

# Дослідження проблем кінематики, динаміки, міцності та надійності машин і їх вузлів

УДК 662.741

## **ОБ ИЗМЕНЕНИИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ВЫБРОСОПАСНЫХ УЗЛОВ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ**

**Парфенюк А. С., Алексеева О.Е., Третьяков П.В.**  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

### **Введение**

Главные требования к техническим объектам – это надежность, экономичность и минимально возможное загрязнение окружающей среды. Тепловые агрегаты традиционной конструкции (коксовые, доменные, стекловаренные печи и т.д.) пока еще в недостаточной мере отвечают современным нормам по этим характеристикам, а рост их единичной мощности, наряду с положительными результатами, связан с увеличением материальных потерь и экологического ущерба при отказах, простоях и ремонтах. В связи с этим особую актуальность имеет научное обоснование путей повышения надежности наиболее опасных зон и узлов тепловых агрегатов.

### **Основное содержание работы**

В коксовых печах такими опасными узлами являются наиболее сложные конструктивные элементы: крышки, люки, узлы загрузки и выгрузки сырья и продукта, отвода, подвода газов, контроля, очистки, ремонта и т.д. (рис. 1).

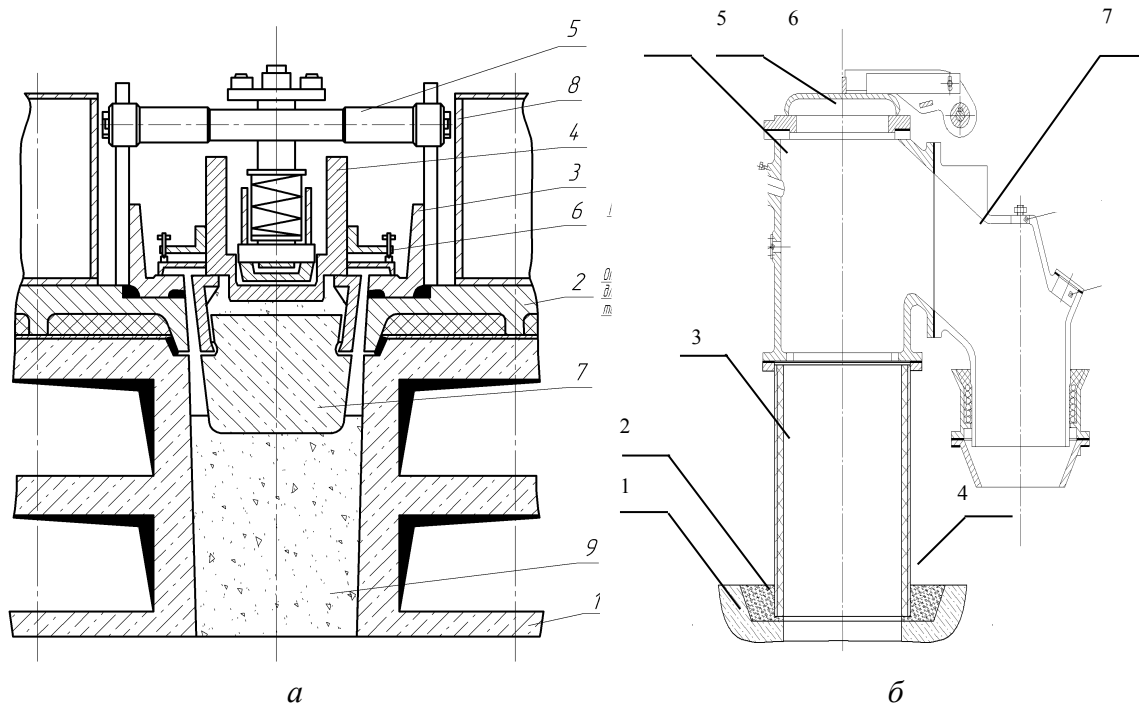


Рис. 1. Выбросоопасные узлы коксовых печей:

