

РЕЗЮМЕТА
НА ОСНОВНИТЕ РЕЗУЛТАТИ
И НАУЧНИТЕ ПРИНОСИ
НА ДОЦ. Д-Р ИНЖ. ЕМИЛ ГЕОРГИЕВ МИХАЙЛОВ,
ЗА УЧАСТИЕ В КОНКУРС ЗА АКАДЕМИЧНА
ДЛЪЖНОСТ "ПРОФЕСОР"

**Резюметата на основните резултати и научните приноси
са групирани в десет тематични направления:**

Тематично направление 1.

Изследване на процесите на редукиционно преработване на прахообразни суровини в обема на плазмена дъга-“тръба”.

Тематично направление 2.

Повишаване на енергийната ефективност и създаване на технология за управление на комплекса „непрекъснато разливане – прокатен стан”

Тематично направление 3.

Изследване на процесите на горене и подобряване на енергийната ефективност на нагревателни пещи

Тематично направление 4.

Изследване на топлообмена и подобряване на енергийната ефективност на електродъгови стоманодобивни агрегати

Тематично направление 5.

***Цикъл статии, които могат да бъдат разглеждани като монографичен труд* на тема: “Изследване на състоянието на изолацията на металургични агрегати с помощта на инфрачервени термографски камери”**

Тематично направление 6.

Приложение на инфрачервената термография за диагностика на състоянието на изолация на високотемпературно оборудване

Тематично направление 7.

Приложение на инфрачервената термография при предсказващо поддържане на технологични обекти

Тематично направление 8.

Обучение по топлинна ефективност и диагностика чрез комбиниране на математично моделиране и термовизия

Тематично направление 9.

Публикации в областта на моделиране на хидроднамични процеси и газифициране на биомаса

Тематично направление 10.

Други публикации в областта на развитие на потенциала на университетите

Монографичен труд, свързан с публикации от тематично направление 2.

ТЕМАТИЧЕН СПИСЪК
на научните трудове
на доц. д-р инж. Емил Михайлов
по конкурс за “професор”

ТЕМАТИЧНИ НАПРАВЛЕНИЯ

(в скоби са представени номерата на статиите от хронологичния списък)

Тематично направление 1.

Изследване на процесите на редукиционно преработване на прахообразни суровини в обема на плазмена дъга-“тръба” – 3 бр.

- 1.1. (A.9.) Angelova V., M. Mihovsky , V. Petkov, *Em. Mihailov*, Technological Parameters of Transferred DC “Tubular” Plasma Arc, Elektrowarme International, 1, 2006, pp. 48-50.
- 1.2. (A.11.) Angelova V., M. Mihovsky, V. Petkov, *Em. Mihailov*, V. Hadzhyski , Mathematical Modeling of Particles Heating in Transferred DC “Tubular” Plasma Arc, International Virtual Journal, “Machines, Technologies, Materials”10-11, 2008, pp. 48-50.
- 1.3. (A.12.) Angelova V., M. Mihovsky, V. Petkov, *Em. Mihailov*, Experimental Investigations on Particles Heating in Transferred DC “Tubular” Plasma Arc, International Virtual Journal, “Machines, Technologies, Materials”1-2, 2009, pp. 19-22.

Тематично направление 2.

Повишаване на енергийната ефективност и създаване на технология за управление на комплекса „непрекъснато разливане – прокатен стан”-7бр.

- 2.1. (A.10.) *Mihailov Em.*, V. Petkov, Surface Thermocyclic Recurrence in Steel Slab Continuous Casting, Journal of University of Chemical Technology and Metallurgy, 41, 1,2006, pp. 65-68.
- 2.2. (A.43.) *Михайлов Ем.*, В. Петков, Ангел Велчев, Определяне на параметрите на охлаждащата система при непрекъснато разливане на сляби, Сборник доклади: X та национална конференция по металургия с международно участие, ISBN 9789549205213, Варна, 28-31 май, 2007 г
- 2.3. (A.1.) *Mihailov Em.*, V. Petkov, Cooling Parameters and Heat Quantity of the Metal During Continuous Casting of Blooms, International Review of Mechanical Engineering (I.RE.M.E.), Vol. 4, No2, February 2010, pp.176-184 (IF 6,46)
- 2.4. (A.3.) *Mihailov Em.*, V. Petkov, M.Ivanova, Determination of cooling parameters during continuous casting of blooms. Structural Integrity and Life, Vol. 10, No 3, 2010, pp. 215-218. (IF 0,342)
- 2.5. (A.34.) *Mihailov Em.*, V.Petkov, A. Velchev, M.Ivanova, Thermal Efficiency Of Blocks’ Hot Charging in Reheating Furnaces, Proceedings of the V Congress of the Metallurgists of Macedonia, ISBN 978-9989-9571-4-7, Ohrid , Macedonia, 17-20 September, 2008.

- 2.6. (A.9.) *Михайлов Ем.*, Технология за управление на комплекса „Непрекъснато разливане – прокатен стан“, сп. „Автоматика и информатика“, (под печат), 2014.
- 2.7. (A.33.) *Mihailov Em.*, V. Petkov, M. Ivanova, Bl. Stoyanova, Possibilities for Increasing Energy Efficiency with Integration of Technological Processes in Ferrous Metallurgy, Thermal Science, 2014 (in print). (IF 1,45)

Тематично направление 3.

Изследване на процесите на горене и подобряване на енергийната ефективност на нагревателни пещи – 4 бр.

- 3.1. (A.18.) Декова Л., М. Сотирова, В. Петков, *Ем. Михайлов*, Изследване на промишлени горивоизгарящи устройства, "Инженерни науки" БАН, No.4, 2006, стр. 65-74.
- 3.2. (A.41.) Петков В., *Ем. Михайлов* М. Петрова, Изследване на аеродинамиката, температурното и концентрационно поле в нагревателни пещи, Международен семинар "Металургична топлотехника ", 3-4 ноември 2003, стр. 221-230.
- 3.3. (A.44.) Кънева М., В. Петков, *Ем. Михайлов*, С. Иванова, Моделиране на процесите на горене в газов факел, Сборник доклади: X-та национална конференция по металургия с международно участие, Варна, ISBN 978-954-92052-1-3, 28-31 май, 2007 г.
- 3.4. (A.40.) *Михайлов Ем.*, В. Петков, А. Велчев, Ст. Люцканов, Възможности за намаляване на топлинните загуби през свода на нагревателни пещи, Международен семинар "Металургична топлотехника", 3-4 ноември 2003, стр. 187-197

Тематично направление 4.

Изследване на топлообмена и подобряване на енергийната ефективност на електродъгови стоманодобивни агрегати – 3 бр.

- 4.1. (A.42.) *Михайлов Ем.*, А. Велчев, П. Попгеоргиев, М. Иванова, Термична ефективност на свръхмощна електродъгова пещ, Сборник доклади: X-та национална конференция по металургия с международно участие, Варна, ISBN 978-954-92052-1-3, 28-31 май, 2007 г.
- 4.2. (A.28.) *Михайлов Ем.*, В.Петков, К.Бошнаков, Изследване на технологичните параметри на процесите на добиване и обработка на стоманата, Научни известия на НТЦМ, ISSN 1310-3946, XX, 1(130), 2012, стр. 129-132.
- 4.3. (A.15.) *Mihailov Em.*, P. Popgeorgiev, C. Iwuji, An Effect of Heat Insulation Parameters on Thermal Losses of Water-Cooled Roofs for Secondary Steelmaking Electric Arc Furnaces, Metallurgy and New Materials Researches, Vol. XXI, No. 4/2013, pp. 51-60.

Тематично направление 5.

Цикъл статии, които могат да бъдат разглеждани като монографичен труд на тема: "Изследване на състоянието на изолацията на металургични агрегати с помощта на инфрачервени термографски камери" – 10 бр.

- 5.1. (A.45.) *Михайлов Ем.*, В. Петков, К.Бошнаков, Пасивна инфрачервена термография за диагностика на топлоенергийни обекти, Трудове на международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", 12-13. 10. 2010, стр. 65-68.
- 5.2. (A.47.) *Михайлов Ем.*, В. Петков, К.Бошнаков, Активна инфрачервена термография за откриване на дефекти в топлоенергийни обекти, Трудове на международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", 12-13. 10. 2010, стр. 73-76.
- 5.3. (A.15.) *Михайлов Ем.*, В. Петков, А. Велчев, М. Иванова, Диагностика на състоянието на огнеупорната изолация на високотемпературно оборудване, Научни известия на НТСМ, ISSN1310-3946, XVI, 1 (111) Юни 2009, 285-291.
- 5.4. (A.20.) *Михайлов Ем.*, В. Петков, и К.Бошнаков, Моделно базирана диагностика на състоянието на огнеупорната изолация на електродъгова стоманодобивна пещ, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XVII, 5(115), 2010, 357-363.
- 5.5. (A.22.) Петков В., *Ем. Михайлов* и К.Бошнаков, Диагностика на състоянието на свода на нагревателна пещ, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XVII, 5(115), 2010, 364-370.
- 5.6. (A.30.) *Михайлов Ем.* В.Петков, К.Бошнаков, Т. Гинчев, В. Хаджийски, Оценка на състоянието на огнеупорната изолация на конверторни агрегати в цветната металургия, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XXI, 2(139), 2013, pp.309-312.
- 5.7. (A.27.) Петков В., *Ем. Михайлов* и К.Бошнаков, Изследване на разрушения във фугите при инфрачервена диагностика на високотемпературна изолация, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XIX, 5(121), 2011, стр. 68-72
- 5.8. (A.2.) *Mihailov Em.*, V.Petkov, Model Based Diagnosis of Ladle Refractory Lining, Structural Integrity and Life, Vol. 10, No 3, 2010, pp.215-218. (IF 0,342)
- 5.9. (A.53.) *Михайлов Ем.*, В. Петков, Определяне на топлофизически константи и верификация на математични модели за диагностика на металургични обекти, 19-ти Международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", Хотел „Жеравна“ – Баня, 10-11.11.2011 г., стр. 71-74.
- 5.10. (A.46.) Петков В., *Ем. Михайлов*, К.Бошнаков, Обратни задачи в диагностиката на повреди в изолацията на металургична кофа. Трудове на международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", 12-13. 10. 2010, стр.69-72.

Тематично направление 6.

Приложение на инфрачервената термография за диагностика на състоянието на изолация на високотемпературно оборудване -12 бр.

- 6.1. (A.38.) *Mihailov Em.* and V. Petkov, "Case-Based Approach for Diagnosis of Metallurgical Ladle Lining", Proceedings of The 4th International Conference Processing and Structure of Materials, Palic, Serbia, 27-29 May 2010.
- 6.2. (A.48.) Хаджийски М., *Ем. Михайлов*, В. Петков, Он-line инфрачервена диагностика на изолацията на металургична кофа, работеща в периодичен режим, Трудове на Юбилейната научна конференция с международно участие „40 години катедра „Автоматизация на производството”“ 18.03.2011, София, стр. 95-98.
- 6.3. (A.49.) *Михайлов Ем.*, К. Бошнаков, В. Петков, Оценка на състоянието на огнеупорната изолация на металургични съоръжения по термографски измервания, Международна конференция „Автоматика и информатика 2010”, 3-7 октомври 2011, София, България, стр. В335-В338.
- 6.4. (A.52.) Петков В., *Ем. Михайлов*, К.Бошнаков, В.Чакърлова, Диагностика на металургични кофи чрез решаване на обратната задача, 19-ти Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Баня, 10-11.11.2011 г., стр. 67-70.
- 6.5. (A.25.) Хаджийски М., *Ем. Михайлов*, В. Петков, и Г. Ружеков, Изолиране и диагностика на повредения в изолацията на стоманоразливна кофа по преки термовизионни изображения, сп. „Машиностроене и машинознание”, 17, кн. 3, 2012, стр. 96-101.
- 6.6. (A.4.) *Mihailov Em.*, V. Petkov, I. Doichev, K. Boshnakov, Model-Based Approach for Investigation of Ladle Lining Damages, International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.), Vol. 7, 2, February 2013, pp. 276-281. (IF 6,46)
- 6.7. (A.26.) *Михайлов Ем.*, М.Хаджийски, В.Петков, и Г.Ружеков, Диагностика на състоянието на изолацията на металургична кофа по преки и косвени показатели, сп. „Машиностроене и машинознание”, 17, кн. 3, 2012, стр. 102-107.
- 6.8. (A.13.) Dukovska L, V.Petkov, *Em. Mihailov*, S. Vasileva, Image Processing for Technological Diagnosis of Metallurgical Facilities, Cybernetics and Information Technologies , Vol. 12, No 4, 2012, pp. 66-76.
- 6.9. (A.32.) *Михайлов Ем.*, М. Хаджийски, В.Петков, Коста Бошнаков, Изследване на възможностите за диагностициране на съставни дефекти в стената на стоманоразливна кофа, 21-ви Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Баня, 07-08.11.2013 г., стр. 45-49.
- 6.10. (A.39.) Boshnakov, K.P., Doukovska, L.A., *Mihailov, E.G.*, Petkov, V.I., Vassileva, S.I., Kojnov, S.L., Predictive maintenance model-based approach for objects exposed to extremely high temperatures, ISBN 978-1-4673-6319-8, Jachranka Village, POLAND, June 5-7, 2013, pp. 1-5
- 6.11. (A.50.) Хаджийски М., В. Петков, *Ем. Михайлов*, К. Бошнаков, Моделно-базирана инфрачервена диагностика на състоянието на изолацията на металургични кофи, 19-ти Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Баня, 10-11.11.2011г., стр. 55-60.
- 6.12. (A.14.) Petkov V., M., M. Hadjiski, K. Boshnakov, *Em. Mihailov*, Diagnosis of Metallurgical Ladle Refractory Lining Based on Non-Stationary On-Line Data

Тематично направление 7.

