

# ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ганэса В.Л.

Анализ потребления природного газа промышленными предприятиями республики, используемыми в сумме около 80% его объемов, позволил выделить два основных направления:

на производство тепловой и электрической энергии собственными энергоисточниками – 27,1%;

на технологические цели и вспомогательные процессы – 72,9%.

Таким образом, практически треть потребляемого промышленными предприятиями природного газа идёт на выработку тепловой и электрической энергии, остальное количество – на технологические и вспомогательные нужды.

По потреблению природного газа среди технологических процессов преобладают:

сушка; термическая и химико-термическая обработка металлов; обжиг (клинкера, сортовой посуды, кирпича); стекловарение и др.

При этом следует отметить, что хотя каждому министерству характерна своя специфика использования природного газа, все же есть и достаточно много общего. Например, для предприятий Министерства промышленности и Министерства строительства и архитектуры, крупных потребителей, характерны следующие направления, представленные в табл. 1 и 2:

Таблица 1  
Основные направления потребления природного газа промышленными предприятиями Минпрома

Сушка, %	Термическая и химико-термическая обработка металлов, %	Плавка чугуна, стали и цветных металлов, %	Производство поковок и горячих штамповок, %	Отопление, вентиляция, ГВС, %	Прочие, %
20,1	43,6	7,7	14,5	10,4	3,7

Таблица 2  
Основные направления потребления природного газа промышленными предприятиями Минстройархитектуры

Сушка, %	Обжиг в газопламенных печах, %	На нужды стекловарения, %	Отопление, вентиляция, ГВС, %	Прочие, %
13,6	54,0	7,0	21,0	4,3

Из общего количества газа, используемого на технологические нужды, согласно данным, представленным в табл. 1 и 2, по Минпрому львиная доля его идет на обеспечение металлургических процессов и термообработки металлов (порядка 65%), т.е. на технологии, основным оборудованием которых являются различного рода печи, аналогичная картина наблюдается и в Минстройархитектуры, где печным оборудованием также используется свыше 60% природного газа.

Для улучшения энергетической ситуации в Беларуси и особенно с потреблением природного газа целесообразно рассмотреть в первую очередь основные пути повышения энергоэффективности по доминирующим направлениям его использования.

В настоящее время основным источником энергоснабжения промышленных предприятий является ГПО «Белэнерго»: электроснабжение практически полностью централизовано – от Белорусской энергосистемы; теплоснабжение – частично от собственных источников энергии (около 50%), частично от объектов энергосистемы; газоснабжение (включая природный газ, идущий на использование в собственных котельных) – от концерна «Белтопгаз» и его структурных подразделений на местах.

Обеспечение другими видами топлива осуществляется самими предприятиями от различных источников.

В последнее время на ряде предприятий электроснабжение осуществляется и собственными электроисточниками путем создания мини-ТЭЦ, приобретения газотурбинных установок (ГТУ), газопоршневых агрегатов (ГПА), обладающих большей маневренностью и экономичностью, и т.д. Учитывая тот факт, что количество тепловой энергии, вырабатываемой собственными энергоисточниками, составляет примерно 50%, из которых около 40% идет на собственные нужды предприятий и около 60% отпускается на сторону, имеется возможность организовать совместное производство электрической и тепловой энергии на базе мини-ТЭЦ, создаваемых непосредственно на предприятиях взамен котельных, что существенно повысит эффективность использования то-

плива, в частности природного газа. Аналитически эффективность использования топлива при этом выражается соотношением [1]

$$k_{sf} = 1 - \frac{r + 1}{\eta \left( \frac{r}{\eta_e^p} + \frac{1}{\eta_{th}^p} \right)}, \quad (1)$$

где  $k_{sf}$  – коэффициент сбережения топлива;  $\eta$  – общий коэффициент эффективности;  $r$  – соотношение количеств производимых электрической и тепловой энергии;  $\eta_{th}^p$  – КПД при раздельном производстве тепловой энергии;  $\eta_e^p$  – КПД при раздельном производстве электрической энергии.

