

Решение задач холодоснабжения пивоваренного производства с помощью программы CoolBeer v2.0

Е.С. Левин, Е.А. Ротгольц, А.С. Шепель
ЗАО «ОК» (Санкт-Петербург)

В производстве пива большое место занимают процессы теплообмена между рабочими средами. От стабильности температурного режима во многом зависит качество конечного продукта. Обеспечить постоянство температуры сусла при многодневном цикле брожения и множестве подключенных к холодильному оборудованию цилиндрических танков брожения (ЦКТ) и разнообразных температурных графиках брожения разных сортов пива — сложная задача для холодильно-компрессорного цеха (ХКЦ), особенно при больших объемах производства пива и ограниченных мощностях ХКЦ. Задача выбора оптимальной холодильной мощности для заданного объема варки пива одной марки лежит в основе проектирования ХКЦ.

Другая очень важная производственная задача, решаемая ежедневно, — оптимизация загрузки существующих мощностей варочного отделения, охладителей сула, количества ЦКТ и степени их заполнения, марок производимого пива в зависимости от холодильной мощности ХКЦ.

При нерациональном построении всей системы оборудования производства пива возрастают тепловые нагрузки на систему охлаждения, что приводит не только к увеличению энергопотребления, но и к нарушению технологических регламентов и увеличению капитальных затрат на холодильное оборудование.

Для расчета параметров системы охлаждения с целью обеспечения заданных технологических режимов производства пива сотрудники ЗАО «ОК» создали программу **CoolBeer v2.0**, позволяющую произвести расчет системы холодоснабжения, определить необходимую и достаточную мощность холодильного оборудования, оценить возможности реализации технологического процесса в соответствии с технологическим регламентом, а также оптимизировать энергозатраты.

Кроме того, программа **CoolBeer v2.0** используется для проектирования систем холодоснабжения, обоснования реконструкции существующих технологических линий и подбора холодильного оборудования.

При производстве пива искусственный холод потребляется в следующих процессах: охлаждение сула после варочного котла перед его заправкой в ЦКТ, ферментация сула в ЦКТ, интенсивное охлаждение сула в ЦКТ, охлаждение пива перед фильтрацией, охлаждение пива в пастеризаторе, охлаждение воды в деаэраторе.

Суло, сваренное в варочном котле, поступает в охладитель 1 (рис. 1), где охлаждается «ледяной водой», полученной в испарителе ХКЦ. Далее суло поступает в ЦКТ, где проходят процессы брожения, ферментации и интенсивного охлаждения. В соответствии с заданной схемой брожения (двух- или однотанковой) после ЦКТ 1 суло поступает

в охладитель 2 и далее в ЦКТ 2 на термостатирование или непосредственно в охладитель 3 для охлаждения перед фильтрацией. Из охладителя пиво поступает в фильтрационную установку, затем смешивается с деаэрированной водой, охлажденной в деаэраторе, и поступает в охлаждающую секцию пастеризатора. На этом процесс охлаждения пива в технологических аппаратах заканчивается.

Основной интерес, с точки зрения определения производительности системы охлаждения, представляет интенсивное охлаждение сула в ЦКТ, так как тепловая нагрузка в данном случае переменна, являясь функцией времени охлаждения. Определение тепловой нагрузки производится путем построения квазистационарной математической модели процесса теплообмена в ЦКТ.

После определения тепловых нагрузок на систему охлаждения каждого из ЦКТ, как функции времени охлаждения, устанавливается суммарная тепловая нагрузка с учетом даты и времени начала технологического процесса обработки сула для каждого танка. В результате будет получена зависимость тепловой нагрузки на ферму ЦКТ от времени технологического процесса. Таким образом, нагрузка на систему охлаждения фермы в каждый момент времени определяется выражением (кВт)

$$Q_{\text{ферм}}(\tau) = \sum_{i=1}^n Q_i(\tau),$$

где $Q_i(\tau)$ — нагрузка на бродильный танк i в момент времени τ ; n — количество танков в ферме.