- а)* узел элементов придверной зоны: 1- кладка отопительных каналов; 2 - брони; 3 - рама; 4 - корпус двери; 5 - ригельный затвор; 6 - уплотняющая рамка; 7 - футеровка двери; 8 - анкерные колонны; 9 - перерабатываемый материал

б) узел газоотводящего люка: 1 - кладка перекрытия печи; 2 - гнездо; 3 - труба; 4 - футеровка стояка; 5 - тройник; 6 - крышка; 7 - колено

По конструктивным признакам опасные узлы коксовой печи сведены к двум обобщенным схемам (рис. 2): типа «крышка» – для разъемных соединений и «труба в кладке» – для неразъемных [1].

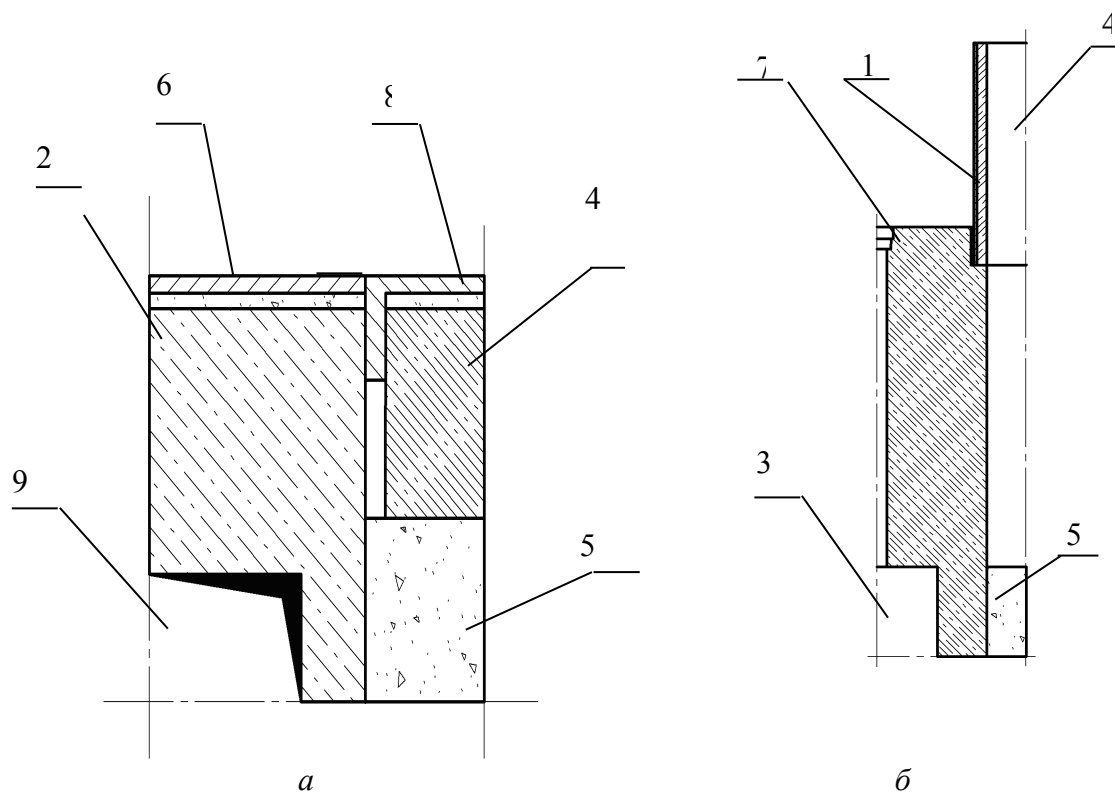


Рис. 2. Расчетные схемы выбросоопасных узлов: а) узел типа «крышка», б) узел типа «труба в кладке»: 1 - труба, 2 - кладка печи, 3 - окно рециркуляции, 4 - футеровка, 5 - перерабатываемый материал, 6 - армированные кладки, 7 - кладка перекрытия, 8 - крышка, 9 - отопительный канал

Как правило, изменение герметичности этих узлов приводит к нарушению стабильного протекания технологического процесса, температурного режима в зоне разрушения и, как следствие, разрушению огнеупорной футеровки теплового агрегата.

