

**Ключевые слова:**

конкурентоспособность машиностроения, станки, инструмент, энергоёмкость, энергосбережение

**Keywords:**

competitiveness of engineering, machinery, tools, energy consumption, energy saving

# СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ СТАНКОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕРМИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ В ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

**Станислав ТКАЧЕНКО, Вячеслав КОРОБЕЙНИКОВ**

Высокая доля затрат в металлургическом, кузнечном, литейном производстве приходится на термические агрегаты, служащие для термической обработки слитков и отливок, нагрева слитков, нагрева ковшей, сушки форм и других задач. В статье предлагается комплекс мер, снижающих себестоимость станков.

A high proportion of the costs in the metallurgical, forging production, foundries accounts for thermal units used for the heat treatment of ingots and castings, ingots heating, heating buckets, forms drying and other tasks. The article proposes a set of measures that reduce the cost of tools.

Значение машиностроения в промышленном развитии трудно переоценить. Это базовая отрасль промышленности, в которой закладывается максимальная добавочная стоимость и производительность. Удельный вес машиностроения в структуре промышленного производства западных стран составляет от 37 до 50%, у нас — около 20%.

Механообработка является основным способом создания большинства изделий и будет таковой еще долгое время. Сегодня невозможно изготовить ни одно изделие без современного станка и инструмента. Конкурентоспособность машиностроения и промышленности в целом напрямую зависит от качественного и количественного состояния имеющегося парка металлообрабатывающего оборудования (МОО).

Необходимо обратить внимание, что в каждой единице МОО доля деталей, изготовленных из

литых и кованных заготовок, составляет до 85%, при этом производство отливок и поковок для станкостроения очень высокоэнергоёмкое.

В современных международных отношениях проблема экономии энергоносителей приобретает особое значение для экономики и, в первую очередь, для металлургического, литейного, кузнечного и термического производств. Большая доля затрат в этих производствах приходится на содержание и обслуживание плавильных, нагревательных агрегатов и разливочных ковшей.

Растущие затраты на энергоресурсы подвергают серьезному испытанию именно энергоёмкие отрасли. По этой причине растет готовность больших и малых руководителей реального сектора экономики к скорейшему принятию мер по оптимизации расходов на энергоносители. При этом серьезным вызовом времени и возможностью

для дальнейшего развития производства является создание системы управления энергопотреблением как предпосылки для начала внутрипроизводственного перехода к новой эре энергопотребления. Общую схему успешного построения системы управления энергосбережением дает международный стандарт DIN EN ISO 50001.

Это особенно важно для России, которая по уровню производительности труда отстает от США и Евросоюза в четыре раза, при этом имеет в 3–7 раз выше ресурсоемкость продукции и технологий в основных отраслях промышленности и почти в три раза большую энергоемкость [1].

Международные события последнего времени, с одной стороны, показали зависимость российской экономики от импортного оборудования, изделий и комплектующих, с другой стороны, теперь ни у кого не осталось сомнений в важности восстановления, модернизации и развития отечественной индустрии.

Восстановление и модернизация существующих производств, равно как и создание новых, возможно только на основе трех основополагающих принципах:

- ресурсосбережение;
- экологичность;
- безопасность.

Общим для любых промышленных предприятий потенциалом в сокращении расходов являются, главным образом, затраты на тепловую и электрическую энергию, а также на другие расходуемые ресурсы в зависимости от технологии производства (воды, топлива, материалов).

Оптимизация процессов позволяет сократить потребление энергии и ресурсов, уменьшить расходы на обслуживание, высвободить дополнительные площади, а также повысить надежность и качество работы инженерных и технологических систем. Сокращаются аварийность и простои на ремонт [2].

Важнейшей составляющей промышленных ресурсов являются энергоресурсы. Это особенно наглядно видно на примере термического и нагревательного оборудования металлургических, заготовительных и других производств, использующих такое оборудование в своих технологических переделах.

Поэтому при реконструкции, перевооружении, модернизации и создании новых термических переделов необходимо выбирать оборудование и технологии, обеспечивающие большую эффективность и более высокий КПД агрегатов, с обязательным соблюдением норм экологии и безопасности.

Это в полной мере касается предприятий литейно-металлургического комплекса. Высокая доля затрат в металлургическом, кузнечном, литейном производстве приходится на термические агрега-

ты, служащие для термической обработки слитков и отливок, нагрева слитков, нагрева ковшей, сушки форм и других задач.