Возможный диапазон выработки электроэнергии на тепловом потреблении зависит от принимаемых технических решений и может быть определен в результате проведения обоснования инвестиций. Расчеты по формуле (1) показывают, что экономия топливно-энергетических ресурсов при совместной выработке тепловой и электрической энергии составляет в среднем 30-35%.

Особенно эффективно использование ГТУ, ГПА, когда они естественно вписываются в технологические процессы (например, использование теплоты отходящих газов за ГТУ для осуществления процессов сушки, обжига и т.п.). Утилизация теплоты отработавших газов за ГТУ позволяет существенно повысить их общий КПД (коэффициент использования топлива).

Большинство когенерационных систем можно охарактеризовать как головные или «хвостовые». В головной системе высокотемпературный теплоноситель (дымовые газы, пар) приводит в движение тепловую машину, чтобы генерировать электроэнергию, в то время как низкотемпературная теплота используется для термических процессов или теплоснабжения (или охлаждения). В «хвостовой» системе, наоборот, сначала высокотемпературный энергоноситель обеспечивает осуществление технологического процесса (например, в металлургической или стекловаренной печи, или в печи для обжига цемента), а затем горячие газы, если их давление достаточно, непосредственно используются в газовой турбине, приводящей в движение электрогенератор, или опосредствовано, производя пар в котле-утилизаторе, который с помощью паровой турбины вращает генератор, вырабатывая электроэнергию.

Один из путей модернизации существующей котельной (когенерации в теплоснабжении) – это установка ГТУ, вырабатывающей электрическую

энергию, с последующей утилизацией в водогрейном котле теплоты выхлопных газов для получения тепловой энергии. При этом ГТУ всегда работает на номинальной мощности, а варьирование тепловой нагрузки производится за счет котла.

Оптимальное соотношение максимальной и минимальной тепловых нагрузок позволяет эксплуатировать когенерационные установки в системе теплоснабжения круглогодично (при отсутствии технологических нагрузок летом осуществляется лишь горячее теплоснабжение, а зимой добавляется и отопление).

Другой путь – использование газопоршневых когенерационных установок.

Эффект когенерации существенно повышается при необходимости выработки, кроме электроэнергии и теплоты, еще и холода, т.е. осуществления тригенерации. Для реализации процесса когенерационная установка соединяется с абсорбционным устройством охлаждения, а теплота, произведенная КГУ (или его часть), используется при производстве холода абсорбционным способом.

Технико-экономические расчеты свидетельствуют о целесообразности использования парогазового цикла не только на крупных ТЭЦ «Белэнерго», но и в крупных промышленных котельных со сбросом отработавших в газовой турбине газов в котел-утилизатор, обеспечивающий паром установленные ранее или вновь приобретаемые паровые турбины.

Например, предположим предприятию на технологические цели необходим пар с давлением 0.5-0.6 МПа и температурой 230°C в объеме до 35 т/ч. Одним из эффективных решений может быть следующее. Установка двух когенерационных установок, предположим, НПП «Машпроект» (Украина), состоящих из газотурбинного двигателя GT-15.000 с электрогенератором и утилизационной котельной установкой. Основные параметры такой газотурбинной когенерационной установки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Эл. мощность, МВт	Электр. КПД	Теп. мощность, МВт	Тепл. КПД	Расход пара, т/ч	КИТ	Давление/температура, МПа/°C	Расход газа, м³/ч
16.0	32.5	21.2	43.1	24.2	75.6	16/357	4150

Пар от утилизационной когенерационной установки поступает в паровую турбину с противодавлением и отбором, предположим, производства ОАО «Калужский турбинный завод». Ее характеристики приведены в табл. 4.