Приложение на инфрачервената термография при предсказващо поддържане на технологични обекти – 4 бр.

- 7.1. (A.51.) Бошнаков К., М.Хаджийски, *Ем. Михайлов*, Предсказващо поддържане на технологични съоръжения, 19-ти Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Банкя, 10-11.11.2011 г., стр. 61-66.
- 7.2. (A.31.) Бошнаков, К., Т.Гинчев, В.Петков, *Ем. Михайлов*, Стратегия за предсказващо поддържане на Pierce-Smith конвертори, Годишник на Техническия университет-София, ISSN 1311-0829, Том 62, кн.1, 2012, стр.345-354.
- 7.3. (A.54.) *Михайлов Ем.*, В. Петков, К. Бошнаков, И. Дойчев , Предсказващо поддържане на стоманоразливни металургични кофи, 20-ти Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Банкя, 09-10.11.2012 г. стр. 65-70.
- 7.4. (A.29.) *Михайлов Ем.* В. Петков, К. Бошнаков, И. Дойчев, Изследване на температурното състояние на изолацията на кофата в процеса на обработване и разливане на стоманата, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XX, 1(130), 2012, стр.125-128.

Тематично направление 8.

Обучение по топлинна ефективност и диагностика чрез комбиниране на математично моделиране и термовизионни изследвания – 5 бр.

- 8.1. (A.35.) Hadjiski M., V. Petkov, K. Boshnakov, *Em. Mihailov* and G. Ruzhekov, Laboratory of Multidisciplinary and Interdisciplinary Education, Proceedings of the ekoMEDIA-Europe 2010 Annual Conference, 5th Thematic Conference “ICT and Lifelong Learning in All Types of Education: Does This Promote Cultural Diversity?”, Kalamata, Greece, 9-13 May 2010, pp.33-38.
- 8.2. (A.24.) Хаджийски М., К. Бошнаков, В. Петков, *Ем. Михайлов*, Г.Ружеков, М. Божкова, и С. Койнов, Обучение по топлинна ефективност и диагностика чрез комбиниране на математично моделиране и термовизия, сп. „Автоматика и информатика”, бр.1, 2011, стр. 72-74.
- 8.3. (A.36.) *Mihailov Em.*, M.Hadjiski, and V. Petkov, Case-Based Diagnosis and Interdisciplinary Education, Proceedings of the ekoMEDIA-Europe 2010 Annual Conference, 5th Thematic Conference “ICT and Lifelong Learning in All Types of Education: Does This Promote Cultural Diversity?”, Kalamata, Greece, 9-13 May 2010, pp.99-102.
- 8.4. (A.37.) Petkov V., G. Ruzhekov, K. Boshnakov, and *Em. Mihailov*, Education and Training on Infrared Diagnosis, Proceedings of the ekoMEDIA-Europe 2010 Annual Conference, 5th Thematic Conference “ICT and Lifelong Learning in All Types of Education: Does This Promote Cultural Diversity?”, Kalamata, Greece, 9-13 May 2010, pp. 89-94.

- 8.5. (A.9.) Петков В., *Em. Михайлов*, К. Бошнаков, Г. Ружеков и С. Койнов, Диагностика с пасивна и активна инфрачервена термография, сп. „Автоматика и информатика”, бр. 3, 2010, стр. 19-23

Тематично направление 9.

Публикации в областта на моделиране на хидроднамични процеси и газифициране на биомаса – 3 бр.

Математично моделиране на хидроднамични процеси

- 9.1. (A.21.) Пенкова Н., Илиев В., *Михайлов Em.*, Моделиране и компютърна симулация на неустановено изтичане на течност, Механика на машините, 4, 2010, стр. 18-21
- 9.2. (A.17.) Manca O., S. Nardini, P. Romano, *Em. Mihailov*, Numerical Investigation on Thermal and Fluid Dynamic Behaviors of Solar Chimney Building Systems, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 49, 1, 2014, pp.106-115.

Газифициране на биомаса за енергетични цели

- 9.1. (A.16.) Petkov V., *Em. Mihailov*, N. Kazakova, Modeling of Biomass Gasification, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 49, 1, 2014, pp.94-98.

Тематично направление 10.

Други публикации в областта на развитие на потенциала на университетите – 2бр.

- 10.1. (A.7.) *Mihailov Em.*, Decreasing of Production Costs Trough Feeding of Solid-Phase Energy Sources in the Flash Smelting Furnace", Knowledge and Wealth Creation, UNESCO Sourcebook on Innovative Capacity Building at Universities, Selected Examples in Europe, Slovenian national Commission for UNESCO, Ljubljana, 2005, pp. 183-188.
- 10.2. (A.8.) *Mihailov Em.*, Integration Pollution and Prevention Control - Five Permits for Large Enterprises", UNESCO Sourcebook "Innovative Capacity Building at Universities", 2005, pp. 188-191.

Монографичен труд на английски език в съавторство, равностоеен на 4 бр. статии в списания с импакт фактор - 1 бр.(4 бр. статии с IF)

- M.1. (A.6.) *Mihailov Em.*, V. Petkov, Heat Transfer in Process Integration: Modeling. Chapter 3 in Advances in Industrial Heat Transfer. Edition: Taylor & Francis Group, Publisher: CRC press. Taylor & Francis Group, Editors: Alina Adriana Minea, ISBN 9781439899076, 440p, 2012.

Тематично направление 1.

Изследване на процесите на редукиционно преработване на прахообразни суровини в обема на плазмена дъга-“тръба”.

- 1.1. Angelova V., M. Mihovsky, V. Petkov, *Em. Mihailov*, Technological Parameters of Transferred DC “Tubular” Plasma Arc, Elektrowarme International, 1, 2006, pp. 48-50.
- 1.2. Angelova V., M. Mihovsky, V. Petkov, *Em. Mihailov*, V. Hadzhyski, Mathematical Modeling of Particles Heating in Transferred DC “Tubular” Plasma Arc, International Virtual Journal, “Machines, Technologies, Materials” 10-11, 2008, pp. 48-50.
- 1.3. Angelova V., M. Mihovsky, V. Petkov, *Em. Mihailov*, Experimental Investigations on Particles Heating in Transferred DC “Tubular” Plasma Arc, International Virtual Journal, “Machines, Technologies, Materials” 1-2, 2009, pp. 19-22.

1.1. Angelova V., M. Mihovsky, V. Petkov, *Em. Mihailov*, Technological Parameters of Transferred DC “Tubular” Plasma Arc, Elektrowarme International, 1, 2006, pp.48-50.

Изследвани са възможностите за практическо приложение на плазмотрон с кух катод в инсталация за плазмено-дъгово претопяване. В този случай дисперсните метални частици (стружки) се подават през кухия катод по оста на плазмената дъга-“тръба” и се стопяват по пътя им между катода и металната вана-анод. Промяната на дължината на плазмената дъга и мощността ѝ може да осигури достатъчно време за пребиваване на частиците в течно състояние, осигуряващо протичането на рафинационните процеси.

Разработена е подобрена конструкция на плазмотрон за редукиционно преработване на прахообразни суровини и за претопяване на дисперсна метална шихта във водоохлаждаем кристализатор. Специфичното в конструкцията на този плазмотрон е замяната на волфрамовия катод с кух графитов, през който се подава преработвания материал. Плазмообразувачият газ се подава двустранно между дюзата и катода, и през катода. Този начин на подаване на газа осигурява получаването на тръбообразна прехвърлена плазмена дъга.

Изследвано е влиянието на енергийните и газодинамичните параметри на плазмената дъга-“тръба” върху нейните геометрични размери и технологичните възможности за подаване и нагряване на дисперсен материал в нейния обем.

Проведено е изследване за определяне на оптималното съотношение между скоростите на двата плазмообразуващи газа, осигуряващо стабилно горяща, добре оформена плазмена дъга-“тръба”.

Определени са V-A характеристики на тока в интервал 100-280A с дължина на дъгата 100mm. Установено е, че:

- стабилно горяща и добре оформена плазмена дъга се получава при еднакви скорости на двата газа ($v_1=v_2$) и при дебит на външния плазмообразуващ газ $V_2= 1500 \text{ l/h}$;

- оптималното съотношение между скоростите на двата газа е в граници $v_1/v_2=0,82-1$. За получаване на оптимални технологични параметри при провеждане на бъдещите експерименти се препоръчва еднаква скорост на двата плазмообразуващи газа.

1.2. Angelova V., M. Mihovsky, V. Petkov, Em. Mihailov, V. Hadzhyski , Mathematical Modeling of Particles Heating in Transferred DC “Tubular” Plasma Arc, International Virtual Journal, “Machines, Technologies, Materials”10-11, 2008, pp.48-50.

За изследване на процесите на редукиционно преработване на прахообразни суровини и за претопяване на дисперсна метална шихта е разработен и е числено реализиран математичен модел на нагряване на дисперсна фаза в обема на плазмена дъга-“тръба”.

Дъгата е представена като хетерогенен поток от плазма и равномерно разпределен прахообразен материал в нейния обем.

Численото симулиране с разработения математичен модел позволява да се получат температурното, скоростното, електромагнитното и концентрационното поле.

Получени са разпределенията на температурата в дъгата и концентрационното поле при различни дебити на дисперсната фаза за две скорости на плазмообразуващите газове.

Показано е изменението на осреднената по сечението на дъгата температура на частиците в зависимост от дължината на дъгата.

Получените при численото симулиране резултати съответствуват на тези от експерименталните изследвания на нагряване на дисперсен материал в обема на плазмена дъга- “тръба”.

Разработения математичен модел може да бъде използван в процеса на обучение на студентите в областта на процесите на преработване на прахообразни материали в плазмена дъга.

1.3. Angelova V., M. Mihovsky, V. Petkov, Em. Mihailov, Experimental Investigations on Particles Heating in Transferred DC “Tubular” Plasma Arc, International Virtual Journal, “Machines, Technologies, Materials”1-2, 2009, pp.19-22.

Експериментално е изследвано влиянието на дебита на подавани в обема на плазмената дъга –“тръба” прахообразни частици върху нейните параметри. Определена е степента на нагряване на частиците в обема на плазмената дъга при оптимални параметри, осигуряващи максимална мощност на плазмотрона.

За провеждане на експериментите са използвани прахообразни частици от карбонилно желязо с размери $-0,1+0,063\text{ mm}$.

Експериментите са проведени при еднаква скорост на изтичане на двата плазмообразуващи газа, като е променен дебитът на подавания материал.

Въз основа на проведените експерименти е установено, че при съществуващите геометрични размери на дюзата и катода на плазмотрона,

дължина на дъгата 100 mm и ток 250 A, дебити на плазмообразуващия газ $V_1=550$ l/h и $V_2=1500$ l/h, ($v_1=v_2=12$ m/s) оптималното количество на нагрявания материал (карбонилно желязо с размери $-0,1+0,063$ mm) е 20 g/min. При този специфичен дебит се постига максимална средна електрическа мощност на плазмотрона 28 kW.

Върху степента на нагряване на дисперсен материал може да се влияе и чрез изменение на мощността на плазмената дъга – увеличаване на тока или дължината на дъгата в определени допустими граници.

Получените експериментални данни са използвани за проверка на разработения модел за нагряване на дисперсен материал в плазмена дъга-“тръба”.

