

от, в технологическом холоде и частично в горячей воды. Предварительные технико-экономические расчёты указывают на снижение энергетической составляющей себестоимости до 20%, а на 7%. Окупается комплекс за 3-4 года, при сроке строительства до 2-х лет. Системное годовое снижение потребления первичных энергоресурсов составляет ≈ 30 тысяч тонн условного топлива, прибыль предприятия возрастает, при прочих неизменных условиях, на 4,5 миллионов долларов. Прогнозируемые изменения на рынке энергоресурсов улучшают показатели, что говорит об устойчивости проекта.

УДК 666.94.041

Энерготехнологическая реструктуризация теплоэнергетической системы ОАО "Доломит"

Романюк В.Н., Томкунас Е.В.

Белорусский национальный технический университет
Белорусский теплоэнергетический институт

ОАО "Доломит" на территории Беларуси является единственным производителем доломитовой муки, что определяет исключительную значимость ОАО "Доломит" для страны. На ОАО "Доломит" структура, технологический процесс, оборудование ориентировано на массовое производство, при этом, завод проектировался и строился с учетом обеспечения минимальных капиталовложений. Все перечисленное достигнуто за счет перерасхода энергоресурсов.

Вместе с тем, эксергетические потери, определяющие энергетическое совершенство системы, на 40% определяются на стадии эскизной проработки, еще 40% приходится на стадию проектирования и оставшиеся 20% связаны с эксплуатацией системы. Очевидно, что первые две этапа, относящиеся к созданию промышленного объекта, определяют структуру теплоэнергетической системы конкретной технологии. Все это в полной мере относится и к ОАО "Доломит", где ситуация с расточительным энергоиспользованием, заложенным на стадии проектирования, усугубляется изношенностью оборудования.

Прошедшие изменения экономической ситуации в стране привели к тому, что продукция ОАО "Доломит" оказалась не-

востребованной. Основная причина связана с высокой себестоимостью продукции, в которой доминирует энергетическая составляющая, превышающая 50%. В результате, для удовлетворения нужд Республики Беларусь (РБ) в продукции ОАО "Доломит", правительство страны предоставило предприятию льготы на оплату потребляемых энергоресурсов.

Энергоемкость продукции ОАО "Доломит" находится на уровне $7 \cdot 10^2$ мегаджоулей на килограмм, а структура энергобаланса близка к средней по промышленности, в которой преобладает топливная компонента ($6 - 7 \cdot 10^1$ %). В балансе выплат ОАО "Доломит" за энергоресурсы доминирует электроэнергия (ее вес превышает 85%), что связано с ее высокой ценой. Изложенной позволяет сделать вывод, что требуется изменение ситуации с электрической составляющей.

Производство ОАО "Доломит" состоит из 11 параллельно работающих технологических линий. Производительность каждой линии равна $6 \cdot 10^1$ тонн готовой продукции. Технология базируется на механическом дроблении и одном тепловом процессе — сушке, совмещенной с разломом и сепарацией материала. Основное потребление электроэнергии технологической линии связано с приводом мельниц и использованием пневмотранспорта. Осуществляемый на предприятии переход на новую, менее энергоемкую технологию транспорта продукта, связанный с заменой пневмотранспорта на трубопроводный транспорт со скребковым побудителем перемещения дисперсного материала, снижает соответствующее потребление электроэнергии более чем на порядок. Дальнейшее снижение энергетической составляющей требует комплексного подхода к проблеме энергообеспечения всей технологической цепи, с отказом от дискретного рассмотрения той или иной операции.

В процессе сушки полуфабриката доломитовой муки в качестве сушильного агента используются продукты сгорания, полученные в ходе прямого сжигания природного газа в топке технологической линии и разбавленные затем воздухом до температуры смеси $\approx 200^\circ\text{C}$. Расход СА на одну технологическую линию, приведенный к нормальным условиям, имеет величину порядка $1 \cdot 10^5$ кубических метров в час. Эксергетический КПД подобной генерации сушильного агента (СА) оценивается величиной $\approx 4 \cdot 10^1$ %, что сегодня недостаточно. Необходима замена

существующего способа генерации СА на основе прямого сжигания природного газа на любой иной на базе эксергетически менее ценного энергоресурса.

