

**Результаты оценки схожести вида структурных полей  
« $b_{сут} - t_{сут}$ » подгруппы Министерства промышленности за пятилетний период**

| Подгруппа<br>«Минпром» | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2012 г.                | 1       | 0,7087  | 0,6877  | 0,44143 | 0,60912 |
| 2013 г.                |         | 1       | 0,6407  | 0,44275 | 0,63043 |
| 2014 г.                |         |         | 1       | 0,49634 | 0,59296 |
| 2015 г.                |         |         |         | 1       | 0,39619 |
| 2016 г.                |         |         |         |         | 1       |
| 2017 г.                |         |         |         |         |         |

В целом анализ структурных полей суточного расхода газа для подгруппы «Минпром» указывает на необходимость учета не только температурного фактора при прогнозировании расхода газа, но и других факторов, связанных с промышленным производством, таких как объем выпуска продукции, состав сырья, старение технологического оборудования и др.

Литература

1. Мороз, Д. Р. Региональная система газоснабжения с позиций системного анализа и закономерности ее функционирования / Д. Р. Мороз, Н. В. Грунтович // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергет. об-ний СНГ. – 2018. – Т. 61, № 4. – С. 359–371. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2018-61-4-359-371>
2. The study of structural fields of daily gas consumption of the balance groups of the regional gas supply system // D. Moroz [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 178. – P. 01066. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801066> HSTED-2020

УДК 622.691.5

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ГАЗОВОГО ПЕЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**М. П. Малашенко,**

*РУП «Белинвестэнергосбережение», г. Минск, Республика Беларусь*

**Т. В. Алфёрова, С. Г. Жуковец, В. А. Панасик**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Сформирована информационная база данных по газовому печному оборудованию группы промышленных предприятий, выполнен анализ технологических показателей. Произведена оценка потенциала замещения природного газа электрической энергией печного оборудования при учете КПД исследуемых печей, их загрузки, износа, года ввода печей в эксплуатацию.*

**Ключевые слова:** интеграция, атомная станция, электрические нагрузки, газовые печи, система показателей, износ оборудования, замещение газа.

## ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL INDICATORS OF GAS FURNACE EQUIPMENT

M. P. Malashenko

*RUE "Belinvestenergoberezhnie", Minsk, the Republic of Belarus*

T. V. Alferova, S. G. Zhukovets, V. A. Panasik

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*An information database on gas furnace equipment of a group of industrial enterprises has been formed, and an analysis of technological indicators has been carried out. An assessment was made of the potential for replacing natural gas with electric energy of furnace equipment, taking into account the efficiency of the furnaces under study, their load, wear, and the year the furnaces were put into operation.*

**Keywords:** integration, nuclear plant, electric loads, gas furnaces, measurement system, equipment wear, gas substitution.

С вводом в эксплуатацию БелАЭС возникнет проблема ее эффективной режимной интеграции в баланс энергосистемы (без снижения экономичности и надежности функционирования энергосистемы республики) главным образом в части прохождения ночных провалов нагрузок. Для обеспечения эффективной интеграции АЭС в энергосистему требуется реализация следующих задач:

- увеличение потребления электрической энергии в отраслях экономики и населением;
- выравнивание суточного графика потребления электрической энергии.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 1 марта 2016 г. № 169 утвержден Комплексный план развития электроэнергетической сферы до 2025 г. с учетом ввода Белорусской атомной электростанции. Прямое преобразование электрической энергии в тепловую экономически невыгодно. Поэтому необходимо искать новые пути, методы, технологии, позволяющие снижать потребление импортируемого углеводородного топлива, повышать конкурентность нашей продукции и максимально использовать в технологических процессах электрическую энергию.

Одним из таких направлений является поэтапный переход от технологий, где используется природный газ, – термообработка металла, гальваническое производство, на технологии с использованием электрической энергии.