В программе **CoolBeer v2.0** для ввода информации, характеризующей распределение сула по ферме ЦКТ, используется редактор журнала заполнения танков, представленный на рис. 2.

В журнале заполнения регистрируются дата и время начала технологического процесса обработки сула для каждого ЦКТ фермы, объем заполнения и сорт производимого пива. Журнал позволяет

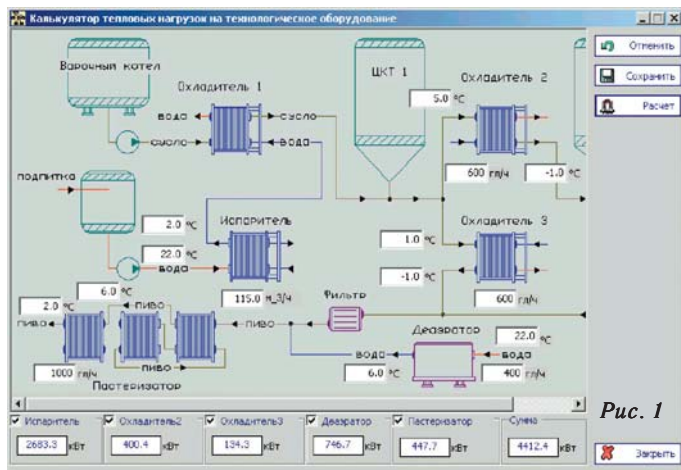


Рис. 1

Дата	Стадия1	Стадия2	Заполнение	Сорт
03.09.2004 12:00	T-U01	T-U01	3200	Сорт1
03.09.2004 14:00	T-U02	T-U02	3200	Сорт2
03.09.2004 16:00	T-U03	T-U04	3200	Сорт3
03.09.2004 18:00	T-U05	T-U06	3200	Сорт4
04.09.2004 12:00	T-U07	T-U07	3200	Сорт1
04.09.2004 14:00	T-U08	T-U08	3200	Сорт2
04.09.2004 16:00	T-U09	T-U10	3200	Сорт3
04.09.2004 18:00	T-U11	T-U12	3200	Сорт4
05.09.2004 12:00	T-U13	T-U13	3200	Сорт1
05.09.2004 14:00	T-U14	T-U14	3200	Сорт2
05.09.2004 16:00	T-U15	T-U16	3200	Сорт3

Рис. 2

учитывать различные комбинации схем брожения, использовать как одно-танковую, так и двух-танковую схему брожения. Результатом расчета тепловых нагрузок на ферму ЦКТ является диаграмма, представленная на рис. 3. На ней отражены максимальные тепловые нагрузки на ферму ЦКТ в течение суток.

Для каждой из расчетных дат можно получить диаграмму максимальных тепловых нагрузок за каждые 30 мин (рис. 4).

Диаграммы, приведенные на рис. 3 и рис. 4, позволяют определить количество теплоты, отводимой от фермы ЦКТ в любой момент времени, что дает возможность анализировать характер изменения тепловых нагрузок.

Наряду с фермой бродных танков в технологическом процессе охлаждения пива участвуют испарители для охлаждения воды, охладители пива, пастеризаторы, а также установки для деаэрации воды. Для расчета потребности в холоде для каждого аппарата требуется задать температуру входа и выхода охлаждаемой среды (пива или воды) и часовую производительность (см. рис. 1).

Результаты расчета тепловых нагрузок на ферму бродных танков и нагрузок на аппараты, входящие в технологическую цепочку, используются при подборе холодильного оборудования. Под-