Ресурс футеровки придверной зоны составляет около двух лет ( $\approx 1000$  печевыдач). При разрушении футеровки возрастают термические напряжения в металлоконструкции двери, происходит ее коробление, нарушается герметичность и происходит дальнейшая эскалация разрушений остальных элементов [1]. Этому соответствует повышение скорости образования дефектов кладки простенков (рис. 3), интенсивное растрескивание и скалывание кирпичей кладки. Дальнейшее накопление и увеличение сколов приводит к образованию раковин. Данный вид дефектов является главной причиной образования критических повреждений – провалов кладки, особенно в верхних зонах простенков.

Для анализа технического состояния выбросоопасных узлов с целью предотвращения появления критических ситуаций, своевременного устранения дефектов и неже-

лательных явлений предложены критерии технического состояния тепловых агрегатов [2].

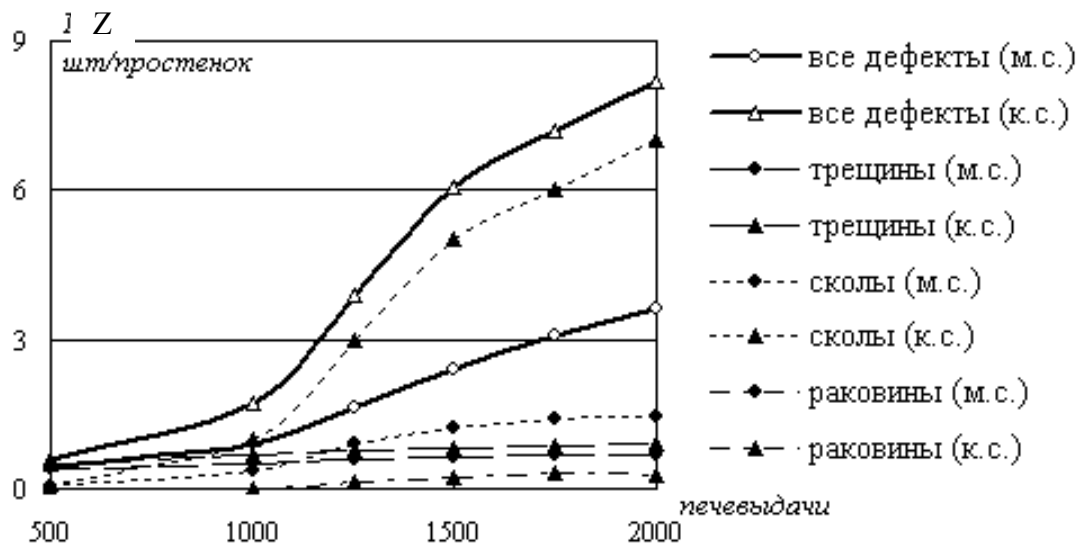


Рис. 3 Изменение количества дефектов  $Z$  с машинной (м.с.) и коксовой стороны (к.с.) батареи коксовых печей в процессе эксплуатации

Их количество определено количеством параметров процесса потери функциональных свойств – пределом прочности на растяжение  $\sigma^*$  (для огнеупорных элементов) или пределом текучести  $\sigma_t$  (для металлических элементов) и удельной утечкой среды  $Q$  через единицу периметра за единицу времени. В общем виде эти критерии представляют собой следующее:

$$\sigma_{i=1..n}^m \leq \sigma^* \cdot K_\sigma ; \quad (1)$$

$$Q_{ПДВ} \geq \left( \frac{\Delta p B}{\mu} \right) K_Q , \quad (2)$$

где  $\sigma^m$  – механические напряжения в элементах,  $\Delta p$  - перепад давления между внутренней и внешней средой;  $\mu$  - динамическая вязкость газовых выбросов,  $B$  - площадь зазора, возникающего в соединении элементов,  $K_{\sigma^*}, K_Q$  - функции, учитывающие влияние на прочность и герметичность узла факторов разрушения (температурного, механического, эксплуатационного).