Произведена оценка потенциала замещения природного газа электрической энергией печного оборудования, что обусловлено необходимостью промышленных потребителей, использующих газовое печное оборудование, ежегодно формировать заявку на природный газ, оценивать и прогнозировать свою энергетическую эффективность в условиях изменения множества факторов, таких как объемы производства продукции, изменение качества сырья, изменение температуры наружного воздуха, выгорание футеровки печного оборудования, внедрение мероприятий по энергосбережению, рост тарифов на природный газ и другие факторы.

Первоначально все печное оборудование (информация по подчиненности) закодировано по принадлежности к предприятию и по региону Беларуси. Для рассмотрения оборудования приняты 10 основных показателей, характеризующих участие в технологическом процессе (далее – техпроцесс) печного оборудования: код предприятия; наименование техпроцесса; марка печи; сменность ее работы; количество технологических циклов в неделю; состав средней партии обрабатываемых деталей;

## Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика 43

обрабатываемые заготовки; количество обработанных в 2020 г. деталей; использовано природного газа, млн. м<sup>3</sup>; удельный расход газа на тонну продукции в 2020 г., кг у. т./т.

Принято 12 показателей, характеризующих состояние термической газовой печи: тип печи; марка печи; мощность печи, кВт; коэффициент полезного действия (КПД) печи, %; фактическая годовая загрузка печи, %; тип футеровки печи; тип горелки; количество горелок, шт.; наличие автоматики техпроцесса; уровень износа печи, %; год ввода печи в эксплуатацию; год проведения капитального ремонта или модернизации.

Рассмотрим основные показатели газового печного оборудования (ПП). На рис. 1 представлена диаграмма КПД газовых печей. Как видно из диаграммы, 34 печи (или 40,4 %) работают с КПД от 50 до 90 %, и 23 печи (27,4 %) работают с КПД от 30 % до 50 % и еще 23 печи имеют КПД от 10 до 30 %. По сведениям технологов предприятий, 41 % печного оборудования имеет загрузку свыше 90 %, и 43 % печного оборудования загружено от 50 до 90 % (рис. 2). Анализ степени износа газовых печей показал, что 38 % выборки имеет степень износа свыше 50 % (рис. 3). Данное печное оборудование должно рассматриваться, в первую очередь, как объект реконструкции или полной замены (если позволяет технология) на электрические печи. Из диаграммы 4 видно, что 57 % газовых печей вводилось в эксплуатацию до 90-х гг. прошлого столетия. То есть данное оборудование однозначно не является энергоэффективным.

