



# Эффективный возврат теплоты на литейных заводах

А. С. Рубцов, генеральный директор ООО «Вент-Дизайн», [otvet@abok.ru](mailto:otvet@abok.ru)

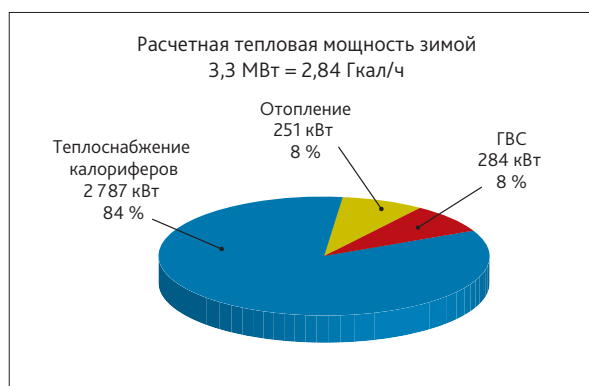
**Ключевые слова:** утилизация теплоты, общеобменная система вентиляции, роторный рекуператор, I-d диаграмма, энергоэффективность

Среди многочисленных промышленных предприятий России есть немало количество производств, использующих значительные энергетические ресурсы, в том числе тепловую и электрическую энергию. Как следствие, большое потребление энергоресурсов влечет за собой их ощутимый вклад в конечную стоимость продукции, что очевидным образом снижает конкурентное преимущество той или иной продукции. К подобным производствам относятся различные пищевые заводы, заводы по изготовлению сухих строительных смесей, по выпуску кирпича и многие другие, основанные на нагревании продукции в процессе производства. В данной статье пойдет речь о сталелитейных предприятиях, включая литейный участок и полноценный прокатный цех.

## Исходные данные

Рассмотрим небольшой завод с объемом выпуска готовой продукции около 20 000 т в год, располагающийся в Новосибирской области. В качестве шихты используется стальной лом, который плавится в индукционных печах, две из которых готовят расплав с температурой около +1 700 °С, а третья находится в процессе загрузки сырья. Таким образом, три печи осуществляют непрерывный процесс подготовки расплава и литье жидкого металла в приемную часть литейной машины с последующей формовкой заготовок на прокатном стане. Прокатный стан имеет длину более 140 м и кроме придания нужной формы готовым изделиям осуществляет также охлаждение проката и складирование готовой продукции. В статье не рассматриваются вспомогательные и неосновные по объему помещения (склады, зоны разгрузки, щитовые и т.д.). Завод работает в три смены, 24 ч в сутки.

Поскольку температуры сырья и изделий в технологических процессах значительные, в цехах есть теплоизбытки. Стандартные решения предполагают удаление воздушных масс от местных укрытий печей и выброс нагретого воздуха на улицу. Между тем, для нагрева приточного воздуха в приточных установках требуется дополнительный ресурс – теплота от котельной или другого источника. Кроме того, необходимо рассчитать общеобменную систему вентиляции, которая должна удалять избытки тепла в литейном и прокатном цехах в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005–88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Как правило, расчетные значения воздухообмена получаются значительными, что требует больших вложений в строительство котельной и последующую дорогостоящую эксплуатацию. Для данного производства производительность общеобменных систем вентиляции литейного и прокатного цехов должна быть 140 000 м<sup>3</sup>/ч. На рис. 1 приведена структура тепловой мощности данного производства по потребителям в случае стандартного подхода к обустройству инженерных систем. Среди потребителей тепловой энергии выделяются калориферы вентиляционных установок – это основной потребитель теплоты. Получается, что несмотря на значительные тепловыделения в производственных цехах, при классическом проектом подходе к инженерным системам горячие выбросы от технологии отправляются «топить улицу», а свежий воздух

