3 \text{ в год}$ .

Тепловой насос был приобретен предприятием за  $61310000 \text{ руб.}$ , стоимость дополнительного оборудования и трубопроводов составила  $28000000 \text{ руб.}$

В сопоставимых условиях 2008 года с учетом эксплуатационных расходов в размере  $84000 \cdot 301,1 = 25292400 \text{ руб.}$  общие затраты в первый год эксплуатации составили  $114602400 \text{ руб.}$

Годовой экономический эффект от снижения затрат на выработку теплоты составляет  $216 \cdot 87000 = 18792000$  руб.; от экономии воды – 50400000 руб.; общий – 69192000 руб. Срок окупаемости в сопоставимых условиях – 1,66 года.

Экономия финансовых средств от сокращения расхода водопроводной воды практически в 2 раза превысила плату за электроэнергию на привод ТН, а экономия от сокращения продолжительности работы котельной составила 74% платы за электроэнергию.

Дополнительный эффект получен и за счет повышения качества заварных хлебобулочных изделий.

#### Заключение

Предлагаемая схема оборотного водоснабжения с использованием теплового насоса экологически

безопасна. Технология на базе ТН с утилизацией низкотенциальной теплоты заварочных полуфабрикатов при их охлаждении и нагреве холодной водопроводной воды для технологических целей позволяет решить вопросы тепло- и холодоснабжения рассматриваемого объекта с максимальной эффективностью, экономичностью и надежностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Янговский, Е.И. Промышленные тепловые насосы / Е.И. Янговский, Л.А. Левин – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.

2. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Минск, 2003.

### Радиоволновой влагомер зерна

*Предназначен* для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.



#### Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна	от 9 до 25%
Основная абсолютная погрешность	не более 0,5%
Температура контролируемого материала	от +5 до +65°C
Цена деления младшего разряда блока индикации	0,1%
Напряжение питания	220 В 50Гц,
Потребляемая мощность	30ВА

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход 4-20 мА, а также интерфейс RS-485.