В общем виде критериальные функции представляют собой регрессионные уравнения. Коэффициенты регрессионных уравнений получены путем экспериментальных исследований изменения предела прочности материала элементов и герметичности соединений в процессе эксплуатации коксовых печей, а данные о температурном и напряженно-деформированном состоянии элементов коксовой печи получены в результате реализации математической модели распределения температур и механических напряжений в сечении рассматриваемых узлов [3].

Путем расчета элементов и соединений по критериям технического состояния (1, 2) [4] определены предельные значения критериальных функций, при которых гарантирована безотказная работа элементов и соблюдение санитарных нормативов по

выбросам. Линии предельных значений функций  $K_{\sigma^*}$ ,  $K_Q$  представлены на графиках (рис. 4).

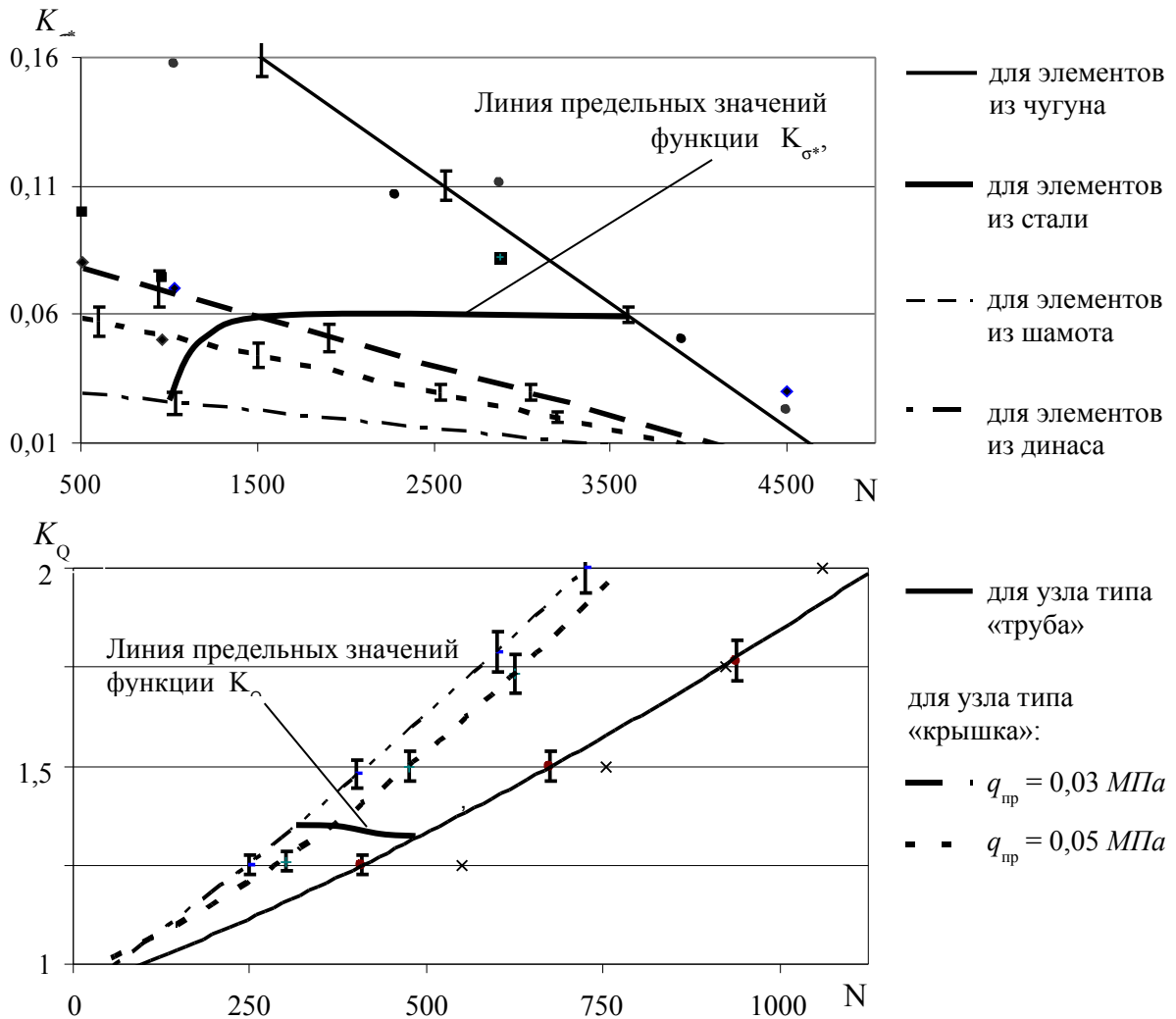


Рис. 4. Зависимости критериальных функций  $K_{\sigma^*}$ ,  $K_Q$  от числа печевыдач  $N$  и усилия прижатия герметизирующих элементов  $q$

Наиболее существенное влияние температурных перепадов, механических нагрузок, воздействие агрессивной среды при высоких температурах сказывается на соединениях типа «крышка» с недостаточным