

## **ВІДГУК**

Офіційного додаткового опонента на дисертаційну роботу  
**ІБРАГІМОВА МЕХМАНА САЯДУЛЛА ОГЛИ**  
**«Удосконалення обслуговування устаткування доменного цеху  
шляхом діагностування його технічного стану»,**  
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва»

### **1. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Тема дисертаційною роботи, безумовно, є актуальною, оскільки націлена на зменшення експлуатаційних витрат при виробництві чавуну. Ця мета досягається за рахунок оптимізації системи технічного обслуговування і ремонту механічного устаткування. Здійснюється перехід від нормативно-превентивної стратегії до змішаної стратегії використання обладнання. Така форма є проміжною на шляху до застосування повної стратегії ремонту за фактичним технічним станом. Особливу вагомість роботі надає поставлене в ній завдання дослідити можливість подовження кампанії доменної печі понад 25 років. Така мета відповідає концепціям, закладеним в програмі «Індустрія 4.0», а також принципам «зеленої металургії».

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Зміст роботи відповідає напряму наукової діяльності кафедри «Машини і агрегати металургійного виробництва» Національної металургійної академії України – «Технічне обслуговування та діагностування механічних систем за контролем їх безпеки та ризика». В основу дисертації покладені результати наукових досліджень, які виконувалися на кафедрі в межах бюджетних науково-дослідних робіт.

### **2. Основні наукові положення, результати, висновки та рекомендації, їх новизна, ступінь обґрунтованості та достовірності**

Теоретичні дослідження виконані при коректному застосуванні фундаментальних закономірностей і аналітичних методів математичної статистики і ризик-аналізу, теорії технічного обслуговування, теорії надійності складних технічних систем. Достовірність експериментальних даних забезпечується використанням сучасних засобів і методик досліджень. Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів, висновків і рекомендацій підтверджується коректністю постановки задач на підставі всебічного аналізу та узгодженості вихідних даних, застосуванням апробованих теоретичних методів з урахуванням загальноприйнятих чи обґрунтованих припущень. Обґрунтованість математичних моделей опору втомі і руйнуванню, циклічного зміцнення і твердості базується на сходимості результатів лабораторних і промислових досліджень з прогнозними розрахунками.

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-технічна задача удосконалення технічного обслуговування доменного комплексу шляхом впровадження змішаної стратегії використання устаткування,

складовою частиною якої є алгоритм визначення залишкового ресурсу елементів кожуху доменної печі, що у підсумку призвело до зменшення експлуатаційних витрат та підвищення безпеки.

### **3. Значення отриманих у дисертації наукових та прикладних результатів для науки та практики**

Отримана можливість визначати показники безпеки експлуатації механічної системи за результатами прогнозування ресурсу окремих елементів системи. Це можна вважати найбільш вагомим результатом в науково-прикладному аспекті.

Результати дисертаційної роботи випробувані та впроваджені на доменних печах ПрАТ «Дніпровський металургійний завод».

Результати теоретичних і експериментальних досліджень дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі «Машини і агрегати металургійного виробництва» НМетАУ при викладанні дисциплін «Експлуатація та обслуговування машин», «Технічна діагностика металургійного устаткування», «Несучі конструкції устаткування» та при виконанні випускних кваліфікаційних робіт бакалаврів та магістрів спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування».

### **4. Загальна характеристика змісту дисертації**

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів з висновками по кожному розділу, загальних висновків, переліку використаних літературних джерел та додатків.

**Перший розділ** присвячено дослідженню сучасних тенденцій обслуговування металургійного обладнання. Це не є огляд в загальноживаному способі, оскільки в тут є велика складова оригінальних інтерпретацій. Віддається перевага ймовірнісно-фізичним методам надійності перед математико-статистичними.

Проведено аналіз двох катастрофічних аварій доменних печей, які закінчилися їх повним знищенням. Розроблено сценарій цих аварій у вигляді дерева відмов. На їх підставі доведено, що збитки від аварій, фактично, кладуться на експлуатаційні витрати. Тому їх зменшення пов'язане із контролем ризику.

**У другому розділі** теоретично обґрунтовано принцип зменшення ризику з часом експлуатації за рахунок переведення раптових відмов у відмови поступового типу, а також за рахунок збільшення кількості елементів, що діагностуються. Це дозволило автору підтвердити пропозицію про позитивний вплив інспекцій на збільшення терміну експлуатації кожухів доменних печей.