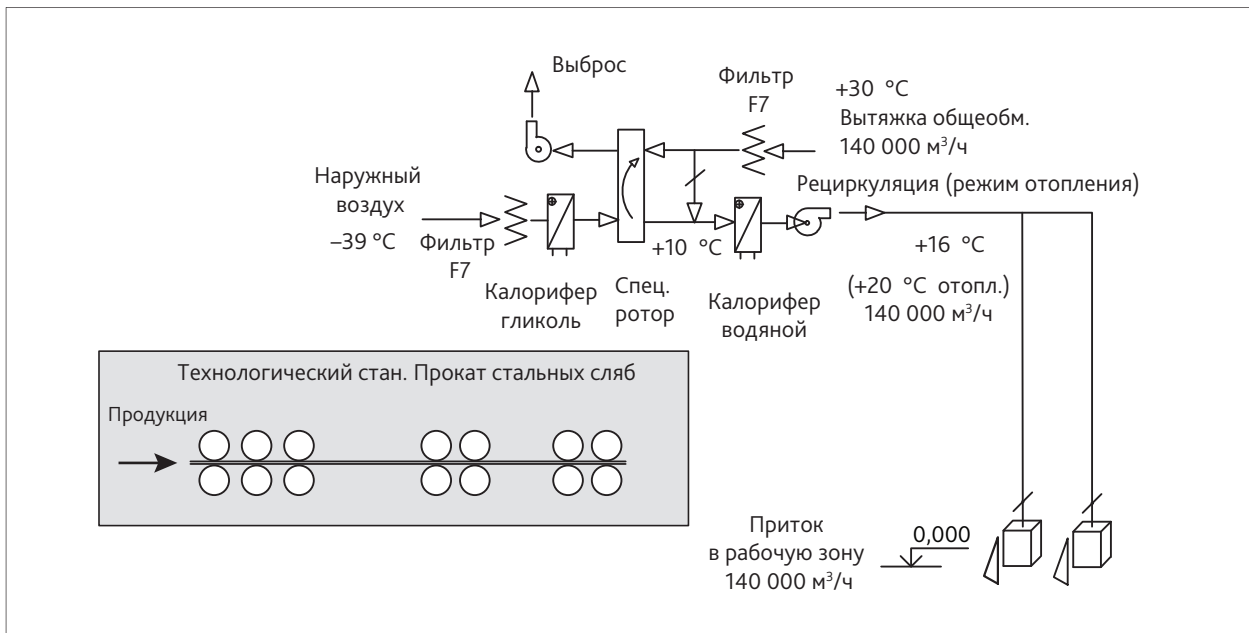


■ Рис. 1. Структура тепловой мощности сталелитейного производства по потребителям

с улицы зимой требует большого количества теплоты на подготовку.

## Утилизация сбросной теплоты

Предлагаемый вариант эффективного использования выбрасываемой теплоты представлен на рис. 2 и 3. На рис. 2 показана принципиальная схема утилизации теплоты от общеобменных вытяжных систем. Разумеется, это должна быть не одна установка, а минимум три или четыре для удобства транспортировки, монтажа и резервирования в процессе эксплуатации. Вытяжная температура +30 °С получилась по расчету; вообще нужно сразу отметить, что необходимо тщательно проверять и строить полноценный луч процесса на I-d диаграмме. Дело в том, что прокатный стан охлаждается еще и водой, и часть воды неминуемо превращается в водяной пар. Таким образом, имеется установившаяся влажность, и она может быть весьма значительной. Например, для рассматриваемого производства влагосодержание получилось 5,3 г/кг при 100%-ном расчетном воздухообмене. Для того, чтобы роторный рекуператор мог нормально функционировать при расчетной температуре зимой, для него необходимо также построить соответствующие процессы на I-d диаграмме и определить зону безопасной работы ротора без образования конденсата. Поэтому появился предварительный нагрев в первом теплообменнике, работающем на гликолевой смеси. В данном случае нужен нагрев свежего воздуха с –39 до –22...–20 °С. Далее, ротор нагревает приточный воздух до +10 °С, и затем он догревается до нужной конечной температуры во втором калорифере. Предварительные калориферы лучше всего запитать от сбросной теплоты рубашек