для обеспечения герметичности усилием прижатия ( $q_{пр} = 0,03$  МПа). В период работы печи с 3000 по 4000 циклов печевыдач  $K_Q$  для этих соединений возрастает в 1,8-2 раза, а после 4000 циклов эксплуатации – в 2-2,5 раза. Для узлов типа «труба в кладке» на начальном этапе эксплуатации печи значения функции  $K_Q$  в 2-3 раза ниже, чем для узлов типа «крышка». Только после 3000 – 4000 циклов под воздействием факторов разрушения утечка через соединение узла типа «труба» увеличивается в 2 – 2,5 раза.

Установлено, что при отклонении от нормального режима эксплуатации и отсутствии восстановлений опасных узлов тепловых агрегатов после 500 циклов эксплуатации в элементах появляются неработоспособные участки, а при достижении 2000 циклов печевыдач произойдет потеря функциональных свойств для всех элементов - крышек, люков, узлов загрузки и выгрузки сырья и продукта.

Для увеличения продолжительности периода безотказной работы элементов необходимо повысить значения критериальной функции  $K_{\sigma^*}$  и уменьшить значения  $K_Q$ .

Для этого необходимо перейти к новым условиям эксплуатации тепловых агрегатов, а значит предотвратить появление событий, нарушающих функционирование узла (рис. 5).