Таблица 4

Номинал. мощн., кВт	$P_1$ , МПа	$T_1$ , °С	$P_2$ , МПа	$T_2$ , °С	$P_{отб.}$ , МПа	$T_{отб.}$ , °С	$D_{отб.}$ , т/ч	$D_{ном.}$ при от- боре, т/ч	$D_{ном.}$ без отбора, т/ч
2 500	1,3 (1.2-1.35)	300 (290-320)	0,12	113 (94-141)	0,6	230	0-35	49,6	29,5

Примечание:  $P_1$  – давление свежего пара;  $T_1$  – температура свежего пара;  $P_2$  – давление пара за турбиной;  $T_2$  – температура пара за турбиной;  $P_{отб.}$ ,  $T_{отб.}$ ,  $D_{отб.}$  – давление, температура и величина отбора, соответственно;  $D_{ном.}$  – номинальная величина.

Таким образом, обеспечив потребность предприятия в технологическом паре, подобный вариант энергоснабжения позволит использовать в зависимости от необходимости до 13 т/ч пара с давлением 0,12 МПа на цели отопления и горячего водоснабжения. В итоге предприятие получает 34,5 МВт установленной электрической мощности, достаточной не только удовлетворить собственную потребность в электроэнергии, но и отпущать значительное количество ее в энергосистему. Как известно, согласно Постановлению Министерства экономики Республики Беларусь от 31 мая 2006г. № 91 (во исполнение Указа Президента Республики Беларусь от 19 мая 1999г. № 285), предприятие имеет возможность в течение 10 лет со дня ввода в эксплуатацию продавать электроэнергию концерну «Белэнерго» по тарифам на электрическую энергию для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВА с применением коэффициента 0,85.

Еще одно направление экономии природного газа – это повышение эффективности работы котельных установок.

Отопительные и отопительно-производственные котельные промышленных предприятий работают, как правило, с КПД не более 80%. В то же время достичь экономии топлива за счет повышения КПД котлоагрегатов и котельной в целом можно в большинстве случаев благодаря простейшим мероприятиям, которые по силам персоналу котельной и не требуют больших затрат. В первую очередь к ним относятся:

- устранение паразитных подсосов воздуха как в самом котле, так и в дымоходах и хвостовых поверхностях (экономайзере и воздухоподогревателе);
- улучшение тепловой изоляции котла, дымоходов, трубопроводов, хвостовых поверхностей;
- очистка теплообменных поверхностей от наружного загрязнения;
- при необходимости ремонт экономайзера и воздухоподогревателя;
- удаление отложений солей в барабане, труб-

ных пучках;

– организация отбора теплого дутьевого воздуха из верхней зоны здания котельной.

Ещё одним вариантом модернизации промышленных котельных может стать вариант совместной бивалентной работы котла и теплового насоса.

Тепловые насосы получили широкое распространение в развитых странах. В мире эксплуатируется свыше 20 млн. тепловых насосов различных мощностей – от единиц киловатт до сотен мегаватт. В США более 30% жилых домов оборудованы тепловыми насосами, 50% зданий, учреждений и жилых домов Стокгольма (Швеция) отапливается тепловыми насосами.

Основная причина неудачных попыток в Беларуси по использованию зарубежного опыта по тепловым насосам вызвана соотношением тарифов на электроэнергию и теплоту, которое в развитых странах отличается от отечественного в меньшую сторону. Стоимость электроэнергии в Беларуси примерно в 3,5 раза выше стоимости теплоты. В этих условиях необходимы нетривиальные оригинальные технико-экономические решения по освоению теплонасосной техники. В качестве примеров можно использовать следующие варианты.

1. В связи с тем, что электроэнергия невыгодный для тепловых насосов вид энергии, следует рассмотреть возможность использования в качестве привода компрессора двигателя внутреннего сгорания на природном газе. При использовании газового двигателя эффективность системы повышается благодаря использованию сбросной теплоты двигателя – теплоты охлаждающей воды и уходящих газов. Экономичность такой системы может быть повышена примерно на 15% (в расчете на высшую теплоту сгорания газа) при конденсации паров воды, содержащихся в уходящих газах двигателя.

2. При организации тепловой схемы, когда вода, возвращающаяся от теплопотребителя к насосу, нагревается вначале в конденсаторе, затем в рубашке охлаждения газового двигателя и, наконец, в теплообменнике отходящих газов. В этом случае коэффициент преобразования энергии может оказаться

вполне приемлемым и с учетом цены на газ.