Тематично направление 2.

Повишаване на енергийната ефективност и създаване на технология за управление на комплекса

„непрекъснато разливане – прокатен стан”

- 2.1. *Mihailov Em., V. Petkov*, Surface Thermocyclic Recurrence in Steel Slab Continuous Casting, Journal of University of Chemical Technology and Metallurgy, 41, 1, 2006, pp. 65-68.
- 2.2. *Михайлов Ем., В. Петков, А. Велчев*, Определяне на параметрите на охлаждащата система при непрекъснато разливане на сляби, Сборник доклади: X та национална конференция по металургия с международно участие, ISBN 9789549205213, Варна, 28-31 май, 2007г.
- 2.3. *Mihailov Em., V. Petkov*, Cooling Parameters and Heat Quantity of the Metal During Continuous Casting of Blooms, International Review of Mechanical Engineering (I.RE.M.E.), Vol. 4, No2, February 2010, pp.176-184 (IF 6,46)
- 2.4. *Mihailov Em., V. Petkov, M. Ivanova*, Determination of cooling parameters during continuous casting of blooms. Structural Integrity and Life, Vol. 10, No 3, 2010, pp.215-218. (IF 0,342)
- 2.5. *Mihailov Em., V. Petkov, A. Velchev, M. Ivanova*, Thermal Efficiency Of Blocks' Hot Charging in Reheating Furnaces, Proceedings of the V Congress of the Metallurgists of Macedonia, ISBN 978-9989-9571-4-7, Ohrid, Macedonia, 17-20 September, 2008.
- 2.6. *Михайлов Ем.*, Технология за управление на комплекса „Непрекъснато разливане – прокатен стан”, сп. „Автоматика и информатика”, 2014, (под печат).
- 2.7. *Mihailov Em., V. Petkov, M. Ivanova, Bl. Stoyanova*, Possibilities for Increasing Energy Efficiency with Integration of Technological Processes in Ferrous Metallurgy, Thermal Science, 2014 (in print).

2.1. Mihailov Em., V. Petkov, Surface Thermocyclic Recurrence in Steel Slab Continuous Casting, Journal of University of Chemical Technology and Metallurgy, 41, 1,2006, pp. 65-68.

2.2. Михайлов Ем., В. Петков, А. Велчев, Определяне на параметрите на охлаждащата система при непрекъснато разливане на сляби, Сборник доклади: X та национална конференция по металургия с международно участие, ISBN 9789549205213, Варна, 28-31 май, 2007г.

Усъвършенстван е математичен модел, отчитащ кристализацията на метала и интензивността на охлаждане в зоната на вторично охлаждане (ЗВО) на слябова машина за непрекъснато разливане на стомана (МНРС).

В математичния модел са разработени оптимизационни процедури, позволяващи определяне на параметрите на охлаждане на метала в процеса на непрекъснато разливане, гарантиращи получаването на блокове с високо качество и без дефекти при спазване на ограничения по отношение на скоростта на охлаждане, температурата на прогряване на повърхността на блока след излизане от ЗВО, завършването на кристализацията в областта на контролируемото охлаждане на ЗВО и областите от повърхността на блока, които трябва да бъдат покривани директно от охлаждащите струи.

Установено е, че на изхода от слябовата машина за непрекъснато разливане на стоманата, в зависимост от скоростта на разливане топлосъдържанието на метала се изменя в границите на 44 до 58 % от началното топлосъдържание на стоманата.

Математичният модел на процесите на кристализация и топлообмен в МНРС и получените резултати за параметрите на охлаждащата система могат да бъдат приложени за управление на процесите на охлаждане и аранжиране на охлаждащата система в зависимост от характеристиките на използваните дюзи.

Разработеният математичен модел, описващ процесите на охлаждане и кристализация на метала в машина за непрекъснато разливане на сляби може да бъде прилаган за провеждане на анализи и да бъде използван като симулатор за студентите, обучавани в областта на металургията и материалознанието.

2.3. Mihailov Em., V.Petkov, Cooling Parameters and Heat Quantity of the Metal During Continuous Casting of Blooms, International Review of Mechanical Engineering (I.RE.M.E.), Vol. 4, No2, February 2010, pp.176-184 (IF 6,46)

2.4. Mihailov Em., V.Petkov, M.Ivanova, Determination of cooling parameters during continuous casting of blooms. Structural Integrity and Life, Vol. 10, No 3, 2010, pp.215-218. (IF 0,342)

Разработен е математичен модел, отчитащ кристализацията на метала и интензивността на охлаждане в зоната на вторично охлаждане на блумова машина за непрекъснато разливане на стомана. С помощта на резултати от промишлен експеримент е извършена настройка и проверка на математичния модел. Установено е добро съответствие между изчислените и

експериментално установените резултати.

В математичния модел, описващ охлаждането и кристализацията на метала в блумова машина за непрекъснато разливане на стоманата са разработени оптимизационни процедури за определяне на оптималните параметри на охлаждане на метала, гарантиращи получаването на блокове с високо качество и без дефекти при спазване на наложени ограничения по отношение на скоростта на охлаждане, температурата на прогряване на повърхността на блока след излизане от ЗВО, завършването на кристализацията в областта на контролируемото охлаждане на ЗВО и областите от повърхността на блока, които трябва да бъдат покривани директно от охлаждащите струи.

Установено е, че при увеличаване на скоростта на разливане от 0,5 до 0,9 m/min дължината на течната фаза се увеличава с 84%.

Разработените математични модели на процесите на кристализация и топлообмен в блумова МНПС и получените резултати за параметрите на охлаждащата система могат да бъдат приложени за управление на процесите на охлаждане и аранжиране на охлаждащата система в зависимост от характеристиките на използваните дюзи.

Математичният модел, описващ процесите на охлаждане и кристализация на метала в машина за непрекъснато разливане на блуми може да бъде прилаган за провеждане на анализи и да бъде използван като симулатор за студентите, обучавани в областта на металургията и материалознанието.

2.5. Mihailov Em., V.Petkov, A. Velchev, M.Ivanova, Thermal Efficiency of Blocks' Hot Charging in Reheating Furnaces, Proceedings of the V Congress of the Metallurgists of Macedonia, ISBN 978-9989-9571-4-7, Ohrid , Macedonia, 17-20 September, 2008.

Представени са резултатите от разработен математичен модел, описващ процесите на топлообмен при престой и транспортиране на металните блокове от машината за непрекъснато разливане на стоманата до пещите за преддеформационно нагряване и математичен модел на преддеформационното нагряване на метала за определяне на температурните режими при производство на стоманени продукти.

Математичният модел на охлаждането на метала по време на транспортните операции отчита топлинното и температурно състояние на всеки отделен блок, във всеки момент от времето в зависимост от конкретното му местоположение по хода на транспортните операции. При престой на блоковете в прокатния цех в математичния модел са предвидени два варианта на съхранение - в термоизолирана камера и на открито в цеха.

Представено е температурното разпределение в обема на блокове по време на транспортиране и престой в склада на прокатното производство. Направена е оценка на топлинното състояние на блоковете и остатъчното топлосъдържание, което може да бъде оползотворено при "горещо зареждане" в награвателните пещи.

Разработения математичен модел на преддеформационното нагряване на метала за определяне на температурните режими отчита:

- местоположението на отделните блокове в работното пространство на пещта;
- температурното им състояние;
- химичния състав на метала;
- размерите на блоковете;
- времето, в което трябва да напуснат пещта.

Създаденият математичен модел позволява на базата на данните за температурното поле на блоковете на входа на пещта (в края на престой на щабел в прокатния цех) да бъдат определени оптималните режими на нагряване и да бъде направена оценка на разхода на енергия за нагряване в зависимост от вида на транспортните операции (начална температура на зареждане).

2.6. Михайлов Ем., Технология за управление на комплекса „Непрекъснато разливане – прокатен стан”, 21-ви Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Баня, 07-08.11.2013 г., стр. 17-22.

2.7. Mihailov Em., V. Petkov, M. Ivanova, Bl. Stoyanova, Possibilities for Increasing Energy Efficiency with Integration of Technological Processes in Ferrous Metallurgy, Thermal Science, 2014 (in print).

Разработени са температурни и топлинни режими на нагряване на блоковете в нагревателните пещи, в зависимост от производителността на пещта и началното топлинно и температурно състояние на метала.

На базата на разработените математични модели на кристализацията и охлаждането на метала в машината за непрекъснато разливане на стоманата, на охлаждането на блоковете при транспортирането им до прокатния цех, с отчитане на вариантите на престой преди нагряване и математичния модел на нагряване на метала в нагревателните пещи с техните изчислителни алгоритми е изграден един общ алгоритъм, представляващ технология за управление на комплекса „непрекъснато разливане – прокатен стан”, динамично съгласуващ работата на отделните агрегати с действителните условия на производството в реално време.

Получените резултати от математичния модел, описващ процесите на топлообмен при престой и транспортиране на метала от машината за непрекъснато разливане на стоманата до пещите за преддеформационно нагряване, могат да бъдат използвани за провеждане на предварителна икономическа оценка за ефективността от прилагането на „горещо зареждане”, на базата на която да бъде избрана подходящата технология, отчитаща начините на транспорт и съхранение на блоковете, съобразена с конкретните производствени условия.

Разработеният изчислителен алгоритъм на математичния модел, описващ процесите на топлообмен при престой и транспортиране на метала от машината за непрекъснато разливане на стоманата до пещите за преддеформационно нагряване, може да бъде прилаган за провеждане на анализи и да бъде използван като симулатор за студентите, обучавани в областта на металургията и материалознанието.

Тематично направление 3.
Изследване на процесите на горене и подобряване на енергийната ефективност на нагревателни пещи

- 3.1. Декова Л., М. Сотирова, В. Петков, *Ем. Михайлов*, Изследване на промишлени горивоизгарящи устройства, "Инженерни науки" БАН, No.4, 2006, стр. 65-74.
- 3.2. Петков В., *Ем. Михайлов*, М. Петрова, Изследване на аеродинамиката, температурното и концентрационно поле в нагревателни пещи, Международен семинар "Металургична топлотехника", 3-4 ноември 2003, стр. 221-230.
- 3.3. Кънева М., В. Петков, *Ем. Михайлов*, С. Иванова, Моделиране на процесите на горене в газов факел, Сборник доклади: X-та национална конференция по металургия с международно участие, Варна, ISBN 978-954-92052-1-3, 28-31 май, 2007 г.
- 3.4. *Михайлов Ем.*, В. Петков, А. Велчев, Ст. Люцканов, Възможности за намаляване на топлинните загуби през свода на нагревателни пещи, Международен семинар "Металургична топлотехника", 3-4 ноември 2003, стр. 187-197

3.1. Декова Л., М. Сотирова, В. Петков, *Ем. Михайлов*, Изследване на промишлени горивоизгарящи устройства, "Инженерни науки" БАН, No.4, 2006, стр. 65-74.

За изследване на аеродинамиката на газови горелки без предварително смесване е разработен лабораторен стенд, позволяващ измерване на характеристиките на формиращата се съставна струя. Стендът позволява да бъдат получени зависимости между режимните условия (различно натоварване по газ и въздух) и параметрите на факела (конфигурация; температурни, скоростни и концентрационни полета), необходими за решаване на задачите за оптимизация на горивните процеси по комбинирани технологично-екологични критерии.

Разработена е и е усвоена методика за провеждане на лабораторни експерименти за изследване на скоростните, концентрационните и температурни профили по напречното сечение на формирация се факел в условията на използване на моделиращ флуид.

За реализиране на експериментално изследване на аеродинамичните параметри на горелка без предварително смесване е разработена лабораторна горелка, представляваща геометричен модел на промишлено горивоизгарящо устройство ДВБ 300, като при изработването са предвидени допълнителни приспособления за вариране на размерите на изходното сечение.

Изследването на концентрационните полета на различните компоненти в газовия факел е проведено чрез замяна на газа в лабораторни условия с подгрят въздух до 110-120°C. На базата на аналогията между процесите на преноса на топлина и маса в газовъздушната смес е определяна

концентрацията на "газа" след измерване на температурата в обема на съставната струя.

На базата на получените резултати за концентрационните полета при различните режими на производителност на горивоизгарящото устройство е определян съответстващият им температурен профил на факела. За целта е разработен алгоритъм, който е програмно реализиран и се прилага за обработване на резултатите от експеримента.