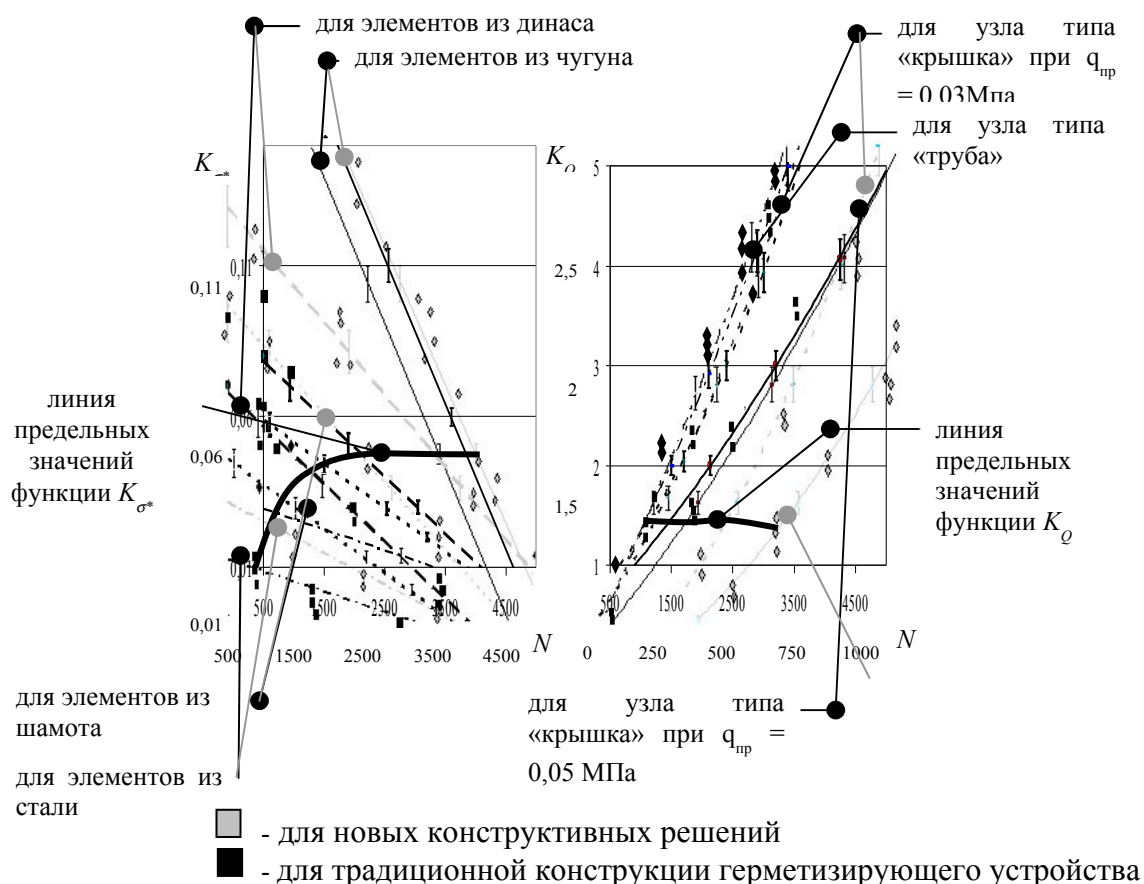


Рис. 5. Изменение значений критериальных функций  $K_{\sigma^*}$ ,  $K_Q$  в зависимости от количества печевыдач  $N$  и и усилия прижатия герметизирующих элементов  $q_{np}$  в различных условиях эксплуатации

Анализ результатов расчета элементов выбросоопасных узлов по критериям (1), (2) показал, что предотвращение, прежде всего, таких событий как загрязнение поверхностей смолистыми продуктами коксования, горение газов на поверхности агрегата, конструктивные изменения элементов (увеличение длины головки простенка на 50 - 100 мм, использование крупноблочной футеровки металлических элементов), обеспечение самоцентрирования люков и дверей теплового агрегата, приведет к уменьшению численных значений температурных, механических нагрузок, уменьшению скорости поверхностного разрушения элементов, сведет к минимуму величину зазора между крышкой и рамой узла [3].

Расчет критериальных функций с учетом изменения значений механического, температурного и эксплуатационного факторов показал, что для различных элементов в период 1000 – 5000 циклов работы  $K_{\sigma^*}$  увеличивается в 1,2 – 1,8 раза;  $K_Q$  в период с 500 – 5000 циклов уменьшается в 1,5 – 2 раза.

Расчет элементов узлов по критериям технического состояния (1), (2) с критериальными функциями  $K_{\sigma^*}$  и  $K_Q$  в новых условиях показала, что количество и размеры низконадежных зон в узлах резко сократилось. Неработоспособные участки появятся в узле только после 4000 циклов. Это кладка первого отопительного канала и поверхность футеровки (50-70 мм). Продолжительность периода безотказной работы таких элементов как корпус двери, кладка огнеупорных элементов придверной зоны, элементов армирования увеличится свыше 5000 циклов. При эксплуатации коксовой батареи с отклонением от нормального режима нарушение санитарных нормативов по выбросам произойдет после 400 циклов печевыдач. Для того чтобы увеличить продолжительность периода герметичной работы выбросоопасных узлов типа «крышка», необходимо в процессе работы батареи обеспечивать интенсивность прижатия двери на уровни  $q = 0,05 \div 0,07$  МПа.