3. Газопоршневой двигатель может быть приводом электрогенератора, который в свою очередь является приводом теплового насоса. Организация тепловой схемы должна быть подобна описанной выше.

4. Использование для привода тепловых насосов альтернативных источников – гидроэнергии, ветроэнергии и др., либо электроэнергии от альтернативных источников.

5. Применение абсорбционных тепловых насосов.

**Повышение эффективности использования газа в технологических процессах**

Рассмотреть все технологические процессы с применением природного газа и способы повышения эффективности его использования не представляется возможным, поэтому основное внимание следует уделить наиболее энергоемким из них, снижение удельного расхода газа при осуществлении которых существенно скажется на общем его потреблении.

В металлургии нагрев металла обычно осуществляется под прокатку или с целью различных видов термообработки. Для обычных углеродистых сталей нагрев под прокатку составляет около 1250-1260°C. На заводах с полным металлургическим циклом природный газ используют в виде добавок и смесей (с доменным и коксовым газом), что обеспечивает повышение температурного потенциала смеси газов.

В машиностроении в основном газ используется на нагрев металла и термообработку. Нагревательные печи применяются для нагрева металла до температур 1250-1400°C с целью придания ему пластических свойств перед обработкой давлением – штамповкой, прессованием, ковкой. Кроме того, печи используют для термической обработки, чтобы изменить внутреннее строение и структуру металла. В этом случае необходимые температуры составляют 500-1100°C.

В нагревательных и термических печах предъявляются достаточно высокие требования по обеспечению равномерности нагрева по сечению заготовок, уменьшению перегревов и окалинообразования, предотвращению термических напряжений, обезуглероживанию и т.д.

Основой эффективного использования природного газа при нагреве и термообработке является наиболее полное обеспечение сложных и подчас противоречивых требований технологии и при этом одновременно реализация ресурсо- и энергосберегающей политики.

В настоящее время в нашей стране, да и во всем

мире показатели работы различных печей и показатели энергоемкости существенно различаются. Удельные расходы топлива на нагрев даже при однотипных процессах и печах отличаются значительно. В то же время практика показывает, что при сопоставлении эффективности работы печей во многих случаях используются различные критерии. В результате получается, что диапазон КПД эксплуатируемых в республике печей колеблется от 5–15 до 82%. Вместе с тем, при этом как бы упускается из виду, что речь идет о разных показателях эффективности работы печей, которых, как известно (например [2]), существует несколько. С позиций энергоэффективности наибольший интерес представляют коэффициент полезного использования теплоты, который показывает, какая часть всей теплоты, генерируемой в печи, израсходована полезно, т.е. на нагрев металла, и является тепловым КПД рабочей камеры печи [2], и коэффициент использования топлива, который учитывает и теплоту, утилизируемую в виде вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). При этом первый выражается как

$$\eta_{к.п.т} = \frac{Q_{пол}}{\sum Q_{расх}}, \quad (2)$$

где  $Q_{пол}$  – расход теплоты на нагрев металла, равный;

$$Q_{пол} = Mc_M (T_{М.К} - T_{М.Н}), \quad (3)$$

где  $M$  – масса нагреваемого металла, кг;  $c_M$  – средняя удельная теплоемкость металла, Дж/(кг К);  $T_{М.К}$  и  $T_{М.Н}$  – средние по объему металла конечная и начальная температуры;

$\sum Q_{расх}$  – суммарный расход теплоты, который приближенно можно представить как

$$\sum Q_{расх} = BQ_n^p, \quad (4)$$

пренебрегая приходом теплоты вследствие экзотермических реакций окисления металла, которое в современных печах должно быть минимальным или отсутствовать,

где  $B$  – расход топлива, м<sup>3</sup>/с (при сжигании газа);  $Q_n^p$  – низшая теплота сгорания топлива, Дж/м<sup>3</sup>.

Второй – коэффициент использования топлива – может быть определен как

$$\eta_{к.и.т} = 1 - \sum q_{ном.}, \quad (5)$$

где  $\sum q_{ном.}$  – сумма всех относительных потерь теплоты, %.