**У третьому розділі** комплексні дослідження службових властивостей сталі 09Г2С після довготривалої експлуатації в конструкції кожуху доменної печі об'ємом 1030 м<sup>3</sup>. Доведено, що ця сталь залишає достатню несучу здатність і може слугувати ще певний проміжок часу. Запропоновано спосіб визначення пошкодження сталі шляхом вимірювання твердості поверхні.

Причому у якості діагностичного параметра використовується коефіцієнт варіації твердості за Брінелем.

У **четвертому розділі** розроблено алгоритм прогнозування довговічності елементів кожуху до появи тріщини. Після цього відбувається об'єднання окремих показників надійності в загальний індекс безпеки всього кожуху, на підставі якого оцінюється технічний стан. Показана можливість експлуатації сталі 09Г2С в умовах кожуху доменної печі понад 25 років.

У **п'ятому розділі** показано, що успішне функціонування системи ТОіР в доменному комплексі можливо при її організації на основі змішаних (комбінованих) експлуатаційних стратегій. Ефективність застосування змішаної стратегії підтверджується тим, що за її умов показники простоїв і тихих ходів майже в 3 рази нижче, ніж в середньому по Україні і відповідають світовій практиці. Показано, що доцільність розробленої системи ТОіР також видна з динаміки зміни показників: від моменту її впровадження відносний час простоїв і тихих ходів знизився більш, ніж в 2 рази.

## **5. Конкретні напрями використання одержаних наукових і прикладних результатів роботи**

Результати роботи використані Дніпровським металургійним заводом для зменшення витрат на технічне обслуговування і ремонт устаткування доменного комплексу, а також реалізовані в навчальному процесі Національної металургійної академії України та інших ВНЗ, які здійснюють підготовку спеціалістів відповідного профілю.

## **6. Повнота викладення в опублікованих роботах основних наукових і прикладних результатів дисертаційної роботи**

Основні результати, отримані у дисертації, опубліковано у 19 наукових працях, в тому числі: 4 статті у наукових фахових виданнях, затверджених ДАК МОН України; 1 стаття опублікована у виданнях, що індексується у міжнародній науково-метричній базі Scopus; 3 статті опубліковані у виданнях, що індексуються у міжнародних науково-метричних базах (Index Copernicus, Google Scholar); 2 монографії; 3 патента України; 6 матеріалів праць і тез науково-технічних конференцій.

## **7. Основні недоліки роботи, яка захищається. Оцінка в цілому змісту роботи, її завершеності, головні недоліки в частині оформлення**

1. При дослідженні залишкового ресурсу кожуху багато уваги приділено властивостям основного матеріалу, з якого кожух виготовлено. Але в кожусі багато зварних швів, які є джерелом тріщиноутворення. Не ясно, як вони будуть впливати на надійність кожуху при подовженні його ресурсу.

2. Як правило, руйнування в кожусі розпочинається із зон локалізації деформацій або концентрації напружень. В той же час, моделі опору втомі отримано на гладких зразках за умов відсутності концентрації. Тому мабуть

їх некоректно розповсюджувати, наприклад, на зону отворів під кріплення холодильників, звідки досить часто починається руйнація.

3. Дисертація та автореферат написано грамотною технічною мовою. Але на жаль, іноді трапляються невдалі формулювання з точки зору української стилістики, на кшталт «крапка перетинання», «контрольна крапка» (с.7,8 автореферату).

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. В цілому робота є завершеною науковою працею, характеризується наявністю елементів наукової і технічної новизни одержаних результатів. Дисертація написана технічно грамотно. Зміст дисертації відповідає спеціальності, за якою автор захищається.

### **8. Ідентичність автореферату щодо змісту дисертації**

Автореферат повністю відповідає змісту дисертації і розкриває основні наукові та практичні результати.

### **9. Загальні висновки**

Дисертаційна робота Ібрагімова Мехмана Саядулла огли за рівнем теоретичних і експериментальних досліджень є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності дозволяють вирішити важливу задачу – зменшення витрат на технічне обслуговування і ремонт устаткування доменного комплексу шляхом впровадження змішаної стратегії використання обладнання, складовою частиною якої є алгоритм визначення залишкового ресурсу елементів кожуху доменної печі

За напрямком проведених досліджень дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва».

Дисертація за науковим рівнем, практичним значенням отриманих результатів, об'ємом, змістом, оформленням відповідає вимогам пункту 8 «Положення про порядок присудження наукових ступенів», а її автор Ібрагімов Мехман Саядулла огли заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва».

Офіційний опонент:  
доктор технічних наук, професор  
Національної металургійної  
академії України

В.А. Чеченєв

Підпис Чеченєва В.А. засвідчую:  
Начальник відділу кадрів  
Національної металургійної  
академії України



В.С.Шифрін