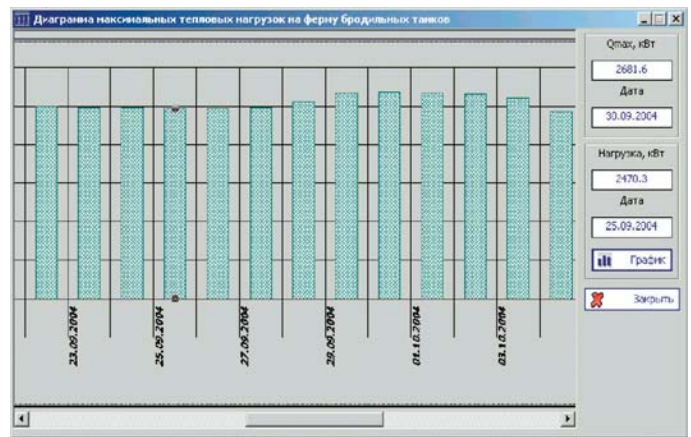


Рис. 3

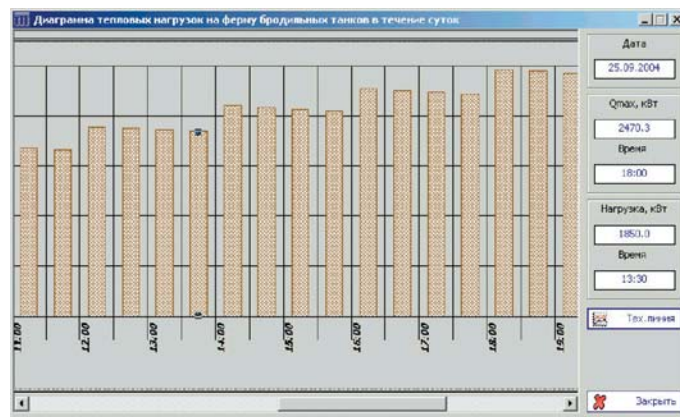


Рис. 4

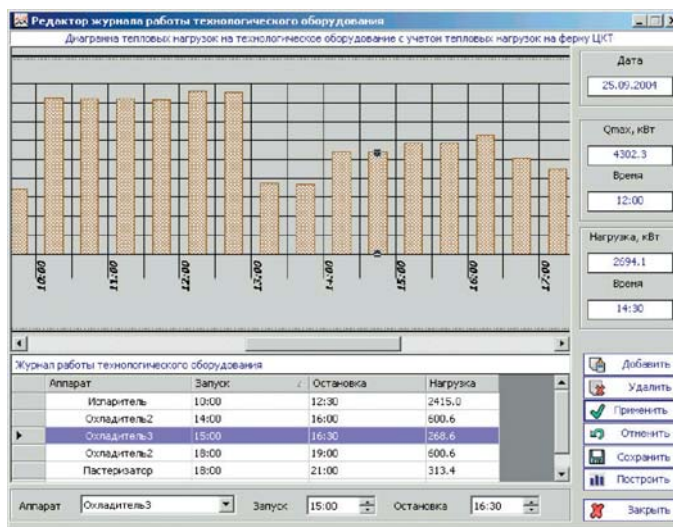


Рис. 5

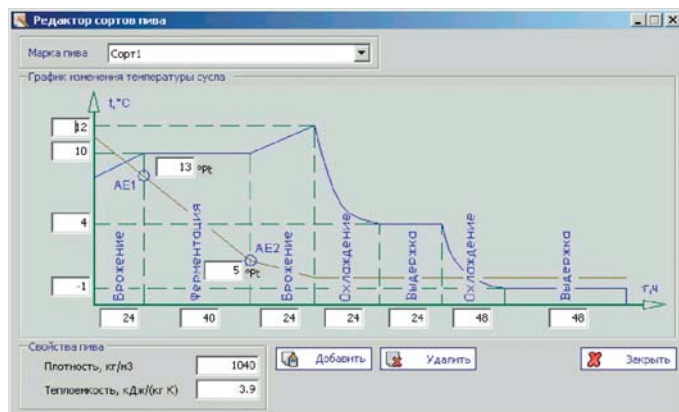


Рис. 6

бор холодильного оборудования производится по максимальной суммарной холодопотребности, определенной для единого наименее благоприятного момента времени.

При выборе производительности аппаратов следует обращать внимание на характер изменения суммарной тепловой нагрузки на ферму ЦКТ.

Программа позволяет подобрать рациональный режим запуска технологического оборудования с целью снижения максимальных пиковых нагрузок на систему холодноснабжения, что позволяет существенно снизить стоимость нового и уменьшить энергозатраты на существующее оборудование.