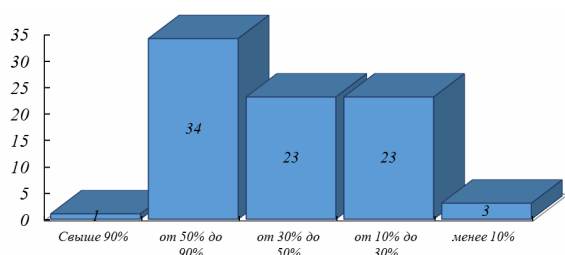


Рис. 1. КПД газовых печей исследуемой группы предприятий

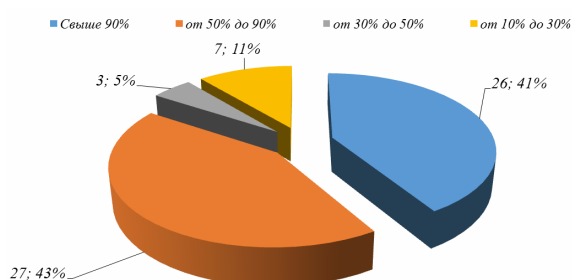


Рис. 2. Загрузка газовых печей

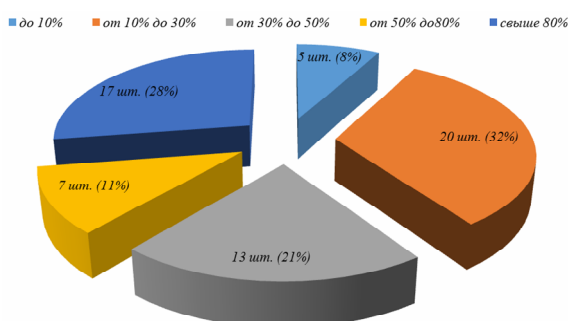


Рис. 3. Износ газовых печей

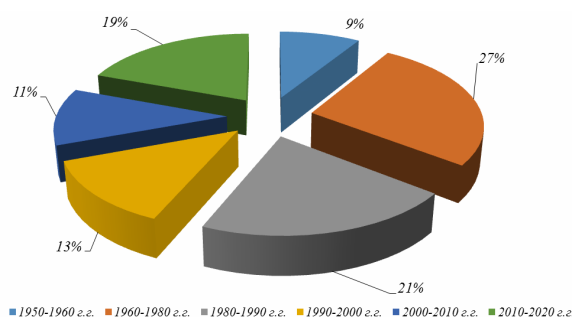


Рис. 4. Год ввода печей в эксплуатацию

#### 44 Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика

Исходя из приведенной структуры износа, КПД, года выпуска газовых печей, можно сказать, что она является характерной для всех газовых печей в секторах металлургии и машиностроения для Республики Беларусь в целом. Согласно аналитическим данным, суммарное потребление природного газа для технологических целей (а это как раз только печное оборудование) составило 260000 т у. т. за 2020 г. Таким образом, возможно оценочно определить мощность электрических печей, которые заместят газовые. Также с учетом сформированной базы данных по 12 показателям, характеризующим состояние термической газовой печи, возможно определить приоритетность и очередность их замены на электрические.

Для определения основных показателей в расчете принят годовой фонд рабочего времени 4000 ч/год, удельный расход условного топлива на производство электрической энергии – 280 г у. т./кВт · ч, КПД электрических печей – в 2 раза выше, чем КПД заменяемых газовых печей.

Результаты укрупненного расчета возможных к замене печей и приоритетности по годам приведены в таблице.

##### Результаты укрупненного расчета возможных к замене печей и приоритетности по годам

| Период ввода, год | Доля замены, % | Потребление природного газа, т у. т./год | Потребление электрической энергии после замещения, тыс. кВт · ч/год | Расчетная установленная мощность, МВт |
|-------------------|----------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1                 | 3,6            | 9286                                     | 16582                                                               | 4,15                                  |
| 2                 | 8,3            | 21667                                    | 38690                                                               | 9,67                                  |
| 3                 | 15,5           | 40238                                    | 71854                                                               | 17,96                                 |
| 4                 | 23,8           | 61905                                    | 110544                                                              | 27,64                                 |
| 5                 | 1,2            | 3095                                     | 5527                                                                | 1,38                                  |
| <i>Итого</i>      | –              | 136190                                   | 243197                                                              | 60,80                                 |

Таким образом, перспективной замене подлежит 52,4 % парка газового печного оборудования, при этом объем сокращения импортируемого природного газа составит 136,2 тыс. т у. т., объем увеличения потребления электрической энергии – 243,2 млн кВт · ч, суммарная установленная мощность – 60,8 МВт.

УДК 622.691.5

#### ИНТЕГРАЦИЯ БелАЭС В ОБЪЕДИНЕННУЮ ЭНЕРГОСИСТЕМУ И ПОТРЕБЛЕНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРЕДПРИЯТИЯМИ МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ

М. П. Малащенко

*РУП «Белинвестэнергосбережение», г. Минск, Республика Беларусь*

*Интеграция АЭС во многом изменит структуру баланса электрических мощностей ОЭС Беларуси. Если проблема регулирования суточного графика нагрузок особенно остро встает в отопительный период, то с вводом АЭС мощностью 2400 МВт проблема суточного регулирования будет наблюдаться и в межотопительный период. Приводятся допол-*