Таким образом, если речь идет о коэффициенте

полезного использования теплоты, то он у подавляющего числа эксплуатируемых в промышленности республики газовых печей находится в диапазоне 5-15%, в то время, как у современных энергоэффективных он составляет 30-36%. Если же имеется в виду коэффициент использования топлива (природного газа), то он действительно (например на РУП «Белорусский металлургический завод») может достигать 80 %; в частности, они реализуются на агрегатах с комбинированной утилизацией теплоты: печь - рекуператор - котел-утилизатор.

В основном имеющиеся на печах низкие коэффициенты использования топлива объясняются отсутствием рекуперации теплоты, высокими тепловыми потерями, малой производительностью печей, отсутствием утилизации ВЭР, а также организационно-техническими просчетами. К числу последних относится тот факт, что зачастую производительность печи определяется не ее собственными характеристиками, а производительностью кузнечно-прессового оборудования, которое данная печь обслуживает и неритмичная работа которого, с частыми длительными простоями, обуславливает перерасход топлива, перегрев металла и ухудшение его свойств и т.д. Поэтому для существенного снижения потребления природного газа печным парком предприятий желательна комплексная реконструкция всего цеха, включающая не только модернизацию печей, но и организацию оптимальных технологических потоков.

Анализ использования энергоресурсов и, в частности, природного газа в печах на предприятиях машиностроения показал, что удельный расход топлива может быть снижен в несколько раз за счет проведения ряда мероприятий. К основным из них, как известно, относятся:

- применение современных горелочных устройств и средств автоматики горения и теплового режима;
- утилизации теплоты уходящих газов;
- интенсификация теплообмена в рабочем пространстве печи;
- применение для футеровки и изоляции новых волокнистых огнеупорных и теплоизоляционных материалов;
- учет и нормирование расходов газа.

Экономии топлива при нагреве металла способствует введение в действие новых современных мощных нагревательных печей с шагающими балками и подом.

Основная цель модернизации печного парка республики – повышение качества обработки металла

при максимально возможном увеличении коэффициента использования топлива (природного газа).

Аналогичные, во многом, проблемы решаются и в производстве строительных материалов. Цементные заводы расходуют примерно половину топлива и электрической энергии всех предприятий строительной промышленности. Самыми крупными потребителями топлива являются вращающиеся обжиговые печи. Значительную долю природного газа потребляют стеклозаводы, при этом до 30% идет на стекловаренные печи. Для производства 1 т продукции требуется приблизительно 15–20 ГДж теплоты. Наиболее энергоемким является производство технического стекла и ручное изготовление стеклоизделий (до 90 ГДж/т).

Основные резервы экономии этой отрасли заключены в переводе технологий с мокрого способа получения цементного клинкера на сухой, что позволяет снизить удельный расход на 20 кг у.т на тонну клинкера. Но и в процессах, работающих по сухому способу, удельные расходы топлива на отечественных предприятиях на 8–15% выше, чем в зарубежных странах, что создает возможности совершенствования технологии.

К числу других энергосберегающих мер в области промышленности строительных материалов можно отнести:

- интенсификацию процесса обжига клинкера путем внедрения эффективных теплообменных и горелочных устройств, расширение использования минерализаторов, замену глинистого компонента в сырьевой смеси технологическими материалами, использование термостойких огнеупоров, снижение влажности шлама в производстве клинкера за счет использования разжижителей и перевода мощностей с мокрого способа на полусухой;
- интенсификацию систем стекловарения и внедрение электрической и газозлектрической варки стекла;
- внедрение новых обжиговых агрегатов и модернизацию действующего оборудования в производстве керамзита и других пористых наполнителей;
- совершенствование сжигания топлива в шахтных и вращающихся печах, расширение использования фракционного сырья;
- совершенствование технологии производства строительной керамики, минеральной ваты, сантехнических изделий;
- замену устаревших газогорелочных устройств на более экономичные.

Производство пустотелых керамических камней и кирпича обеспечивает экономию топлива до 20% и снижает себестоимость продукции на 10–15%.