При строительстве новых, ремонте, реконструкции, перевооружении существующих термических агрегатов в современных условиях необходимо внедрять:

- теплоизолирующие материалы с низкой удельной теплоемкостью и низкой удельной теплопроводностью;
- высокоэффективные газогорелочные системы в газовых агрегатах и нагревательные системы в электроагрегатах;
- системы подогрева воздуха сгорания;
- системы дожигания загрязняющих вредных веществ или другой их утилизации, если таковые выделяются в технологическом процессе;
- автоматизированные системы управления и контроля, позволяющие эффективно вести технологические процессы и расходовать энергию только в необходимом количестве.

Постоянно возрастающие требования к эффективному использованию энергоносителей привели к тому, что в последние годы КПД энергетических установок значительно возрос. На КПД энергетического оборудования, кроме всего прочего, большое влияние оказывают технологические температуры. В связи с этим задача повышения КПД всегда связана с материаловедческой проблемой.

Очень высокие требования предъявляются к стабильности технологического процесса и воспроизводимости результатов [3].

С точки зрения применения огнеупорных материалов наиболее важным их свойством является теплопроводность. Что же такое теплопроводность? Это – способность материала проводить тепло. Проводимость осуществляется посредством передачи тепловой кинетической энергии между элементарными частицами как внутри самого материала, так и при соприкосновении с другими телами (предметами).

Определение теплопроводности материалов осуществляется через коэффициент теплопроводности, который представляет собой меру способности пропускать тепловой поток. Чем ниже значение этого показателя, тем выше изоляционные свойства материала. При этом теплопроводность зависит от плотности материала. Численно величина теплопроводности равна количеству тепловой энергии, которая проходит через участок материала толщиной 1 м, площадью 1 м<sup>2</sup> за 1 сек. При этом, разность температур на противоположных поверхностях принимается равной 1 Кельвину. Формула теплопроводности выглядит следующим образом:

$$Q = \lambda (dT/dX)SdT \text{ Закон Фурье,}$$

где  $Q$  — теплопроводность,  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности,  $dT/dX$  — градиент температуры,  $S$  — площадь поперечного сечения образца.

Количество теплоты, проходящей через огнеупорные материалы («стену»), зависит от коэффициента теплопроводности материала ( $\lambda$ ): чем он больше, тем больше теплоты проходит через материал и тем хуже его теплоизоляционные свойства.

Плотный материал имеет бóльший коэффициент теплопроводности по сравнению с пористым. Увеличение плотности способствует повышению коэффициента теплопроводности ( $\lambda$ ), уменьшение плотности — к обратному показателю. Чем больше пор в материале, тем меньше его плотность и теплопроводность.

Современное термическое оборудование может и должно быть энергосберегающим, эффективным, безопасным, экологически чистым и отвечать следующим требованиям:

- низкие удельные теплоемкость и теплопроводность огнеупорных и теплоизолирующих материалов, применяемых при строительстве (реконструкции);
- эффективные системы нагрева (охлаждения);
- высокая степень автоматизации режимов работы, исключающая ошибки персонала и гарантирующая предотвращение аварий при возникновении нестандартных ситуаций;
- применение систем предварительного нагрева и рекуперации;
- высокие экологические показатели;
- использование систем очистки и дожигания отходящих газов;
- конструктивная технологичность, позволяющая минимизировать взаимодействие внутренней и внешней атмосферы на всех режимах;
- большие межремонтные интервалы в процессе эксплуатации и ремонтпригодность.

Российско-чешская компания ООО «ТАХТЕХ РУС» является современным научно-производственным предприятием, разрабатывающим и выпускающим энергосберегающие термические агрегаты широкого спектра применения.

Большую долю в деятельности компании занимает строительство, реконструкция и восстановление термических печей различного назначения, установок сушки и нагрева ковшей, сушильных печей и других агрегатов для металлургического, кузнечного и литейного производства.