### Выводы

Исследование закономерностей изменения критериальных функций каждого элемента узла позволило:

- определить периоды безотказной работы наиболее ненадежных элементов, а также предельные значения критериальных функций для каждого элемента и типа узла, при которых гарантирована безотказная работа (для элементов из шамота  $K_{\sigma^*} \geq 0,025$ , для элементов из динаса  $K_{\sigma^*} \geq 0,053$ , для чугунных и стальных элементов  $K_{\sigma^*} \geq 0,06$ ), а также соблюдение санитарных нормативов по выбросам (для узла типа «крышка»  $K_Q \leq 1,4$ , для узла типа «труба»  $K_Q \leq 1,3$ );

- обосновать эффективность применения разработанных технических решений для повышения надежности и герметичности тепловых агрегатов;

- установить, что использование в устройствах уплотнения дверей и люков тепловых агрегатов упругих пластин (патенты N 52037, N 54132 Украины), применение шамотной теплоизоляции динасовой кладки толщиной 50-100 мм, футеровка металлических элементов крупноразмерными огнеупорными блоками увеличивает продолжительность герметичной работы соединений с 400 до 5000 циклов печевыдач, а также продолжительность периода безотказной работы элементов: с 2000 до 4000 циклов для футеровки свыше 5000 циклов печевыдач для металлических элементов узла и средней части кладки простенка.

**Список литературы:** 1. Парфенюк А.С. Продление ресурса агрегатов путем предотвращения развития трещин в элементах конструкций / А.С. Парфенюк, П.В. Третьяков, Е.Д. Костина // Защита металлургических машин от поломок. – Мариуполь, 2003. – Вып. 7. – С. 110-113. 2. Алексеева О.Е. Оценка работоспособности тепловых агрегатов при проектировании // Защита металлургических машин от поломок. – Мариуполь, 2003. – Вып. 7. – С. 178-183. 3. Власов Г.А., Топоров А.А., Алексеева О.Е., Захаров П.А., Бритов Н.А., Ткаченко В.Н., Карпов В.С. Анализ температурных условий работы уплотнительных устройств дверей коксовых печей (Сообщение 2) // Кокс и химия. – 2002. – № 9. – С.43-45. 4. Алексеева О.Е., Третьяков П.В. Экологическая безопасность коксовых батарей: проблемы и решения // «Экологические проблемы индустриальных мегаполисов». Материалы III международной научно-практической конференции-выставки в г.Донецке 23-27 мая 2006 г. – Донецк, 2006. – С. 255 - 257.

ПРО ЗМІНУ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНИХ ВУЗЛІВ  
ТЕПЛОВИХ АГРЕГАТІВ

Парфенюк О.С., Алексєєва О.Е., Трет'яков П.В.

Для оцінки надійності небезпечних вузлів теплових агрегатів запропоновано комплексні критерії, в яких об'єднані параметри технічного стану вузлів, а також функції, що відображають ступінь впливу експлуатаційного, механічного, температурного чинників на процес розгерметизації і втрати функціональних властивостей елементами агрегату.

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ВЫБРОСООПАСНЫХ УЗЛОВ  
ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

Парфенюк А.С., Алексеева О.Е., Третьяков П.В.

Для оценки надежности выбросоопасных узлов тепловых агрегатов предложены комплексные критерии, в которых объединены параметры технического состояния узлов, а также функции, отражающие степень влияния эксплуатационного, механического и температурного факторов на процесс разгерметизации и потери функциональных свойств элементами агрегата.

ABOUT CHANGE OF TIGHTNESS OF THE DANGEROUS FOR EMISSION  
ASSEMBLIES OF THERMAL UNITS

Parfenyuk A.S., Alekseeva O.E., Tretyakov P.V.

To estimate reliability of thermal units it is offered complex criteria in which parameters of the technical state of assemblies and also the functions reflecting a degree of effect operational, mechanical and temperature factors on process of a depressurization and loss of functional properties of the unit elements are integrated.

*Рецензент: д.т.н., проф. Седуш В.Я.*