В существующих компоновочных решениях технологических линий основного производства ОАО "Доломит" наиболее просто реализуется вариант интеграции в существующую теплоэнергетическую систему тепловых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и, тем самым, создания когенерационного энерготехнологического комплекса, вырабатывающего электроэнергию и СА. Эксергетический КПД процесса генерации СА в этом случае возрастает до $\approx 9 \cdot 10^1$ %, поскольку выхлопные газы ДВС имеют эксергию близкую к ее значению у СА.

Энергетическая эффективность когенерационного энерготехнологического комплекса может быть проведена на основе совокупности трех показателей: эксергетического КПД, энергетического КПД или коэффициента использования топлива и удельной выработки электроэнергии на единицу отпущенной тепловой энергии.

Перечисленные показатели комбинированной выработки энергопотоков, предлагаемой для теплотехнологии ОАО "Доломит", равны соответственно 81%, 96% и 940 киловатт-часов для когенерационного варианта на базе ГПА и 68%, 98% и 544 киловатт-часов — в варианте с ГТУ.

Для сравнительной оценки существующей раздельной и предлагаемой комбинированной выработки энергопотоков для ОАО "Доломит" необходимы показатели генерации электроэнергии конденсационной электростанции, в зоне обеспечения которой находится ОАО "Доломит": удельный расход условного топлива на выработку и доставку киловатт-часа электроэнергии — 336 грамм, эксергетический КПД — $3 \cdot 10^1$ %.

Следует вывод о целесообразности энерготехнологической реструктуризации теплоэнергетической системы ОАО "Доломит". При этом энергетически более эффективным является вариант создания когенерационного комплекса на базе поршневых ДВС. С одной стороны, это объясняется более высокой эффективностью ГПА как тепловых двигателей. С другой — полным использованием указанного преимущества ГПА в составе когенерационного комплекса, благодаря имеющейся на ОАО "Доломит" возможности создания объединенной системы тепло-

снабжении самого предприятия и прилегающего жилого поселка.

В результате реализации предлагаемого проекта снижение годовой потребности в импорте природного газа в РБ составит от 5 до 14 тысяч тонн условного топлива для каждой технологической линии ОАО "Доломит" при использовании когенерационных комплексов соответственно на базе ГТУ и ГПА.

В связи с неполной загрузкой производства, для увеличения числа часов использования ДВС целесообразно создание когенерационных модулей, в которых с одним комплектом энергогенерирующего оборудования сопряжено не менее 2-х технологических линий. Реализация потенциала комбинированной выработки электроэнергии на базе объемов производства, определяемых существующим стабильным спросом на рынке сбыта продукции ОАО "Доломит", позволяет в течение всего года вырабатывать поток электроэнергии мощностью $\approx 3 \cdot 10^1$ МВт. Удельный расход условного топлива на киловатт-час электроэнергии оказывается ниже 150 грамм. Снижение потребности импорта природного газа в РБ, в этом случае, имеет величину порядка 50 тысяч тонн условного топлива в год.

ОАО "Доломит" может полностью обеспечить свои потребности в электроэнергии. При цене природного газа до 70\$ за тысячу кубических метров, себестоимость мегаватт-часа не превысит 20\$, что может кардинально изменить финансовое положение предприятия. Снижение себестоимости доломитовой муки, — основной продукции предприятия, — в результате реализации рассмотренного проекта не вызывает сомнений.

УДК 536.2

Решение краевой задачи тепломассообмена в движущихся расплавах

Есьман Р.И.

Белорусский национальный технический университет

В ряде специальных теплотехнологий объектом изучения являются потоки расплавов, обладающие свойствами реологических сред. Эффекты тепломассопереноса в движущихся расплавах исследуются при течении и затвердевании жидких ме-