В основной перечень продукции и услуг входят:

- печи с выкатным подом (рис. 3), камерные, проходные, колпаковые, карусельные печи с температурой до 1800 °С с рекуперацией воздуха до 700 °С, или с регенерацией воздуха до 1100 °С, с автоматическим управлением, подключенным к центральной системе управления;

- установки сушки и нагрева сталеразливочных ковшей;
- нагревательные системы, газовые горелки, рекуператоры, регенераторы, нагреватели воды и воздуха;
- сушила различного назначения;
- огнеупорные и теплоизолирующие материалы;
- строительство, гарантийное и сервисное обслуживание термического оборудования;
- реконструкция, ремонт и восстановление термических агрегатов, их перевод на другие виды энергоносителей.

Имея собственный научно-технический потенциал, компания ООО «ТАХТЕХ РУС» разрабатывает и производит высококачественные керамоволокнистые огнеупорные и теплоизоляционные материалы, которые используются при строительстве и реконструкции термических агрегатов.

К таким материалам относятся керамоволокнистые сборные футеровки в виде плит, матов (рис. 1) или модульных блоков (рис. 2) с классификационной температурой до 1425 °С. Легковесные футеровки достаточно просто монтируются, обладают низкой плотностью, малой инерционностью и теплопроводностью (в 8–10 раз меньше шамотного кирпича). Они абсолютно устойчивы к тепловому удару при резких колебаниях температуры.



Рис. 1.  
Маты из керамоволокнистого полотна



Рис. 2.  
Керамоволокнистые модули

Теплоизоляционные материалы выпускаются на температуры 350, 750, 900 °С в виде плит и матов толщиной до 100 мм, имеющих плотность от 60 до 230 кг/м<sup>3</sup>. Керамоволокнистые маты толщиной от 13 до 50 мм с плотностью от 70 до 200 кг/м<sup>3</sup>, а также плиты плотностью до 300 кг/м<sup>3</sup> поставляются на температуру 1200, 1300 и 1400 °С.

Для температур 1260 и 1425 °С производятся специальные керамоволокнистые модули — блоки с плотностью от 160 до 240 кг/м<sup>3</sup>. Стандартные размеры блоков 300×300 и 300×600 мм, толщина от 150 до 350 мм. Компания проектирует футеровки для любых тепловых агрегатов, собственное производство позволяет выпускать модули других

геометрических параметров, в том числе трапециевидные и угловые.

Все виды футеровок и тепловой изоляции оснащены специальными креплениями.

Материалы имеют необходимое сертификационное обеспечение. Гарантийный срок службы не менее 5 лет при работе в области высоких температур (1400 °С) и не менее 10 лет при работе с температурой до 1200 °С. Эксплуатационная стоимость сборных керамоволокнистых футеровок не выше эквивалентной по площади традиционной кирпичной кладки. Их высокая эффективность определяется значительной долговечностью и большой экономией энергоносителей.

Еще одно важное направление научно-технической деятельности ООО «ТАХТЕХ РУС» — разработка комплексных систем нагрева для любых энергоносителей, в том числе с использованием газовых горелок собственного производства.

Применение в термических агрегатах огнеупорных и теплоизоляционных материалов нового поколения, современных систем нагрева, рекуперации, регенерации в комплексе с системами контроля и автоматизации позволяет в отдельных случаях снизить энергоемкость оборудования более чем на 50%. Окупаемость таких агрегатов составляет 6–12 месяцев в зависимости от их размера.

Высокие энергоэкономичные показатели печей нового поколения обеспечены за счет внедрения следующих технических решений:

- использования эффективной импульсной системы нагрева и охлаждения металла на базе современных скоростных газовых горелок, оборудованных электророзжигом и контролем факела и встроенных в фурмы подачи охлаждающего воздуха;
- футеровки печи современными керамоволокнистыми малоинерционными огнеупорными и теплоизоляционными материалами;
- отвода продуктов сгорания из печи, осуществляемого через верхнюю часть каркаса футерованным надземным дымопроводом в дымовую трубу, что позволяет обеспечить надежное регулирование давления в рабочем пространстве печи;
- утилизация тепла уходящих продуктов сгорания путем подогрева воздуха, идущего на горение, в рекуператоре, устанавливаемом в дымопроводе;
- обеспечения герметизации рабочего пространства печи за счет специальной конструкции заслонки загрузочного окна;
- применения импульсного сжигания топлива и аэродинамического регулирования разрежения, обеспечивающего стабилизацию давления

в рабочем пространстве печи и интенсивную циркуляцию газов при всех тепловых нагрузках;