Установени са скоростните, концентрационните и температурни профили при различни натоварвания на горивоизгарящото устройство. Получени са данни, които могат да се използват за определяне на стойностите на някои константи, необходими за численото реализиране на математични модели, описващи турбулентните течения. Получените резултати позволяват да бъде направена оценка на процеса на смесване на горивото с окислителя, разпределението на температурите в обема на факела и да бъдат направени изводи за оптимизирането на процесите на горене.

3.2. Петков В., Ем. Михайлов, М. Петрова, Изследване на аеродинамиката, температурното и концентрационно поле в нагревателни пещи, Международен семинар "Металургична топлотехника ", 3-4 ноември 2003, стр. 221-230.

За оптималното управление на горивния процес на базата на подробно моделиране и симулационно изследване на горивните процеси в камерата на нагревателна пещ, в зависимост от режимните фактори и управляващите въздействия по гориво и въздух е разработен 3D математичен модел на нагревателна камера. Моделът се основава на численото решаване на диференциалните уравнения за количеството на движението, уравнение за непрекъснатостта, уравнение за енергията и концентрацията на отделните компоненти на газовата фаза. С помощта на програмно реализирания модел са проведени изчисления за определяне на скоростното, температурното и концентрационното поле. За конкретна конструкция на нагревателната зона на методична нагревателна пещ е установено влиянието на наклона на горивоизгарящото устройство върху образуването на рецикулационни зони и конфигурацията на факела.

Установено е влиянието на работните и конструктивни параметри при различни режими на работа и са получени резултати за температурното поле при различни режимни параметри.

Получените резултати позволяват прецизно определяне на температурното поле, което е необходима предпоставка за изчисляване нагряването на метала и за управление на температурния и топлинен режим на пещта.

Разработеният 3D математичен модел на нагревателна камера може да бъде използван в процеса на обучение на студентите в областта на металургичната топлотехника и агрегатите за нагряване на метала.

3.3. Кънева М., В. Петков, Ем. Михайлов, С. Иванова, Моделиране на процесите на горене в газов факел, Сборник доклади: X-та национална

конференция по металургия с международно участие, Варна, ISBN 978-954-92052-1-3, 28-31 май, 2007 г.

За изследване на характеристиките на газови горелки без предварително смесване, разработеният стенд за изследване на аеродинамиката на горивоизгарящи устройства е оборудван за провеждане на високотемпературни експерименти при изгаряне на газово гориво.

Стендът е приложим и за провеждане на научни изследвания с цел определяне на някои основни параметри (форма и размери) на факела.

Изследвани са възможностите за приложението на достъпните газови горива за провеждане на експерименти в лабораторни условия.

Изграден е 3D математичен модел на горивоизгарящото устройство и областта пред него за изследване на характеристиките на факела, формиращ се при работата на газова горелка без предварително смесване. Получените резултати позволяват прецизно определяне на температурното и концентрационно поле, което е необходима предпоставка за изследване на конфигурацията на факела, енергийната и екологична ефективност на горивоизгарящите устройства.

Получените резултати от симулационните изчисления позволяват да бъде анализирано влиянието на работните и конструктивни параметри при различни режими на работа и да бъдат получени резултати за температурното поле при различни режимни параметри.

Разработеният 3D математичен модел и стенд за лабораторни изпитания могат да бъдат използвани в процеса на обучение на студентите в областта на металургичната топлотехника и агрегатите за нагряване на метала.

3.4. Михайлов Ем., В. Петков, А. Велчев, Ст. Люцканов, Възможности за намаляване на топлинните загуби през свода на нагревателни пещи, Международен семинар "Металургична топлотехника", 3-4 ноември 2003, стр. 187-197

Проведено е изследване на възможностите за намаляване на топлинните загуби през свода на нагревателни пещи с помощта на специално разработен за целите на подобни изследвания математичен модел, описващ процесите на топлообмен през многослойна цилиндрична стена. За числената реализация е използван метода на крайните разлики. В програмната реализация на математичния модел са заложили топлофизическите характеристики на 63 вида огнеупорни и топлоизолационни материали, намиращи приложение в конструкциите на високотемпературните нагревателни пещи. При провеждане на изследването са използвани топлофизическите характеристики на неформовани огнеупорни материали, разработени за такова приложение със съдържание на $\text{SiO}_2=80 \div 92\%$ и $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,8 \div 12,1\%$. В резултат на изследването за реално работещи методични нагревателни пещи е определена оптималната дебелина на допълнителната топлинната изолация на свода при отчитане на намалението на топлинните загуби, цената за изработване на допълнителната изолация и срока на откупуване. Установено е, че икономически ефективната дебелина на

изолацията е 140 mm при конфигурация 115 mm топлоизолационен слой и 25 mm завършващ слой.

С помощта на разработения модел може да бъде подбрана оптимална конфигурация на енерго- и икономически ефективна изолация за всеки конкретен агрегат.

Математичният модел и процедурата за оценка могат да бъдат прилагани в процеса на обучение на студентите в областта на топлотехниката, агрегатите за нагряване на метала и енергийната ефективност.

Тематично направление 4.

Изследване на топлообмена и подобряване на енергийната ефективност на електродъгови стоманодобивни агрегати

- 4.1. *Михайлов Ем., А. Велчев, П. Попгеоргиев, М. Иванова, Термична ефективност на свръхмощна електродъгова пещ, Сборник доклади: X-та национална конференция по металургия с международно участие, Варна, ISBN 978-954-92052-1-3, 28-31 май, 2007 г.*
- 4.2. *Михайлов, Ем. В.Петков, К.Бошнаков, Изследване на технологичните параметри на процесите на добиване и обработка на стоманата, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XX, 1(130), 2012, pp. 129-132.*
- 4.3. *Mihailov Em., P. Popgeorgiev, C. Iwuji, An Effect of Heat Insulation Parameters on Thermal Losses of Water-Cooled Roofs for Secondary Steelmaking Electric Arc Furnaces, Metallurgy and New Materials Researches, Vol. XXI, No. 4/2013, pp. 51-60.*

4.1. Михайлов Ем., А. Велчев, П. Попгеоргиев, М. Иванова, Термична ефективност на свръхмощна електродъгова пещ, Сборник доклади: X-та национална конференция по металургия с международно участие, Варна, ISBN 978-954-92052-1-3, 28-31 май, 2007 г.

На базата на резултати от промишлен експеримент е проведено изследване на работата на 110t ЕДП, при което е съставен топлинен баланс на агрегата. Направена е оценка на топлинната ефективност на агрегата и възможните резерви за подобряване на енергийната му ефективност.

Получените резултати показват, че в сравнение с данните за работа на аналогични пещи в Европа, през периода на изследване се наблюдава по-висок относителен разход на шлакообразуващи материали, който отнесен към предишен период на изследване е на практика без изменение. Средната продължителност на технологичния процес в пещта е скъсена с 34 min.

Констатирано е, че за подобряване на шлакообразуването се прилага инжектиране на кокс, а за ускоряване на процеса на топене в студените зони се използват газо-кислородни горелки, което допринася за намаляване на продължителността на топене. Количеството кислород за процеса е увеличен три пъти. Фактическият разход на електрическа енергия е намален с 23%. На базата на резултатите от топлинния баланс е установено, че общият разход на

енергия е съизмерим с този на пещите от този клас. Коефициентът на термична ефективност е 0,64, а потенциалната възможност за подобряване на енергийната ефективност (Energy Saving Potential) на агрегата при привеждане на работата му в съответствие с «добрите практики», определена съгласно наличните методики, описани в индикаторите за енергийна ефективност е 10%. Част от тези резерви могат да бъдат оползотворени с прилагане на мерки за намаляване на топлинните загуби с водоохлаждаемите елементи.

4.2. Михайлов, Ем. В.Петков, К.Бошнаков, Изследване на технологичните параметри на процесите на добиване и обработка на стоманата, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XX, 1(130), 2012, pp. 129-132.

На базата на резултати от промишлен експеримент е провеждано изследване на технологичните параметри на процесите на добиване на стоманата в електродъгова стоманодобивна пещ и последващата ѝ обработка на кофъчно-пещна инсталация(КПИ).

Извършен е статистически анализ и е направена оценка на параметрите на технологичния процес. Направена е оценка на работата и възможностите за намаляване на разхода на електроенергия и времето на технологичния процес.

Изведени са регресионни зависимости, с помощта на които може да бъдат предсказвани температурата след окисление, началната температура на стоманата на КПИ, крайната температура на метала на КПИ и температурата на разливане на МНРС. Те могат да бъдат използвани в режим «Съветник на оператора», като на отделните етапи от технологичния процес на базата на реално достигнатите нива на параметрите и информацията за моментната работа и състоянието на агрегатите от технологичната линия да бъдат определяни нивата на следващата стъпка от процеса и с помощта на оптимизационни процедури да бъдат подбирани оптималните им стойности в зависимост от степента на синхронизация на отделните операции.

Разработен е енергиен график на процеса на добиване и обработване на стоманата и температурен график на процесите на транспортиране, разливане и подготовка на кофата.

На базата на получения температурен график са формирани граничните условия за изследване на топлинното състояние на изолацията на стоманоразливната кофа с помощта на математични модели, които са основата за провеждане на моделно базирани подходи за диагностика на състоянието на топлинната изолация на кофата, като част от система за предсказващо поддържане на оборудването.

4.3. Mihailov Em., P. Popgeorgiev, C. Iwuji, An Effect of Heat Insulation Parameters on Thermal Losses of Water-Cooled Roofs for Secondary Steelmaking Electric Arc Furnaces, Metallurgy and New Materials Researches, Vol. XXI, No. 4/2013, pp. 51-60.

Изследвани са възможностите за намаляване на топлинните загуби на реално работеща извънпещна инсталация за обработване на стоманата при

различни варианти на изолация на работната повърхност на водоохлаждаемия свод. Направена е оценка на ефективността на приложение на различни изолационни материали.

Разработен е математичен модел на външния топлообмен в работното пространство на инсталация за извънпещно обработване на стоманата с отчитане на топлинно състояние на стените и метала. На базата на разработения математичния модел е създаден изчислителен алгоритъм, който е програмно реализиран.

Изследвани са възможностите за приложение на изолационни материали, изработени от магнезитова, магнезито-хромитова, хром-магнезитова, хромитова, динасова и шамотна огнеупорна изолация с различна дебелина, и характеристиките за тях топлофизически характеристики.

Направената съпоставка на топлинните загуби при отчитане на топлинното състояние на нанесения слой топлинна изолация показва, че в зависимост от топлофизическите параметри на конкретната изолация поведението и приложимостта на различните материали не е еднозначно. Получените резултати показват, че увеличаването на дебелината на допълнително топлинно съпротивление е свързано с нарастване на температурата на повърхността му. Ето защо дебелината на тези изолации трябва да бъде съобразена с получавания температурен градиент, защото с увеличаване на дебелината и нарастване на температурата им се проявяват недостатъците на изградените с огнеупорни материали сводове.

Установено е, че комбинацията от емисионната способност и коефициента на топлопроводност на магнезитовата изолация подsigурява ниски топлинни загуби и при дебелина на изолацията до 8mm те са с 23% по-ниски от тези при неизолиран свод, а температурата на повърхността достига до 135 °C, което предполага стабилно поведение в процеса на работа и може да бъде препоръчана като вариант за приложение.

Разработеният изчислителен алгоритъм може да бъде прилаган за провеждане на анализи и да бъде използван като симулатор за студентите, обучаваани в областта на металургията и материалознанието.

Тематично направление 5.

Цикъл статии, които могат да бъдат разглеждани като монографичен труд на тема: “Изследване на състоянието на изолацията на металургични агрегати с помощта на инфрачервени термографски камери”

- 5.1. *Михайлов Ем., В. Петков, К. Бошнаков, Пасивна инфрачервена термография за диагностика на топлоенергийни обекти, Трудове на международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", 12-13. 10. 2010, стр.65-68.*
- 5.2. *Михайлов Ем., В. Петков, К. Бошнаков, Активна инфрачервена термография за откриване на дефекти в топлоенергийни обекти, Трудове на международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", 12-13. 10. 2010, стр.73-76.*
- 5.3. *Михайлов Ем., В. Петков, А. Велчев, М. Иванова, Диагностика на състоянието на огнеупорната изолация на високотемпературно*

оборудване, Научни известия на НТСМ, ISSN1310-3946, XVI, 1 (111) Юни 2009, 285-291.