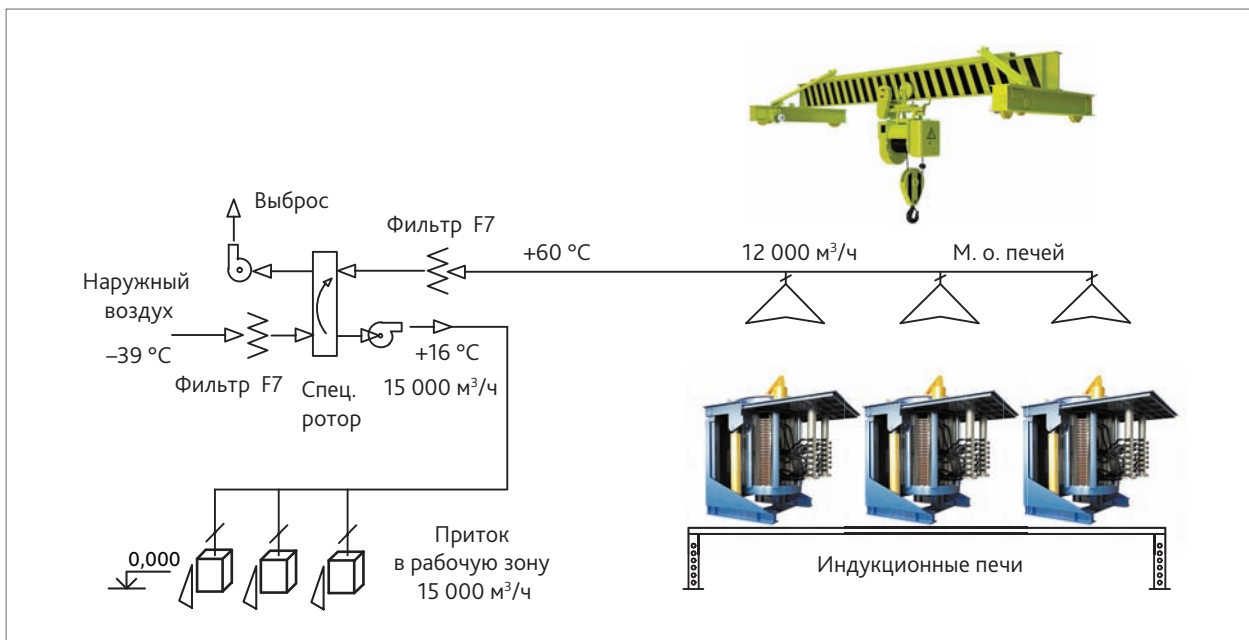
■ Рис. 2. Принципиальная схема утилизации сбросной теплоты. Общеобменные системы

охлаждения индукционных печей. Невысокая температура теплоносителя в рубашке охлаждения печей (как правило, +25...+30 °C) будет вполне достаточной для передачи нужного тепла в первый контур нагрева свежего воздуха до роторного рекуператора.

Во время простоя технологического оборудования (например, в ходе проведения сервисного обслуживания) функцию отопления также выполняют

приточные системы, для чего секция рециркуляции переводится в замкнутый режим работы, и второй калорифер догревает воздух до расчетной приточной температуры, причем для надлежащего отопления не нужны все установки: достаточно работы, например, двух из трех.

Рассмотрим работу местных укрытий над печами (рис. 3). Температура вытяжного воздуха зависит от



■ Рис. 3. Принципиальная схема местных отсосов

конструктивных особенностей печи, площади открытой части расплава и, конечно, от высоты установки и конструкции самого укрытия. Данная задача решается с помощью расчета конвективных восходящих струй, и для рассматриваемого литейного участка значение температуры составляет +60 °С. Благодаря таким параметрам мы можем полностью отказаться от калориферов в этой системе и получить больше по объему приточного воздуха, чем вытяжного. Следует заметить, что применяемые роторы в таких задачах отнюдь не стандартного исполнения, выпускаемые для климатических установок; необходимы специальные роторы, в том числе по критерию полного отсутствия любого перетока грязного вытяжного воздуха в приточный сектор установки, а также по коррозионному исполнению.

### Экономическая оценка эффективности предложенного решения

Считается, что уголь – это один из самых недорогих ресурсов страны, примем стоимость 1 т 2500 руб. с НДС и доставкой до котельной. КПД котельной примем 80%. Таким образом, эксплуатация стандартных инженерных решений в плане потребления тепла в холодный период года будет оцениваться примерно в 3,4 млн руб. ежегодно. Расходы по утилизации и вывозу золы, по эксплуатации и амортизации котельного оборудования не учитываются, только топливо. Посмотрим, какую экономию могут дать энергоэффективные технические решения.

На рис. 4 приведена структура потребителей теплоты в случае реализации энергоэффективных инженерных решений (рис. 2 и 3). Здесь отопление в классическом исполнении остается только для административных и вспомогательных помещений (120 кВт), а основные цеха контролируются с помощью центральных систем вентиляции. Благодаря эффективной утилизации теплоты и использованию ее для подогрева приточного воздуха удалось снизить мощность котельной на 2,6 МВт, или на 2,24 Гкал/ч. Это экономит несколько миллионов рублей капитальных затрат при строительстве.