При сжигании газа во вращающихся печах обычно применяют горелки с регулируемыми характеристиками факела.

Предпочтение отдается диффузионным турбулентным незакрученным факелам, формируемым горелками с регулируемыми характеристиками факела. Представляют интерес горелки для вращающихся печей с двухступенчатым подводом газа и регулированием длины факела, выполненные по типу горелок ФСГ-Р, но гораздо большей мощности.

В производстве стекла основными потребителями газа являются стекловаренные печи. Коэффициент использования топлива на целом ряде предприятий составляет всего 20–30%. Это связано с несовершенством конструкций газогорелочных устройств, отсутствием автоматического регулирования процесса горения и теплового режима, недостаточным использованием теплоты уходящих газов.

Плавильные печи с барботированием продуктов сгорания через слой расплава весьма перспективны в промышленности строительных материалов для производства стекла, легких заполнителей бетона, пористого стеклокристаллического щебня, минеральной ваты и других материалов. Для указанных печей в Институте газа Национальной академии наук Украины разработаны многосопловые погружные горелки, применение которых позволяет обеспечить при минимальных размерах камеры горения надежную стабилизацию пламени, интенсивное горение газа в расплаве и развитую поверхность соприкосновения жидкой и газовой фаз.

Нагрев водных растворов в технических емкостях, широко используемый на машиностроительных предприятиях (в процессах мойки, покраски, обезжиривания поверхностей и т.д.), на производстве чаще всего осуществляется паром, как контактным способом, так и с помощью погружных труб. Альтернативой пару здесь может выступать сжигание природного газа в погружную трубу, размещенную в растворе, или непосредственно в раствор. Прямой контактный нагрев растворов продуктами сгорания эффективен до температур 65–70 °С.

При этом в раствор выделяется дополнительное тепло от конденсации водяных паров, образующихся при сгорании природного газа. Эффективность использования топлива может достигать 100%. Ограничения на применение этого способа нагрева могут быть связаны с нежелательными реакциями

продуктов сгорания с элементами раствора.

При увеличении температуры раствора большая часть тепла, вносимая продуктами сгорания, теряется за счет испарения из емкости, и может достигать 90% образующегося от сгорания природного газа тепла при температурах близких к 90 °С. Поэтому для температур водного раствора от 70 °С до 100 °С более эффективным способом нагрева является сжигание природного газа в погружную трубу.

Специальное горелочное устройство, расположенное снаружи резервуара, направляет высокоскоростной поток продуктов сгорания в погружную трубу малого диаметра, обеспечивая высокую теплоотдачу к раствору. Остывшие продукты сгорания выбрасываются в дымоход или под вытяжной колпак. Система оборудуется автоматикой безопасности и контроллером температуры. Примером такого горелочного устройства может являться горелка «ImmersoJet» фирмы «Eclipse Combustion».

Система может применяться как для водных растворов, так и солевых расплавов. Эффективность использования топлива в таких системах, в основном, зависит от длины погружной трубы и может составлять 85%.

Используемые системы включают трубы диаметром от 50 до 150 мм при тепловой мощности от 55 до 1000 кВт соответственно.

Этот способ нагрева по сравнению с системой парового обогрева приводит к уменьшению потребления топлива почти в 2 раза. Капитальные затраты на установку обычно окупаются менее, чем за 1 год с момента сдачи системы в эксплуатацию. Преимущества систем газового погружного нагрева:

- эффективность использования топлива 80% и более;
- высокая скорость нагрева: широкий диапазон регулирования (1:10) позволяет устанавливать горелки с избыточной мощностью для быстрого прогрева ванны после выходных и праздничных дней, периодов вынужденных и плановых простоев;
- простота управления тепловой мощностью за счет регулирования расхода газа позволяет точно поддерживать температуру раствора;
- отсутствие потерь, связанных с подводом теплоносителя к производственным объектам.