- 5.4. *Михайлов, Ем.*, В. Петков, и К. Бошнаков, Моделно базирана диагностика на състоянието на огнеупорната изолация на електроудгова стоманодобивна пещ, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XVII, 5(115), 2010, 357-363.
- 5.5. Петков В., *Ем. Михайлов* и К. Бошнаков, Диагностика на състоянието на свода на нагревателна пещ, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XVII, 5(115), 2010, 364-370.
- 5.6. *Михайлов, Ем.* В. Петков, К. Бошнаков, Т. Гинчев, В. Хаджийски, Оценка на състоянието на огнеупорната изолация на конверторни агрегати в цветната металургия, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XXI, 2(139), 2013, 309-312.
- 5.7. Петков В., *Ем. Михайлов* и К. Бошнаков, Изследване на разрушения във фугите при инфрачервена диагностика на високотемпературна изолация, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XIX, 5(121), 2011, 68-72.
- 5.8. *Mihailov Em.*, V. Petkov, Model Based Diagnosis of Ladle Refractory Lining, Structural Integrity and Life, Vol. 10, No 3, 2010, 215-218. (IF 0,342)
- 5.9. *Михайлов Ем.*, В. Петков, Определяне на топлофизически константи и верификация на математични модели за диагностика на металургични обекти, 19-ти Международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", Хотел „Жеравна“ – Баня, 10-11.11.2011 г., стр. 71-74.
- 5.10. Петков В., *Ем. Михайлов*, К. Бошнаков, Обратни задачи в диагностиката на повреди в изолацията на металургична кофа. Трудове на международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", 12-13. 10. 2010, стр.69-72.

5.1. *Михайлов Ем.*, В. Петков, К. Бошнаков, Пасивна инфрачервена термография за диагностика на топлоенергийни обекти, Трудове на международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", 12-13. 10. 2010, стр.65-68.

Направен е анализ на възможностите за приложение на инфрачервените термовизионни камери за установяване на повреди в топлоенергийни обекти, включващи: димоходи и комини, паропроводи, парни и водогрейни котли, нагревни повърхности на котелни агрегати и други. Разгледани са различните видове повреди и подходите за тяхното установяване в процеса на работа на агрегатите. Направеният преглед показва, че инфрачервените камери са перфектно решение за безконтактен мониторинг на високотемпературното оборудване, а термовизионното изследване на различни компоненти на топлоенергетичното оборудване е наложено като основен метод за безразрушителен контрол в процеса на работа, при планиране на ремонти и за установяване на качеството на проведените ремонти. Ефективното му прилагане изисква не само добро познаване на използваната техника, но и на технологичните процеси, характеристиките на материалите и особеностите на работата на оборудването. Правилното подбиране на измервателни инструменти, планиране на изследванията и систематичното им провеждане в комбинация с подходящи диагностични методи са предпоставка за прилагане на

предсказващо поддържане на оборудването.

5.2. Михайлов Ем., В. Петков, К. Бошнаков, Активна инфрачервена термография за откриване на дефекти в топлоенергийни обекти, Трудове на международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", 12-13. 10. 2010, стр.73-76.

Разгледани са възможностите за приложение на активната термография за оценка на промишлено оборудване като метод за безразрушителен контрол. Направеният преглед позволява да бъде обобщено, че методът на пулсационното нагряване при активно термографско изследване, може да бъде използван успешно за диагностика на проблеми, проявяващи се в процеса на експлоатация. Този подход на реализиране на термовизионен мониторинг на отделни компоненти от оборудването, които са в термично равновесие с околната среда, заключаващ се в генериране на поток от топлинна енергия, така че структурните характеристики на материала да пропуснат или възпрепятстват този поток, може да бъде прилаган при използване на особеностите на технологичните процеси и свързаните с тях топлообменни процеси при някои агрегати в металургичната промишленост. При достатъчно ефективна реализация на подхода и използване на резултатите от термограмите за проведените измервания се установяват промени, свързани със структурните характеристики на материалите и евентуални повреди.

5.3 Михайлов Ем., В. Петков, А. Велчев, М. Иванова, Диагностика на състоянието на огнеупорната изолация на високотемпературно оборудване, Научни известия на НТСМ, ISSN1310-3946, XVI, 1 (111) Юни 2009, 285-291.

При отчитане на конструктивните особености на реално действаща 125t стоманоразливна кофа е разработен 3D математичен модел за оценка на температурните полета при различни варианти на износване на стената на стоманоразливна кофа.

Направен е анализ на причините за износване и повреда на зидарията. Проведено е изследване на температурното състояние на огнеупорната изолация. За оценка на температурното поле на външната повърхност в обема на стената са симулирани дефекти (разрушения в стената) с различни дълбочини, които са характерна за различните гранични степени на опасност.

Получени са резултати за температурните полета по повърхността в зависимост от степента на износване на стената на стоманоразливната кофа. Установени са зависимости за определяне на остатъчна дебелина на огнеупорната изолация като функция от температурата на течния метал и максималната температура на горещите петна в областта на дефектите.

За съществуващата конфигурация на стената са установени граничните стойности на максималните температури на горещите петна в областта на повредите, отговарящи на трите степени на износване съгласно приетата класификация на опасност, при установяването на които с помощта на

инфракчервена термовизионна камера, кофата съответно да бъде незабавно заменена; да бъде подложена на ремонт или да бъде обект на мониторинг и локални ремонти в областта на дефектите. Получените резултати в комбинация с такива от термовизионно измерване могат да бъдат използвани за оценка на състоянието на огнеупорната изолация. Разработеният математичен модел може да бъде адаптиран и прилаган за провеждане на изследвания към други такива агрегати чрез задаване на размерите и топлофизическите характеристики на отделните топлоизолационни слоеве.

5.4. Михайлов, Ем., В. Петков, и К. Бошнаков, Моделно базирана диагностика на състоянието на огнеупорната изолация на електродъгова стоманодобивна пещ, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XVII, 5(115), 2010, 357-363.

Разработен е 3D математичен модел на реално действаща 130t свръхмощна електродъгова стоманодобивна пещ за оценка на температурните полета на повърхността при различни варианти на износване на стената на ваната.

Направен е анализ на причините за износване и повреда на зидарията. На базата на резултатите от проведеното симулационно изследване за температурните полета по повърхността на стената в зависимост от геометричните характеристики и дълбочината на дефектите са получени зависимости за определяне на остатъчна дебелина на огнеупорната изолация като функция от максималната температура горещите петна на повърхността в областта на дефектите и температурата на течния метал.

За съществуващата конфигурация на стената са определени граничните стойности на максималната температура на горещите петна, при които да бъдат прилагани съответните коригиращи действия в зависимост от степента на опасност. Получените резултати в комбинация с такива от термовизионно измерване могат да бъдат използвани за оценка на състоянието на ваната на пещта. Разработеният математичен модел може да бъде адаптиран и прилаган за провеждане на изследвания към други такива агрегати чрез задаване на размерите и топлофизическите характеристики на отделните топлоизолационни слоеве.

5.5. Петков В., Ем. Михайлов и К. Бошнаков, Диагностика на състоянието на свода на нагревателна пещ, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XVII, 5(115), 2010, 364-370.

За оценка на температурните полета на повърхността при различни варианти на разрушаване на свода е разработен 3D математичен модел на реално действаща методична нагревателна пещ.

Направен е анализ на причините за износване и повреди на зидарията. За съществуващата конструкция са установени граничните стойности за максималните температури на горещите петна на свода в областта на повредата при установяването на които в резултат на термовизионно измерване той да бъде укрепен незабавно или да бъде подложен на ремонт в

удобен за целта момент. Получените резултати в комбинация с такива от термовизионно измерване могат да бъдат използвани за оценка на състоянието на свода на печта. Разработеният математичен модел може да бъде адаптиран и прилаган за провеждане на изследвания към други такива агрегати чрез задаване на размерите и топлофизическите характеристики на отделните топлоизолационни слоеве.

5.6. Михайлов, Ем. В. Петков, К. Бошнаков, Т. Гинчев, В. Хаджийски, Оценка на състоянието на огнеупорната изолация на конверторни агрегати в цветната металургия, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XXI, 2(139), 2013, 309-312.

С помощта на разработен за целта 3D математичен модел на реално работещ Peirce-Smith конверторен агрегат е направена оценка на състоянието на огнеупорната изолация. Анализирани са причините за износване и повреда на зидарията и възможностите за мониторинг с помощта на термовизионна камера. Установени са стойностите за температурите от повърхността при различни степени на износване на огнеупорния слой. На базата на получените резултати е формулиран критерий по отношение на измерените с термовизионна камера стойности за повърхностната температура в областта от стената, намираща се срещу фурмите, на базата на който да бъде взето решение за провеждане на съответните ремонтни дейности на огнеупорната изолация. Получените резултати в комбинация с такива от термовизионно измерване могат да бъдат използвани за оценка на състоянието на огнеупорната изолация на конвертора. Разработеният математичен модел може да бъде адаптиран и прилаган за провеждане на изследвания към други такива агрегати чрез задаване на размерите и топлофизическите характеристики на отделните топлоизолационни слоеве.

5.7. Петков В., Ем. Михайлов и К. Бошнаков, Изследване на разрушения във фугите при инфрачервена диагностика на високотемпературна изолация, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XIX, 5(121), 2011, 68-72.

С помощта на разработения 3D математичен модел и числен алгоритъм за определяне на температурното разпределение в обема и по повърхността на стената на реално действаща 125t стоманоразливна кофа е проведено изследване и е направена оценка на възможностите за установяване на дефекти с малки размери и форма на цепнатини в областта на фугите между огнеупорните тухли.

При провеждане на изследването са разгледани две конфигурации-комбинация от вертикален и хоризонтален дефект и само на вертикален дефект. Установено е, че при изследваните дълбочини изотермите на горещите петна на повърхността, формирани от двата вида дефекти имат форма на окръжности или елипси и действителната форма на повредата не се проектира еднозначно върху температурното поле на повърхността. За оценка на действителната форма трябва да бъдат прилагани допълнителни диагностични процедури с отчитане на изменението на температурния градиент в различни направления на горещото петно.

5.8. Mihailov Em., V. Petkov, Model Based Diagnosis of Ladle Refractory Lining, Structural Integrity and Life, Vol. 10, No 3, 2010, 215-218. (IF 0,342)

Проведено е симулационно изследване на нестационарното топлинно състояние на стената на реално действаща 125t стоманоразливна кофа през първите пет технологични цикъла след спиране на кофата за по-дълъг период от време и последващото ѝ разгриване за пускане в експлоатация. Изследвано е изменението на температурата във времето за областите на топлинната изолация без дефекти и такива с повредени участъци. На базата на усреднените стойности и установен температурен график на метала са разработени гранични условия за провеждане на числено изследване на нестационарното температурно състояние на огнеупорната изолация на кофата.

В резултат на изследването е установен броя на технологичните цикли, за които топлинната изолация на кофата достига максимума на своята акумулационна способност. На базата на особеностите на технологичния процес и конструкциите на отделните агрегати, на които престоява кофата по време на работа е направена оценка на мястото и времето за провеждане на мониторинг с помощта на термовизионна камера. Установен е критерий по отношение на максималната температурна разлика на повърхността, при който кофата да бъде отстранена от работа незабавно.

5.9. Михайлов Ем., В. Петков, Определяне на топлофизически константи и верификация на математични модели за диагностика на металургични обекти, 19-ти Международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", Хотел „Жеравна” – Баня, 10-11.11.2011 г., стр. 71-74.

Изследвани са температурните полета при различни варианти на конфигуриране на изолацията и е разработена процедура за определяне стойността на коефициента на конвективно топлоотдаване от външната повърхност на стената на металургичен обект. Разработената процедура в комбинация с реално измерени стойности за температурата на околната среда, степента на чернота и температурата на повърхността могат да бъдат използвани за задаване на прецизни гранични условия при решаване на обратната задача на топлопроводността за диагностика на състоянието на огнеупорната изолация.

5.10. Петков В., Ем. Михайлов, К. Бошнаков, Обратни задачи в диагностиката на повреди в изолацията на металургична кофа. Трудове на международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", 12-13.10.2010, стр. 69-72.

За определяне на геометрията на повредите на базата на температурното разпределение по повърхността на стената на високотемпературен агрегат е разработен 2-D математичен модел и изчислителна процедура с използване на метода на крайните разлики за решаване на обратната (т. нар. некоректно поставена) задача на топлопроводността. Разработената изчислителна процедура позволява при

задаване на температурното поле, измерено с помощта на инфрачервена термовизионна камера и граничните условия за двете повърхности да бъде определяна геометрията на вътрешната повърхност. Доказана е възможността резултатите от термографските измервания да бъдат използвани за определяне на износването на огнеупорната изолация на високотемпературни агрегати

Тематично направление 6.