Диаграмма тепловых нагрузок на ферму бродных танков с учетом тепловых нагрузок на технологическое оборудование отображена в окне «Редактор журнала работы технологического оборудования» (рис. 5).

Для учета свойств сортов пива и параметров технологического регламента используется «Редактор сортов пива», который позволяет редактировать значения температуры в конце периодов интенсивного охлаждения, плотности и теплоемкости, начальной и конечной экстрактивности, а также продолжительность различных стадий термической обработки.

При расчете процессов интенсивного охлаждения пива, происходящих в ЦКТ,

продолжительность охлаждения автоматически изменяется для обеспечения заданной температуры окончания процесса интенсивного охлаждения.

Редактор также позволяет добавлять в базу данных информацию о новых сортах пива и их свойствах.

Редактор, представленный на рис. 7, предназначен для учета конструктивных параметров ЦКТ: объем, площадь охлаждающей рубашки и площадь поверхности ЦКТ.

Редактор ЦКТ позволяет вводить в базу данных характеристики новых ЦКТ и дает возможность моделировать фермы ЦКТ.

Окно «Параметры расчета» (рис. 8) предназначено для редактирования таких параметров, как температура окружающей среды, коэффициент теплоотдачи к воздуху, вид охлаждающей среды, ее температура на входе в охлаждающие рубашки ЦКТ и максимальная разность температур на входе и выходе из охлаждающих рубашек, параметры тепловой изоляции.

Расчеты проводились на основании конкретных исходных данных крупного пивоваренного предприятия.

Анализ результатов, полученных с помощью программы **CoolBeer v2.0**, показал существенное совпадение расчетных данных с истинными значениями параметров режима работы ХКЦ данного предприятия.

Программа **CoolBeer v2.0** предназначена для проектирования систем холо-

доснабжения, обоснования реконструкции существующих технологических линий и подбора холодильного и технологического оборудования, определения необходимой и достаточной мощности холодильного оборудования, оценки возможности реализации технологического процесса в соответствии с технологическим регламентом, оптимизации загрузки существующих мощностей варочного отделения, охладителей сусла, ко-

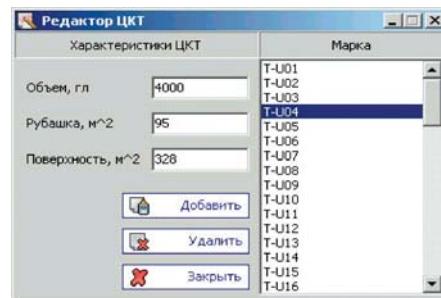


Рис. 7

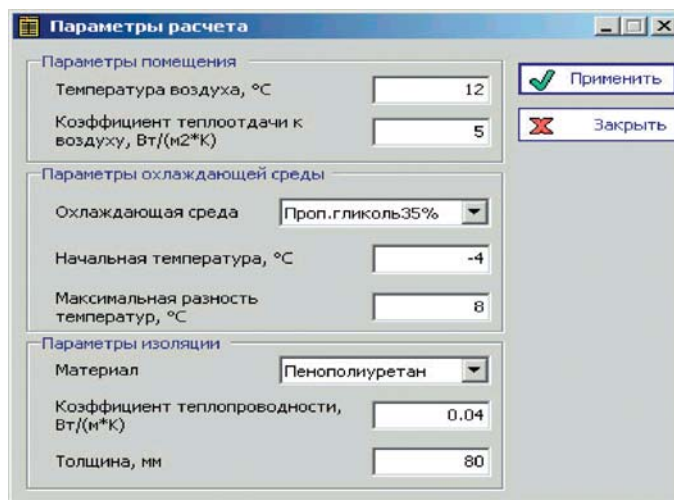


Рис. 8

личества и объема ЦКТ, марок производимого пива в соответствии с мощностью ХКЦ и, как следствие, оптимизации энергозатрат в процессе производства пива.

Программа может быть адаптирована для конкретного пивоваренного предприятия с учетом особенностей технологического процесса и системы холодоснабжения.

Тех