С целью уменьшения расхода технологического пара (полученного путем сжигания природного газа) на подогрев моюще-обезжиривающих и фосфатирующих растворов можно использовать средства, имеющие хорошие характеристики при температурах раствора 15–30 °С. Например, для очистки и обезжиривания металлических поверх-

ностей из нержавеющей и низколегированных сталей, конструкционных сталей с цинковым и кадмиевым покрытием, алюминиевых сплавов с покрытием и без покрытия, никелевых сплавов, бронзы, меди, олова, а также для очистки деревянных, окрашенных поверхностей, изделий из пластика, резины, стекла, оргстекла, керамики, а также для очистки текстильных, виниловых, ПВХ и других материалов может использоваться моюще-обезжиривающее средство Дэталан.

Аналогом Дэталана при очистке и обезжиривании стальных поверхностей может послужить добавка для химического и электрохимического обезжиривания поверхностей сталей Софэксгал-101 (ТУ РФ 2499-006-42942526-00). Эта композиция представляет собой гомогенизированную смесь поверхностно активных веществ ионогенного и неионогенного типов с высокой моющей способностью. Степень очистки поверхности достаточна даже при комнатной температуре, возрастая с ее повышением. По своим технологическим свойствам превосходит более ранние продукты типа ДХТИ-НТ, КДО, ЦКН-62 и др.

Применение добавки исключает использование органических растворителей, ЛВЖ и биологически жестких поверхностно-активных веществ. В связи с этим процесс с композицией Софэксгал-101 обеспечивает снижение энергозатрат на 50-80%, улучшение условий труда при обезжиривании изделий, увеличение срока службы электролита в три раза.

Уменьшение энергозатрат обеспечивается снижением температуры обезжиривающего раствора до 20-30°C, а улучшение условий труда – отсутствием испарений с зеркала ванны при холодном обезжиривании.

Для антикоррозионной обработки стальных поверхностей перед процессами холодной деформации: штамповки, вытяжки, вальцевания и др., а также для самостоятельной антикоррозионной защиты при межоперационном хранении деталей и изделий может применяться препарат ФП-3. Рекомендуется для замены ванны фосфатирования на основе монофосфата цинка, а также для холодного аморфного фосфатирования поверхности стальных изделий методом распыления или погружения перед нанесением лакокрасочных и порошковых покрытий. Так, для технологических ванн обезжиривания расчётный энергетический эффект от замены моюще-обезжиривающих средств достигает 90%. Такие же значения энергетического эффекта можно достичь при замене фосфатирующих растворов в

технологических ёмкостях фосфатирования.

Системы прямого нагрева воздуха (ПНВ) [3] представляют собой участок воздуховода, внутри которого располагается рамповый горелочный блок. Газопровод с регулирующей и запорной арматурой устанавливается снаружи воздушного канала. В соответствии с требованиями ГОСТ система ПНВ должна оборудоваться автоматикой розжига, контроля пламени и безопасности и системного мониторинга параметров воздуха в рабочей зоне. Принцип действия основан на сжигании природного газа в потоке проходящего воздуха, подаваемого затем на необходимые технологические нужды либо в систему приточно-вытяжной вентиляции. Нагрев воздуха происходит за счет смешения с продуктами сгорания.

Блочно-модульная структура горелочного блока РГ 1000 КМТ позволяет собирать практически любые конфигурации, подходящие практически для всех типов каналов, в широком диапазоне тепловых мощностей: от 100 кВт до 20 МВт. Такие системы рекомендуется использовать там, где по технологии предусмотрен значительный объем приточного воздуха: сварочное производство, покраска, травильные отделения, дробильные фабрики, птичники и т.п. Кроме того системы ПНВ могут быть использованы для устройства тепловых завес, процессов сушки текстиля, бумаги, древесины, зерна, солода, керамики и т.д. Преимущества систем ПНВ по сравнению с традиционными системами:

- высокая надежность теплоснабжения: устраняется опасность замерзания воды, в отличие от традиционных водяных калориферов,
- 100%-ное использование теплоты: все химическое тепло сжигаемого природного газа передается подогреваемому воздуху;
- низкие затраты на установку и эксплуатацию: рамповый горелочный блок легко встраивается в существующие каналы, например, приточно-вытяжной вентиляции. Не требуется специальная камера сгорания, дополнительная футеровка, либо дополнительный вентилятор;
- срок окупаемости системы не более одного отопительного сезона.
- существенное снижение вредных выбросов: смесительные нагреватели отвечают самым строгим требованиям по качеству сжигания газа и уменьшают его расход, полностью исключая потери тепла, присущие котлам и теплотрассам. Суммарные выбросы в атмосферу вредных веществ сокращаются в 2 – 6 раз по сравнению с централизованным теплоснабжением от котельной.