Приложение на инфрачервената термография за диагностика на състоянието на изолация на високотемпературно оборудване

- 6.1. *Mihailov Em.* and V. Petkov, "Case-Based Approach for Diagnosis of Metallurgical Ladle Lining", Proceedings of The 4th International Conference Processing and Structure of Materials, Palic, Serbia, 27-29 May 2010.
- 6.2. Хаджийски М., *Ем. Михайлов*, В. Петков, On-line инфрачервена диагностика на изолацията на металургична кофа, работеща в периодичен режим, Трудове на Юбилейната научна конференция с международно участие „40 години катедра „Автоматизация на производството”“ 18.03.2011, София, стр. 95-98.
- 6.3. *Михайлов Ем.*, К. Бошнаков, В. Петков, Оценка на състоянието на огнеупорната изолация на металургични съоръжения по термографски измервания, Международна конференция „Автоматика и информатика 2010”, 3-7 октомври 2011, София, България, стр. В335-В338.
- 6.4. Петков В., *Ем. Михайлов*, К. Бошнаков, В. Чакърлова, Диагностика на металургични кофи чрез решаване на обратната задача, 19-ти Международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", Хотел „Жеравна” – Баня, 10-11.11.2011 г., стр. 67-70.
- 6.5. Хаджийски М., *Ем. Михайлов*, В. Петков, и Г. Ружеков, Изолиране и диагностика на повреждания в изолацията на стоманоразливна кофа по преки термовизионни изображения, сп. „Машиностроене и машинознание”, 17, кн. 3, 2012, 96-101.
- 6.6. *Mihailov Em.*, V. Petkov, I. Doichev, K. Boshnakov, Model-Based Approach for Investigation of Ladle Lining Damages, International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.), Vol. 7, 2, February 2013, pp. 276-281. (IF 6,46)
- 6.7. *Михайлов Ем.*, М. Хаджийски, В. Петков, и Г. Ружеков, Диагностика на състоянието на изолацията на металургична кофа по преки и косвени показатели, сп. „Машиностроене и машинознание”, 17, кн. 3, 2012, 102-107.
- 6.8. Dukovska L, V. Petkov, *Ем. Mihailov*, S. Vasileva, Image Processing for Technological Diagnosis of Metallurgical Facilities, Cybernetics and Information Technologies , Vol. 12, No 4, 2012, pp. 66-76.
- 6.9. *Михайлов Ем.*, М. Хаджийски, В. Петков, Коста Бошнаков, Изследване на възможностите за диагностициране на съставни дефекти в стената на стоманоразливна кофа, сп. „Автоматика и информатика”, 2014, (под печат).

- 6.10. Boshnakov, K.P., Doukovska, L.A., Mihailov, E.G., Petkov, V.I., Vassileva, S.I., Kojnov, S.L., Predictive maintenance model-based approach for objects exposed to extremely high temperatures, ISBN 978-1-4673-6319-8, Jachranka Village, POLAND, June 5-7, 2013, pp.1-5
- 6.11. Хаджийски М., В. Петков, *Ем. Михайлов*, К. Бошнаков, Моделно-базирана инфрачервена диагностика на състоянието на изолацията на металургични кофи, 19-ти Международен симпозиум "Управление на топлоенергийни обекти и системи", Хотел „Жеравна” – Банкя, 10-11.11.2011 г., стр. 55-60.
- 6.12. Petkov V., M. Hadjiski, K. Boshnakov, *Em. Mihailov*, Diagnosis of Metallurgical Ladle Refractory Lining Based on Non-Stationary On-Line Data Processing, Cybernetics and Information Technologies , Vol. 13, No 2, 2013, pp. 122-130.

6.1. *Mihailov Em.* and V. Petkov, “Case-Based Approach for Diagnosis of Metallurgical Ladle Lining”, Proceedings of The 4th International Conference Processing and Structure of Materials, Palic, Serbia, 27-29 May 2010.

Предложен е подход и процедура за организиране на диагностика на повредите в огнеупорната изолация на 125t стоманоразливна кофа на базата на прецедентите (Case-Based Diagnosis) и разпознаване на дефекти при сравнение на диагностични признаци, получени от термографски измервания с множество други, от база данни за различни дефекти и установяване на “най-близкия съсед” като най-вероятен. Предложеният подход се основава на изграждането на база данни с прецеденти и съответстващите им диагностични признаци с помощта на разработения 3D математичен модел на топлинната изолация на кофата. По този начин са генерирани диагностични признаци за голям брой “идеални” случаи с различна конфигурация и дълбочина на повредата. Получените резултати от термографско измерване за температурното поле на повърхността на кофата в областта на дефектите при отчитане на реалните условия се подлагат на процедури за генериране на диагностични признаци, които се използват за съпоставка със заложените в база данни за идеалните случаи. След организиране на процедура по съпоставка и оценка по различните признаци за определяне на най-близките такива се провежда анализ за установяване на най-вероятната конфигурация и разположение на реалния дефект.

6.2. Хаджийски М., *Ем. Михайлов*, В. Петков, On-line инфрачервена диагностика на изолацията на металургична кофа, работеща в периодичен режим, Трудове на Юбилейната научна конференция с международно участие „40 години катедра „Автоматизация на производството””18.03.2011, София, стр. 95-98.

6.3. *Михайлов Ем.*, К. Бошнаков, В. Петков, Оценка на състоянието на огнеупорната изолация на металургични съоръжения по термографски измервания, Международна конференция „Автоматика и информатика

2010”, 3-7 октомври 2011, София, България, стр. В335-В338.

Разработен е моделно основаващ се подход за оценка на текущото състояние на огнеупорната изолация на металургични съоръжения на базата на термографската картина на външната повърхност, получена с инфрачервена камера.

В резултат на проведеното изследване на температурното поле на горещото петно на повърхността на стоманоразливна кофа, което се формира при наличие на повреда в стената е установено, че градиентните стойности, изчислени по отделните направления, могат да бъдат използвани като диагностичен признак (белег) за оценка на остатъчната дебелина на стената в областта на повредата.

Изведени са апроксимационни зависимости за определяне на параметрите на повредата на база на резултати за температурното поле на изолацията на стоманоразливната кофа. Получените зависимости за диагностициране на параметрите на дефекта, при предпоставки за стационарност на топлинното състояние могат да бъдат използвани за предсказване на остатъчната дебелина на изолацията в областта на дефекта при задаване на стойности, получени от термовизионни изследвания в реални условия.

Установено е, че моделно базирания диагностичен подход, включващ комплексното използване на математичното моделиране на топлинното и температурно състояние на огнеупорната изолация и статистическа обработка на получените резултати за извеждане на апроксимиращи функции за параметрите на повредата, в комбинация с резултати от термовизионно измерване на повърхностната температура е напълно приложим за on-line диагностика. Прилагането на подобни функции е свързано с отчитане на температурните полета, и извеждане на градиентни стойности, което налага използване на специално разработени процедури, алгоритми за оценка и софтуер, анализиращ получените резултати.

6.4. Петков В., *Ем. Михайлов*, К. Бошнаков, В. Чакърлова, Диагностика на металургични кофи чрез решаване на обратната задача, 19-ти Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Баня, 10-11.11.2011 г., стр. 67-70.

За определяне на геометрията на повредите на базата на температурното разпределение по повърхността на стената на високотемпературен агрегат е разработен 3-D математичен модел и изчислителна процедура с използване на метода на крайните разлики за решаване на обратната (т. нар. некоректно поставена) задача на топлопроводността. Разработената изчислителна процедура позволява при задаване на температурното поле, измерено с помощта на инфрачервена термовизионна камера и граничните условия за двете повърхности да бъде определяна геометрията на вътрешната повърхност. Доказана е приложимостта на разработената изчислителна процедура за определяне на износването на огнеупорната изолация на високотемпературни агрегати при използване на резултатите от термографски измервания.

6.5. Хаджийски М., *Ем.Михайлов*, В.Петков, и Г.Ружеков, Изолиране и диагностика на повреди в изолацията на стоманоразливна кофа по преки термовизионни изображения, сп. „Машиностроене и машинознание”, 17, кн. 3, 2012, 96-101.

6.6. *Mihailov Em.*, V. Petkov, I. Doichev, K. Boshnakov, Model-Based Approach for Investigation of Ladle Lining Damages, International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.), Vol. 7, 2, February 2013, pp. 276-281. (IF 6,46)

Разработен е подход за анализиране на резултатите от термовизионни измервания на повърхностната температура на стоманоразливна кофа и извличане на диагностични белези от горещите петна, формирани в резултат на повреди в огнеупорната изолация. На базата на резултатите от 3D математичен модел, описващ топлообмена в огнеупорната изолация на стоманоразливна кофа при съответните начални и гранични условия и прилагане на разработения подход са изведени диагностични модели за оценка на състоянието на стената на стоманоразливна кофа по данни от термовизионни измервания.

При използване на резултатите от симулацията на температурното поле на стената на стоманоразливната кофа и изведените апроксимиращи зависимости, експлоатационните правила и експертен опит са дефинирани система от правила за класифициране на повредите.

Подходът е достатъчно общ и може да се приложи върху редица подобни високотемпературни металургични агрегати – електродъгови пещи, агрегати за извънпещна обработка на стомана, елементи от машините за непрекъснато леење на заготовки.

6.7. *Михайлов Ем.*, М.Хаджийски, В.Петков, и Г.Ружеков, Диагностика на състоянието на изолацията на металургична кофа по преки и косвени показатели, сп. „Машиностроене и машинознание”, 17, кн. 3, 2012, 102-107.

Предложен е метод за диагностика на състоянието на изолацията на металургична кофа, използващ косвени показатели, получени на база на първичната информация от термовизионните изображения. Предложеният подход осигурява по-голяма чувствителност и робастност на диагностичните оценки при определени операционни ситуации.

6.8. Dukovska L, V.Petkov, *Em. Mihailov*, S. Vasileva, Image Processing for Technological Diagnosis of Metallurgical Facilities, Cybernetics and Information Technologies , Vol. 12, No 4, 2012, pp. 66-76.

Направен е преглед на основните методи на анализиране на изображения, получени при измерване с термовизионни камери. Включени са примери за приложение на техниките на имидж процесинга за целите на технологичната диагностика и предсказващото поддържане на агрегатите.

Комбинираното прилагане на съвременните интелигентни методи за диагностика заедно с техниките за обработка на изображения допринасят за подобряване на анализа и резултатите от диагностиката.

6.9. Михайлов Ем., М. Хаджийски, В.Петков, Коста Бошнаков, Изследване на възможностите за диагностициране на съставни дефекти в стената на стоманоразливна кофа, 21-ви Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Банкя, 07-08.11.2013 г., стр. 45-49.

6.10. Boshnakov, K.P., Doukovska, L.A., Mihailov, E.G., Petkov, V.I., Vassileva, S.I., Kojnov, S.L., Predictive maintenance model-based approach for objects exposed to extremely high temperatures, ISBN 978-1-4673-6319-8, Jachranka Village, POLAND, June 5-7, 2013, pp.1-5.

Анализирани са възможностите за прилагане на директна оценка на установените в резултат на термовизионно измерване горещи петна със сложна неправилна форма, формираща се в резултат на различна комбинация от дефекти.

Установено е, че за случаите на ясно очертани ядра на горещото петно при разстояние между двата дефекта след анализ биха могли да бъдат използвани апроксимационните зависимости за определяне на дълбочината на всеки от тях, а за случаите на допир и припокриване на дефектите за установяване на точната дебелина в областта на дефекта трябва да бъдат използвани допълнителни процедури за прецизиране на получените резултати.

6.11. Хаджийски М., В. Петков, Ем. Михайлов, К. Бошнаков, Моделно-базирана инфрачервена диагностика на състоянието на изолацията на металургични кофи, 19-ти Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Банкя, 10-11.11.2011 г., стр. 55-60.

Разработен е обобщен подход за диагностика на състоянието на изолацията на металургична кофа на базата на информация от инфрачервени термограми на повърхността на металната конструкция, включващ оценка на достоверността на термограмата; създаване и използване на достатъчно представителна база от решения на правата задача на стационарна топлопроводност и обобщение на получените прецеденти с въвеждане на параметрично представяне на получените решения и приложение на диагностични процедури на базата прецедентите.

6.12. Petkov V., M. Hadjiski, K. Boshnakov, Em. Mihailov, Diagnosis of Metallurgical Ladle Refractory Lining Based on Non-Stationary On-Line Data Processing, Cybernetics and Information Technologies , Vol. 13, No 2, 2013, pp. 122-130.