Посмотрим, сколько необходимо угля и, соответственно, средств для эксплуатации эффективных решений. Общеобменные системы за холодный период тратят около 150 000 руб., система местных отсосов вообще не тратит коммерческую

# ZUBADAN

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ



## ZUBADAN ИННОВАЦИИ В ЭФФЕКТИВНОСТИ

Резюмируя

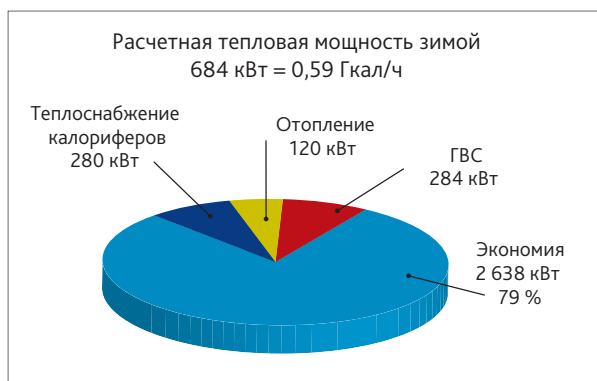
### ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Тепловые насосы для коммерческого и промышленного использования.

- > Не является поднадзорным оборудованием;
- > Отсутствие капитальных затрат на коммуникации и теплотрассы;
- > Высокая энергоэффективность — 1кВт затраченной электроэнергии дают от 3 до 5 кВт тепла;
- > Быстрый монтаж;
- > Поэтапный ввод в эксплуатацию;
- > Дистанционная диагностика;
- > Гарантийный срок эксплуатации — 20 лет.

[www.zubadan.ru](http://www.zubadan.ru)

 **MITSUBISHI  
ELECTRIC**  
*Changes for the Better*



■ Рис. 4. Структура потребителей теплоэнергии при использовании утилизации сбросной теплоты

теплоэнергию, поэтому экономия на покупке угля составит 3,25 млн руб. ежегодно.

Оценим срок окупаемости энергоэффективных решений, учитывая, что оборудование в этом случае необходимо другого исполнения, принципа действия, ну и конечно, предъявляемых к нему требований качества и длительности срока службы. Если вентиляционное оборудование качественное, то стоимость всего оборудования для завода, включая автоматику и узлы обвязки по теплоносителю, составит порядка 12,5 млн руб. Сравним с обычными прямоточными установками и отдельными вытяжными вентиляторами: стандартное оборудование будет стоить около 4 млн руб. Но в этом случае разумно еще учесть удорожание угольной котельной, так как тепла необходимо на 2 Гкал/ч больше, а это не менее 4 млн руб. в инвестициях. Приблизительная оценка в сравнении этих различных подходов дает удорожание эффективного варианта на 4,5 млн руб. В этом случае срок окупаемости не превысит двух лет. Если к данному


расчету окупаемости подходить профессионально, то можно учесть проблему вывоза золы на отвалы, оплату труда персонала большой котельной, амортизацию котлов, разницу в стоимости теплотрассы и сечений трубопроводов теплоснабжения, размеров и цены узлов обвязки и пр. Тогда, очевидно, срок окупаемости оказался бы еще более интересным для заказчика.

В заключение необходимо отметить следующую зависимость: чем крупнее и масштабнее предприятие, тем менее выраженной получается разница в удорожании передовых инженерных решений. Другими словами, если бы предприятие было крупнее, ожидалось бы более короткие сроки окупаемости. Объясняется это тем, что в составе крупных инженерных систем основную роль в финансовых затратах играет не оборудование, а сети вентиляции, материалы, их монтаж и наладка, а также сопутствующие разделы обеспечения размещения систем и прочие обязательные затраты (конструктив, крепеж, электроснабжение, пожарная безопасность).

Между тем, каждый объект индивидуален и интересен по-своему, и нужно признать, что технические решения с окупаемостью не более двух лет особенно актуальны для требовательных и расчетливых заказчиков.

## Литература


1. Шилькрот Е. О., Живов А. М., Nielsen Peter V., Riskowski Gerald. Системы вытесняющей вентиляции для промышленных зданий. Типы, область применения, принципы проектирования // АВОК. 2001. № 5.
2. Дзиндзела А. В., Сизякин А. В. Эффективное использование низкотемпературного тепла // Энергосбережение. 2012. № 1. ■



### Профессиональный информационно-выставочный комплекс

- Мы продвигаем на строительный рынок качественные строительные материалы и технологии.
- В многообразии продукции вам поможет ориентироваться Реестр строительных материалов и технологий «СтройФайл».
- Победители профессиональных конкурсов представлены в галерее «Лидеры строительного качества»

## Уверенно ведем к успеху!



**Ирина Белинская**  
Генеральный директор ПСЦ

**Петербургский строительный центр**

197342, Санкт-Петербург,  
ул. Торжковская, д. 5  
e-mail: adm@infstroy.ru  
[www.infstroy.ru](http://www.infstroy.ru)

(812) 324-99-97  
(812) 496-52-14  
(812) 496-52-15  
(812) 496-52-16