Системы ПНВ идеально подходят для двухстадийной технологии подогрева воздуха, при которой на одной стадии используется газовый нагрев, на другой – за счет водяных калориферов. Этот подход является действительно энергосберегающим, поскольку при сохранении высокой надежности теплоснабжения он позволяет использовать вторичное тепло в виде технологической горячей воды, которое, как правило, сбрасывается в канализацию или окружающую среду.

Для технологического нагрева воздуха, как правило, используют горелки с отдельной подачей воздуха на горение и способные выдерживать более высокие температуры технологического воздуха.

Прямой нагрев воздуха может быть успешно использован в агрегатах для сушки, нагрева, нормализации и т.д., там, где необходим подвод тепла за счет теплоносителя с температурой до 800°C.

Горячий воздух с помощью рециркуляционного вентилятора/дымососа подается в агрегат. Продукты сгорания от сжигания природного газа в специальном горелочном устройстве смешиваются с рециркуляционным воздухом, нагревая его

до требуемой температуры. Отходящий из печи остывший воздух направляется рециркуляционным вентилятором обратно в агрегат после подогрева на горелочном устройстве. В сушилах для удаления влаги часть воздуха из печи сбрасывается в атмосферу.

Такие системы успешно работают в камерах для сушки автомобильных корпусов после покраски, сушилах керамики и кирпичей и т.п.

*Литература*

1. Ганжа В.Л., Горошевич С.Г. Об эффективности использования газопоршневых когенерационных установок//Сб. «Тепло- и массоперенос – 2005». – Мн: ИТМО НАНБ, 2005.
2. Тимошпольский В.И., Трусова И.А., Стеблов А.Б., Павлюченков И.А. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах. – Мн: «Высшая школа», 1992.
3. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Хрестоматия энергосбережения. Книга 2. – М: «Теплоэнергетик», 2003.

## **СТАБИЛИЗАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ПИТАТЕЛЬНОЙ (ПОДПИТОЧНОЙ) ВОДЫ КОТЛОАГРЕГАТОВ, ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ, ВОДОБОРОТНЫХ ЦИКЛОВ ОХЛАЖДЕНИЯ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЭКОНОМИИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

*Пушкарский А.И.*

Правильно и рационально организованный водно-химический режим систем теплоснабжения обеспечивает надежную эксплуатацию всех элементов системы за счет предотвращения образования любых типов отложений на внутренних поверхностях котлов (подогревателей) и трубопроводов тепловых сетей, а также коррозионное повреждение внутренних поверхностей теплоэнергетического оборудования. Неотъемлемой частью правильно организованного водно-химического режима является система постоянного и представительного химического контроля подпиточной и сетевой воды.

Для удовлетворения разнообразных требований к качеству воды возникает необходимость специальной физико-химической обработки природной воды (химводоподготовки), осуществляемой на водоподготовительных установках, имеющих со-

ответствующее аппаратное оформление.

Водоподготовка включает следующие технологические стадии (фазы) обработки воды:

- очистка воды от взвешенных, органических веществ и коллоиднодисперсных соединений железа;
- умягчение или частичная деминерализация;
- удаление из воды агрессивных газов O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>;
- коррекционная обработка.

В последние годы в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения широко используется **стабилизационная обработка подпиточной воды (СОВ)**, реализуемая методом полной стабилизации природной («сырой») подпиточной воды путем добавления комплексонов.

При обработке воды комплексонами удается исключить стадию умягчения воды и стадию удаления агрессивных газов.