Представен е нов подход за диагностика на остатъчната дебелина на изолацията на металургична кофа, работеща в периодичен режим. Методът се базира на измерените с помощта на инфрачервена камера данни за амплитудата и фазовата разлика на периодично изменящата се максималната

температура в областта на повредата при реализиране на отделните технологични цикли на работа.

Процедурата предвижда използване на данните от термовизионните измервания за прецизно итеративно настройване на коефициентите на основните регресионни уравнения, за подобряване на точността при определяне на основните диагностични параметри.

Проведеният анализ показва, че разработеният метод позволява да бъде направена надеждна оценка на средната остатъчна дебелина на огнеупорната облицовка на металургичната кофата в процеса на работа.

Тематично направление 7.

Приложение на инфрачервената термография при предсказващо поддържане на технологични обекти

- 7.1. Бошнаков К., М. Хаджийски, *Ем. Михайлов*, Предсказващо поддържане на технологични съоръжения, 19-ти Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Баня, 10-11.11.2011 г., стр. 61-66.
- 7.2. Бошнаков К., Т. Гинчев, В. Петков, *Ем. Михайлов*, Стратегия за предсказващо поддържане на Pierce-Smith конвертори, Годишник на Техническия университет-София, ISSN 1311-0829, Том 62, кн.1, 2012, стр.345-354.
- 7.3. *Михайлов Ем.*, В. Петков, К. Бошнаков, И. Дойчев, Предсказващо поддържане на стоманоразливни металургични кофи, 20-ти Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Баня, 09-10.11.2012 г. стр. 65-70.
- 7.4. *Михайлов, Ем.* В. Петков, К. Бошнаков, И. Дойчев, Изследване на температурното състояние на изолацията на кофата в процеса на обработване и разливане на стоманата, Научни известия на НТМС, ISSN 1310-3946, XX, 1(130), 2012, стр.125-128.

7.1. Бошнаков К., М. Хаджийски, Ем. Михайлов, Предсказващо поддържане на технологични съоръжения, 19-ти Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Баня, 10-11.11.2011 г., стр. 61-66.

Разгледани са утвърдилите се методи за техническо поддържане на технологични съоръжения, като е акцентувано върху същността и предимствата на предсказващото поддържане. Направена е връзка между оперативното управление и техническото поддържане.

Разработена е процедура за предсказващо поддържане на металургична кофа, включваща извеждане на аналитико-експериментални модели за общото износване и това в областта на локалните повреди на огнеупорната изолация на металургична кофа, чиито параметри се оценяват

рекурентно за конкретната огнеупорна изолация. Създадени са прогнозиращи математични модели, които се адаптират по периодични термографски анализи на повърхността на кофата. На базата на обработване на изображенията от термографски измервания на повърхностната температура на кофата се провежда оценка на показателите на износване, адаптация на параметрите на изведените математични модели и прогнозиране на максимално възможния брой технологични цикли.

7.2. Бошнаков К., Т. Гинчев, В. Петков, *Ем. Михайлов*, Стратегия за предсказващо поддържане на Pierce-Smith конвертори, Годишник на Техническия университет-София, ISSN 1311-0829, Том 62, кн.1, 2012, стр.345-354.

Разработена е функционална схема за предсказващо поддържане на Pierce-Smith конвертори, включваща предварителна обработка на постъпващата информация, прогнозиране на състоянието на фурмите при следващите плавки въз основа на текущото състояние, процедури за подпомагане на вземането на решения за управление на състоянието на фурмите и прекратяване на кампанията въз основа на направените прогнози и анализ на риска.

Процедурите за подпомагане на вземането на решения са разработени по метода на прецедентите (Case-Based Reasoning).

7.3. *Михайлов Ем.*, В. Петков, К. Бошнаков, И. Дойчев, Предсказващо поддържане на стоманоразливни металургични кофи, 20-ти Международен симпозиум “Управление на топлоенергийни обекти и системи”, Хотел „Жеравна” – Банкя, 09-10.11.2012 г. стр. 65-70.

Разработен е алгоритъм за изпълнение на процедура за предсказване на остатъчния живот на оборудването, базиращ се на изпълняване на последователни инспекции и диагностика на състоянието на огнеупорната изолация с еднакъв интервал от време до достигане на критичната степен на износване на стената на кофата. Алгоритъмът предвижда определяне на времето между инспекциите в зависимост от прогнозата за оставащата дебелина на изолацията и доверителния интервал на оценката за оставащия брой технологични цикли. При достигане до отрицателна оценка за оставащия брой плавки и реализиране на предпазлива стратегия, се препоръчва спиране на кампанията за подробна оценка и анализ на състоянието кофа.

На базата на анализ на процесите на производство на стоманенни полупродукти и диагностични процедури за предсказване на състоянието на оборудването с помощта на математично моделиране на състоянието на кофата и термовизионни измервания е разработена стратегия за предсказващо поддържане. Представената стратегия се основава на конкретната оценка за оставащото време на експлоатация, съвместно с цяла съвкупност от фактори, обхващащи организацията на работа и състоянието на агрегатите от целия технологичен поток на базата на резултатите от диагностичните процедури до момента и предстоящите за решаване

производствени задачи, при отчитане включително и на процесите на доставка на суровини, резервни части и материали за провеждане на ремонти.

7.4. Михайлов, Ем. В. Петков, К. Бошнаков, И. Дойчев, Изследване на температурното състояние на изолацията на кофата в процеса на обработване и разливане на стоманата, Научни известия на НТСМ, ISSN 1310-3946, XX, 1(130), 2012, стр.125-128.

Направена е оценка на температурното поле и топлинните загуби в процеса на експлоатация на стоманоразливните кофи през времето на цялата им кампания, между два основни ремонта на изолацията. При провеждане на изследването е симулирано общото износване на стената на кофите в различни моменти от кампанията между два капитални ремонта. Установено е, че в края на кампанията на кофата топлинните загуби се увеличават двойно в сравнение с тези при новоизградена изолация, което изисква по-голям разход на електроенергия на кофъчно пещната инсталация за достигане и поддържане на необходимата температура за разливане. Това налага в процеса на предсказващото поддържане на оборудването, освен за безаварийна работа на кофата, трябва да се следи и за увеличаващия се разход на енергия, който е необходим за спазване на температурния режим, наложен от технологичния регламент.

Тематично направление 8.

Обучение по топлинна ефективност и диагностика чрез комбиниране на математично моделиране и термовизия

- 8.1.Hadjiski,M., V. Petkov, K. Boshnakov, *Em. Mihailov* and G. Ruzhekov, Laboratory of Multidisciplinary and Interdisciplinary Education, Proceedings of the ekoMEDIA-Europe 2010 Annual Conference, 5th Thematic Conference "ICT and Lifelong Learning in All Types of Education: Does This Promote Cultural Diversity?", Kalamata, Greece, 9-13 May 2010, pp.33-38.
- 8.2.Хаджийски,М., К. Бошнаков, В. Петков, *Ем. Михайлов*, Г.Ружеков, М. Божкова, и С. Койнов, Обучение по топлинна ефективност и диагностика чрез комбиниране на математично моделиране и термовизия, сп. „Автоматика и информатика“, бр.1, 2011, 72-74.
- 8.3.*Mihailov Em.*, M.Hadjiski, and V. Petkov, Case-Based Diagnosis and Interdisciplinary Education, Proceedings of the ekoMEDIA-Europe 2010 Annual Conference, 5th Thematic Conference "ICT and Lifelong Learning in All Types of Education: Does This Promote Cultural Diversity?", Kalamata, Greece, 9-13 May 2010, pp.99-102.
- 8.4.Petkov V., G. Ruzhekov, K. Boshnakov, and *Em. Mihailov*, Education and Training on Infrared Diagnosis, Proceedings of the ekoMEDIA-Europe 2010 Annual Conference, 5th Thematic Conference "ICT and Lifelong Learning in All Types of Education: Does This Promote Cultural Diversity?", Kalamata, Greece, 9-13 May 2010, pp.89-94.

8.5. Петков В., *Ем. Михайлов*, К. Бошнаков, Г. Ружеков и С. Койнов, Диагностика с пасивна и активна инфрачервена термография, сп. „Автоматика и информатика”, бр. 3, 2010, 19-23.

8.1. Hadjiski, M., V. Petkov, K. Boshnakov, *Em. Mihailov* and G. Ruzhekov, Laboratory of Multidisciplinary and Interdisciplinary Education, Proceedings of the ekoMEDIA-Europe 2010 Annual Conference, 5th Thematic Conference “ICT and Lifelong Learning in All Types of Education: Does This Promote Cultural Diversity?”, Kalamata, Greece, 9-13 May 2010, pp.33-38.

8.2. Хаджийски, М., К. Бошнаков, В. Петков, *Ем. Михайлов*, Г. Ружеков, М. Божкова, и С. Койнов, Обучение по топлинна ефективност и диагностика чрез комбиниране на математично моделиране и термовизия, сп. „Автоматика и информатика”, бр.1, 2011, 72-74.

Описана е създадената от авторите лаборатория за мултидисциплинарно и интердисциплинарно обучение по топлотехнически изследвания и интелигентна диагностика.

Представени са концепцията и възможностите за приложение на основния стенд в изградената лаборатория.

Основната концепция при изграждане на лабораторията се основава на съвместното използване на компютърното и физично моделиране при представяне на резултатите от теоретичните модели на универсален 2D термичен модел.

Представена е разработената мултифункционална лабораторна система за обучение по топлинна ефективност и диагностика и е описан един от основните елементи на лабораторията, а именно лабораторният стенд с мултифункционално предназначение.

Разработената лабораторна система се основава на комплексното използване на математични и физични модели за симулиране и реализиране в лабораторни условия на температурните полета, възникващи на повърхностите на технологични обекти и сгради. Главният стенд се състои от следните четири модула: модул със задачи, модул за моделиране и симулиране, операционен модул и изпълнителен модул.

На моделиращия компютър се решава математичен модел на процеса, като се изчислява температурното поле на конкретна област от повърхността на изследвания технологичен обект.

Основен елемент на лабораторията е разработеният от авторите физичен модел, върху който се симулира топлинното състояние на определена част от повърхността на технологичния обект. Физичният модел е термостена, на която е реализирана матрица с размерност 10x10 клетки, като във всяка клетка са монтирани 5W нагревател и термодвойка. Температурата на всеки един от стотте елемента се управлява от отделен контур на програмируем логически контролер (PLC). Заданията на системите за регулиране на температурата на отделните елементи съответстват на изчисленото от модела температурно поле и се формират от операционния компютър, на който е инсталирана SCADA система.

На диагностичния компютър с използване на интелигентни техники се

решава задачата за възстановяване на състоянието на недостъпни за наблюдение елементи на изследвания обект. В зависимост от целите на изследването е предвидена възможност за изменения в температурата на околната среда, скоростта на въздуха и влажността му, което създава условия за провеждане на измерванията в реална среда.

В лабораторията могат да бъдат обучавани студенти в областта на автоматизация на производството, индустриална информатика, топлотехника, теория на управлението, изкуствен интелект, операционни изследвания и др.

Всяка от изброените дисциплини може да бъде изучавана в комбинация с друга, което доказва възможностите за интердисциплинарност на представения лабораторен стенд.

8.3. Mihailov Em., M.Hadjiski, and V. Petkov, Case-Based Diagnosis and Interdisciplinary Education, Proceedings of the ekoMEDIA-Europe 2010 Annual Conference, 5th Thematic Conference “ICT and Lifelong Learning in All Types of Education: Does This Promote Cultural Diversity?”, Kalamata, Greece, 9-13 May 2010, pp.99-102.

Разработената многофункционална и интердисциплинарна лаборатория на базата на съвместното използване на компютърно и физическо моделиране чрез реализиране на двумерно температурно поле се прилага в интердисциплинарно обучение в областта на диагностика, основаваща се на прецедентите (Case-Based Diagnosis). Интердисциплинарното взаимодействие е между редица инженерни дисциплини, свързани с топлообменните процеси, инфрачервена термография, разпознаване на образи, изкуствен интелект, диагностика и др.

При използване на разработения за целите на подобни изследвания математичен модел, изчисляващ нестационарното температурно поле в огнеупорната изолация на 125t металургична кофа е представена процедура за приложение на диагностика, основаваща се на прецедентите. С помощта на математичния модел се получават резултати за горещите петна на външната повърхност при симулиране на голям брой “идеални” случаи на повреди с различна форма и разположение по дълбочина на стената. Изградени са диагностични процедури на базата на прецедентите (Case-Based Diagnosis), които могат да бъдат използвани като основа за инженерна диагностика при оценка и вземане на решения за извършване на коригиращи действия. Предлагаият подход дава възможност за диагностика на стената на стоманоразливна кофа на базата на съпоставка с различни видове дефекти.