- специальной конструкции выкатного пода малой высоты для улучшения эксплуатационных условий, с целью обеспечения надежного уплотнения в створе между подом и неподвижной частью печи применены специальные затворы;
- футеровки пода печи с применением плотных легковесных огнеупорных жаропрочных бетонов, обеспечивающих существенное снижение теплоемкости пода и повышение надежности его работы;
- системы тепловой автоматики, обеспечивающей автоматическое ведение режимов нагрева и охлаждения по заданной программе, стабилизацию теплового режима печи по энергосберегающим алгоритмам, управление автоматическим розжигом и контроль наличия факела горелок, предоставление информации о работе печи в естественной для оператора форме, возможность включения системы управления печью в цеховую информационную сеть.



**Рис. 3.** Печь с выкатным подом 3,4 \* 2 \* 5,7 м с предварительным нагревом воздуха

Системы контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации управления тепловым режимом учитывают требования газовой безопасности и высокие требования по уровню автоматизации. На печах производится контроль, управле-

ние и регулирование более двух десятков параметров (рис. 4). Данное обстоятельство дает возможность автоматического выполнения тепловых режимов с точностью до  $\pm 5^\circ\text{C}$ , а при необходимости  $\pm 2,5^\circ\text{C}$  в предельно широком интервале температур 100–1100 $^\circ\text{C}$ .

Внедрение новых технических решений позволило обеспечить экономичную работу печей со значительным снижением вредных выбросов в атмосферу, что значительно отразилось на улучшениях окружающей среды.

Тепловое ограждение печей предусматривает отказ от традиционной кирпичной кладки. В этих печах применена сборная многослойная составная футеровка керамоволокнистыми материалами различной плотности. Футеровка из современных волокнистых огнеупоров для термических печей открывает ряд преимуществ:

- быстрый разогрев и охлаждение печи вследствие малой теплоинерционности, что позволяет увеличить производительность и универсальность печного оборудования;
- устойчивость футеровки к резким колебаниям температуры;
- сокращение потерь тепла на аккумуляцию в кладке.



Рис. 4. Стенд нагрева ковшей

Для более наглядного понимания экономической целесообразности применения в современных печах новых технологий была проведена работа на печах одного размера, результаты которой приведены в таблице.

За базовую принята распространенная в странах Таможенного союза электропечь с выкатным подом СДО 28, размер рабочего пространства: длина (глубина) — 5800 мм; ширина — 3200 мм; высота — 2600 мм.

В столбце 1 даны показатели для стандартной электропечи СДО 28. В столбце 2 приведены показатели для модернизированной электропечи СДО 28 с заменой футеровки на керамоволокнистую, замены систем нагрева, управления и контроля на современные. В столбце 3 даны показатели для электропечи СДО 28, переведенной на природный газ.

Таблица. Нормы расхода энергоносителей на 1 т садки на печах одного размера

Электропечь СДО 28	Модернизированная электропечь СДО 28	Электропечь СДО 28, переведенная на газ
Нормы расхода энергоносителей на 1 т садки		
Электроэнергия		Природный газ
1 200 кВт	950 кВт	100 м <sup>3</sup>
Стоимость в рублях		
5 244,00	4 151,50	552,50

Масса садки без веса подкладок под садку во всех случаях составляет 16 т.

Более подробную информацию о деятельности компании можно получить по тел. +7 (812) 554-48-26, e-mail: tachtech@tachtech.ru, сайт <http://tachtech.ru/> <http://tachtech.pf/>

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоренков С.И. Сокращение расходов как разумная альтернатива сокращению штатов // Индустрия. 2009. № 1.
2. Иванцова Н., Хатрутдинов Р. Ресурсосбережение и экологическая политика в металлургическом комплексе // Вопросы экономики. 1990. № 11.
3. Реч Р. Поковки для энергомашиностроения — технологии XXI века // Черные металлы (немецкий оригинал). 2008. № 3. (Русское издание. Август, 2008).

**Станислав Степанович ТКАЧЕНКО** —

доктор технических наук, профессор, президент Ассоциации литейщиков Санкт-Петербурга и Ленинградской области

**Вячеслав Владимирович КОРОБЕЙНИКОВ** —

вице-президент и исполнительный директор Ассоциации литейщиков Санкт-Петербурга и Ленинградской области