Диагностиката, основаваща се на прецедентите е чудесна основа за интердисциплинарно обучение по диагностика, вземане на решения, разработване на правила, класифициране и др.

8.4. Petkov V., G. Ruzhekov, K. Boshnakov, and Em. Mihailov, Education and Training on Infrared Diagnosis, Proceedings of the ekoMEDIA-Europe 2010 Annual Conference, 5th Thematic Conference “ICT and Lifelong Learning in All Types of Education: Does This Promote Cultural Diversity?”, Kalamata, Greece, 9-13 May 2010, pp.89-94.

Представени са възможностите за обучение в областта на диагностиката с инфрачервени камери в създадената лаборатория за топлотехнически изследвания и интелигентна диагностика.

В лабораторията се предвижда провеждането на теоретично и практическо обучение с приложението на класически методи с използване на мултимедийни презентации, използване на компютри и симулации, електронно обучение.

Практическото обучение в лабораторията предвижда използване на стендове, свързани с теоретичните основи на използваните прибори и методи, приложение на хибридни стендове, свързани с комплексното използване на математични и физични модели.

Използването на стендове, свързани с теоретичните основи на използваните прибори и методи, включва настройката и приложението на отделни прибори, отчитането (установяването) на отделни параметри, необходими за настройка на измервателните прибори, отчитането на влиянието на температурата, скоростта и влажността на въздуха при провеждане на термографски измервания, отчитането и разпознаването на различните видове дефекти и повреди в топлинни изолации и ограждащи елементи на технологично оборудване, отчитането на вибрациите и температурата на различни тела и детайли.

За настройката и приложението на отделни прибори се използва обект, на чиято повърхност се реализира симетрично температурно поле.

За установяването на отделни параметри, необходими за настройка на измервателните прибори се използва обект, съоръжен с нагревателни елементи за създаване на равномерно температурно поле на повърхността, върху която са нанесени покрития с различна степен на чернота.

За отчитането и разпознаването на различните видове дефекти и повреди в топлинни изолации и ограждащи елементи на технологично оборудване се използва обект, на чиято вътрешна повърхност са нанесени дефекти с различна форма и дълбочина.

За провеждане на обучението лабораторията разполага с инфрачервена (термографска) камера ($-20 \div 1600$ °C), инфрачервен комбиниран термометър ($-50 \div 1600$ °C) за безконтактно и контактно измерване на температурата, контактни термодвойки, прибори за измерване на налягане, скорост, температура и влажност на газове, специализиран, стандартен и in-house софтуер за провеждане на числени анализи и диагностика на топлинни обекти.

8.5. Петков В., *Ет. Михайлов*, К. Бошнаков, Г. Ружеков и С. Койнов, Диагностика с пасивна и активна инфрачервена термография, сп. „Автоматика и информатика”, бр. 3, 2010, 19-23.

Представени са основните методи и различните подходи за приложение на инфрачервената термография за диагностика на промишлени инсталации. Разгледани са основните характеристики на активния и пасивен подход на измерване. Описан е разработения за обучение на студенти стенд за активна термография, предназначен за откриване на дефекти в обема на изследваното тяло на базата на изменение на температурното поле на повърхността, към която е подаден топлинен импулс. Като генератор на топлинния импулс се използват четири ксенонови лампи, работата на които се

управлява от персонален компютър с помощта на специално разработен да целта софтуер. Термограмите на повърхностното температурно разпределение се регистрират и записват с помощта на термовизионна камера TrotecIC 12LV, измерваща температури в диапазона $-20 \div 1500$ °C с разделителна способност 384x288 пиксела.

Представена е методиката за обработване на резултатите от термограмите с дискретно преобразование на Фурие. Описаният стенд и метод са приложими за безразрушителен контрол на широк кръг материали и може да бъде използван за обучение на студенти в областта на топлотехниката, безразрушителния контрол и контролно-измервателна техника.

Тематично направление 9.

Публикации в областта на моделиране на хидроднамични процеси и газифициране на биомаса

Математично моделиране на хидроднамични процеси

- 9.1. Пенкова Н., Илиев В., *Михайлов Е.*, Моделиране и компютърна симулация на неустановено изтичане на течност, Механика на машините, 4, 2010, 18-21
- 9.2. Manca O., S. Nardini, P. Romano, Em. Mihailov, Numerical Investigation on Thermal and Fluid Dynamic Behaviors of Solar Chimney Building Systems, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 49, 1, 2014, pp.106-115.

Газифициране на биомаса за енергетични цели

- 9.3. Petkov V., Em. Mihailov, N. Kazakova, Modeling of Biomass Gasification, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 49, 1, 2014, pp.94-98.

9.1. Пенкова Н., Илиев В., Михайлов Е., Моделиране и компютърна симулация на неустановено изтичане на течност, Механика на машините, 4, 2010, 18-21

Представен е математичен модел на неустановено изтичане на течност от отворен резервоар и стъпките за решаването му в среда ANSYS/CFX. Задачата е разработена с цел да помогне процеса на обучение в областта на математичното моделиране и компютърната симулация на процесите

Представеният математичен модел на неустановеното изтичане на течност може да бъде използван при обучение по моделиране и симулиране на хидродинамични процеси в среда ANSYS/CFX, и в други среди за компютърна симулация.

Алгоритъмът на симулационния модел може да бъде използван при решаването на подобни задачи в техническата практика.

9.2. Manca O., S. Nardini, P. Romano, Em. Mihailov, Numerical Investigation on Thermal and Fluid Dynamic Behaviors of Solar Chimney Building Systems, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 49, 1, 2014, pp.106-115.

Представени са резултати от численото изследване на система на слънчев комин, разположен на южната фасада на сграда. Анализът е извършен с помощта на разработен за целта 3D математичен модел, отчитащ движението на въздушния поток, като за решаване на задачата е използван к-ε турбулентен модел. Изследвани са две геометрични конфигурации: 1) канал с една вертикална и една наклонена стена и 2) канал с вертикални, успоредни стени.

При провеждане на изчисленията е използван софтуерен продукт Ansys/ Fluent и резултатите са получени при постоянен топлинен поток от едната вертикална стена за два варианта на изследване - 300 и 600 W/m². На базата на получените резултати за разпределението на температурите на стените, скоростта на въздуха и температурните полета е направена оценка на влиянието на конфигурацията на стените. Получени са резултати с цел да се направи оценка на разликите между двете базови конфигурации.

Установено е влиянието от приложението на едната или другата конструкция.

Разработеният математичен модел може да бъде използван за обучение на студентите в областта на енергийната ефективност.

Газифициране на биомаса за енергетични цели

9.3. Petkov V., Em. Mihailov, N. Kazakova, Modeling of Biomass Gasification, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 49, 1, 2014, pp.94-98.

За изследване на процесите на газификация е разработен математичен модел, позволяващ за определен вид биомаса с конкретен химичен състав, температура на въздуха и температура в газификатора, чрез съвместното решаване на уравненията на масовия баланс на отделните компоненти с уравненията за равновесните константи и уравнението на енергийния баланс да бъдат определени еквивалентното съотношение за достигане на зададената температура и състава на произведения газ. Представени са графични зависимости за влиянието на температурата в газификатора и температурата на подгряване на въздуха при газификацията върху еквивалентното съотношение (между действително подаденото количества въздух за реализиране на процеса и теоретично необходимото количества въздух за пълното горене), долната специфична топлина на изгаряне и състава на получения газ.

Разработеният математичен модел позволява да бъдат определяни параметрите на процеса на газификация в зависимост от състава на подаваната суровина и може да бъде използван за оценка и проектиране на газификационното оборудване.

Разработеният модел може да бъде прилаган в обучението на студентите за оценяване на влиянието на параметрите на процеса върху параметрите на получавания газ.

Тематично направление 10.
Други публикации в областта на
развитие на потенциала на университетите

- 10.1. *Mihailov Em.*, Decreasing of Production Costs Trough Feeding of Solid-Phase Energy Sources in the Flash Smelting Furnace", Knowledge and Wealth Creation, UNESCO Sourcebook on Innovative Capacity Building at Universities, Selected Examples in Europe, Slovenian national Commission for UNESCO, Ljubljana, 2005, pp. 183-188.
- 10.2. *Mihailov Em.*, Integration Pollution and Prevention Control - Five Permits for Large Enterprises", UNESCO Sourcebook "Innovative Capacity Building at Universities", 2005, pp. 188-191.

При участие в проект на тема „Изграждане на иновативния капацитет на висшите учебни заведения“ на Университета в Любляна, Словения са разработени две части от печатното издание на проекта.

10.1. *Mihailov Em.*, Decreasing of Production Costs Trough Feeding of Solid-Phase Energy Sources in the Flash Smelting Furnace", Knowledge and Wealth Creation, UNESCO Sourcebook on Innovative Capacity Building at Universities, Selected Examples in Europe, Slovenian national Commission for UNESCO, Ljubljana, 2005, pp. 183-188.

Представен е процеса на въвеждане на Директива 96/61 на Европейския съюз в България и реализиране на проект: „България - пет комплексни разрешителни“ между Министерство на околната среда и водите, Български консултантски център, Датската агенция за опазване на околната среда, фирми Carl Bro a/s и NIRAS от Дания, пет фирми от химическата и металургична промишленост на България и консултанти от ХТМУ-София. Описани са взаимоотношенията и ролята на отделните организации в обучението на специалистите от МОСВ и ХТМУ в областта на изготвянето на Заявленията за издаване на комплексно разрешително и сравнения за съответствие и прилагане на най-добрите налични техники.

10.2. *Mihailov Em.*, Integration Pollution and Prevention Control - Five Permits for Large Enterprises", UNESCO Sourcebook "Innovative Capacity Building at Universities", 2005, pp. 188-191.

Описана е процедурата по сключване, организиране и изпълнение на изследователски договор: „Намаляване на производствените разходи чрез подаване на твърдофазни енергоносители във факелната пещ“ между ХТМУ – София и UMPC (сега AURUBIS България). Представени са възможностите за взаимодействие на университетите с бизнеса и включването в процеса на изпълнение на развойни проекти на студенти и бивши възпитаници, работещи в съответните фирми от промишлеността.

МОНОГРАФИЧЕН ТРУД

M1. Mihailov Em., V.Petkov, Heat Transfer in Process Integration: Modeling. Chapter 3 in Advances in Industrial Heat Transfer. Edition: Taylor & Francis Group, Publisher: CRC press. Taylor & Francis Group, Editors: Alina Adriana Minea, ISBN 9781439899076, 440p, 2012.

Направен е преглед на възможните схеми на интегриране на процесите от общия технологичен поток при производство на металургични продукти от черни метали. Представени са възможностите за намаляване на разхода на енергия и изискванията за ефективната реализация на технологията за “горещо зареждане”.

Представени особеностите на топлообменните процеси при непрекъснато разливане на стоманата, транспортирането на блоковете до прокатния цех и преддеформационното им нагряване. Описани са математичните модели на всеки етап от общия технологичен процес и начина за тяхната числена реализация с помощта на метода на крайните разлики.

Разработен е математичен модел, описващ процесите на топлообмен при престой и транспортиране на металните блокове от машината за непрекъснато разливане на стоманата до пещите за преддеформационно нагряване при производство на стоманени продукти. Математичният модел отчита топлинното и температурно състояние на всеки отделен блок, във всеки момент от времето в зависимост от конкретното му местоположение по хода на транспортните операции. При престой на блоковете в прокатния цех в математичния модел са предвидени два варианта на съхранение - в термоизолирана камера и на открито в цеха.

Изследвано е температурното разпределение в обема на блокове по време на транспортиране и престой в склада на прокатното производство. Направена е оценка на топлинното състояние на блоковете и остатъчното топлосъдържание, което може да бъде оползотворено при “горещо зареждане” в нагревателните пещи.

Разработен е математичен модел на преддеформационното нагряване на метала за определяне на температурните режими в зависимост от:

- местоположението на отделните блокове в работното пространство на пещта;
- температурното им състояние;
- химичния състав на метала;
- размерите на блоковете;
- времето, в което трябва да напуснат пещта.

Създаденият математичен модел позволява на базата на данните за температурното поле на блоковете на входа на пещта (в края на престой на щабел в прокатния цех) да бъдат определени оптималните режими на нагряване и да бъде направена оценка на разхода на енергия за нагряване в зависимост от вида на транспортните операции (начална температура на зареждане).