

POLITECHNIKA OPOLSKA

WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI I LOGISTYKI

Współorganizatorzy:

UNIwersytet Techniczny w Ostrawie (Czechy)

UNIwersytet Techniczny w Koszycach (Słowacja)

Instytut Problemów Stosowanych Mechaniki i Matematyki

Narodowej Akademii Nauk

we Lwowie (Ukraina)

Państwowy Moskiewski Uniwersytet Technologiczny „Stankin”

(Rosja)

Międzynarodowe seminarium naukowe

OPTYMALIZACJA STRUKTUR PROCESÓW WYTWÓRCZYCH - 2017

Materiały



**OPOLE
14 grudnia 2017**

OPOLE 2017

KOMITET NAUKOWY

PRZEWODNICZĄCY:

O. Hachkevych,
A. Stanik- Besler,
T. Wołczański.

CZŁONKOWIE:

M. Gajek, Cz. Górecki, E. Kulińska, M. Madej – Lachowska, I. Mulicka,
J. Pająk, W. Serebrjakov, L. Shvartsburg, A. Stanik-Besler, J. Szymczak.

KOMITET ORGANIZACYJNY:

B. Bozhenko, M. Ginter, R. Ivas'ko , I. Mulicka, , A. Stanik-Besler,
T. Wołczański.

JEDNOSTKI ORGANIZACYJNE:

Katedra Matematyki i Zastosowań Informatyki, Katedra Fizyki,
Katedra Inżynierii i Bezpieczeństwa Pracy.

ZAKRES TEMATYCZNY:

1. NAUKI PODSTAWOWE W PROCESACH WYTWÓRCZYCH
2. MODELOWANIE I OPTIMALIZACJA W PROCESACH WYTWÓRCZYCH
3. INŻYNIERIA BEZPIECZEŃSTWA W PROCESACH WYTWÓRCZYCH

SEKRETARIAT SEMINARIUM:

POLITECHNIKA OPOLSKA

Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki
Instytut Matematyki i Fizyki
Instytut Organizacji Procesów Wytwórczych
ul. Sosnkowskiego 31, 45-271Opole
tel. 077 – 449 87 21

SPIS TREŚCI

REFERATY ZAMAWIANE

| | |
|--|----|
| 1. O. HACHKEVYCH, A. STANIK-BESLER, T. WOLCZAŃSKI PROCESY WYTWÓRCZE. OSIĄGNIĘCIA I ROZWÓJ – 2017 | 9 |
| 2. T. WOLCZAŃSKI AKTUALNE PROBLEMY INŻYNIERII BEZPIECZEŃSTWA – 2017 | 14 |
| 3. O. HACHKEVYCH, R. IVAS’KO, R. KUSHNIR, A. STANIK-BESLER, J. SZYMCZAK MODELOWANIE W TERMOMECHANICE CIAŁ PRZEWODZĄCYCH ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY ODDZIAŁYWANIU QUASI-USTALONYCH PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH | 16 |
| 4. A. LACHOWSKI, M. MADEJ-LACHOWSKA BADANIE OPORÓW PRZEPLÝWU W MIKROREAKTORZE RUROWYM | 19 |

I. NAUKI PODSTAWOWE W PROCESACH WYTWÓRCZYCH

| | |
|--|----|
| 1. Cz. GÓRECKI KINETYKA PROCESU FIZYCZNEGO STARZENIA SZKIEŁ CHALKOGENIDKOWYCH $As_{10,2}Se_{89,8}$ I $As_9Se_{90}Bi_1$ BADANA METODĄ RÓŻNICOWEJ KALORYMETRII SKANINGOWEJ | 25 |
| 2. H. ŚCIEGOSZ SPRĘŻONE OSCYLATORY – METODA IZOKLIN ORAZ METODA PRZEKSZTAŁCEŃ OKRĘGU | 26 |
| 3. B. BOZHENKO, L. ONYSHKO, O. ONYSHKO, A. STANIK-BESLER FIZYCZNE PODSTAWY PROCESU ZNISZCZENIA KOMPOZYTOWEGO MATERIAŁU TYPU FIBROBETONU | 28 |
| 4. A. CHWASTYK TRAPEZOIDALNE SKIEROWANE LICZBY ROZMYTE | 29 |
| 5. V. KULYK, D. PĄCZKO PEWNE UOGÓLNIENIA METODY DOPEŁNIENIA SŁABO REGULARNYCH LINIOWYCH ROZSZERZEŃ DO REGULARNYCH | 31 |
| 6. H. KVASNYTSIA, H. SHYNKARENKO, B. VASYLYSHYN ANALIZA NUMERYCZNA EFEKTYWNOŚCI I PEWNOŚCI APOSTERIORYCZNEGO ESTYMATORA BŁĘDÓW MES DLA ZAGADNIENIA SKRĘCANIA PRĘTU | 33 |
| 7. E. KULIŃSKA, A. DUDA LOKALIZACJA ODDZIAŁÓW PRZEDSIĘBIORSTWA W ASPEKCIE LOGISTYKI TRANSPORTU | 35 |
| 8. E. KULIŃSKA, A. WOJNA ANALIZA CZYNNIKÓW RYZYKA ŁAŃCUCHA DOSTAW – CASE STUDY..... | 36 |
| 9. A. METELSKI DYDAKTYKA STATYSTYKI NA KIERUNKU INŻYNIERSKIM | 37 |
| 10. A. KOZIARSKA ANALIZA ANKIET ABSOLWENTÓW WYDZIAŁU INŻYNIERII PRODUKCJI I LOGISTYKI PO | 38 |

II. MODELOWANIE I OPTIMALIZACJA PROCESÓW WYTWÓRCZYCH

| | |
|--|----|
| 1. O. HACHKEVYCH, R. IVAS'KO, R. KUSHNIR, A. STANIK-BESLER, D. TARLAKOVSKII MODELE I METODY FIZYKI MATEMATYCZNEJ PRZY OPISIE QUASI-USTALONYCH PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH | 41 |
| 2. B. BOZHENKO, O. HACHKEVYCH, R. IVAS'KO, A. STANIK-BESLER, J. SZYMCZAK ZASTOSOWANIE FORMALIZMU ZESPOLONYCH AMPLITUD PRZY MATEMATYCZNYM MODELOWANIU PARAMETRÓW OPISUJĄCYCH QUASI-USTALONE POLE ELEKTROMAGNETYCZNE | 42 |
| 3. O. HACHKEVYCH, R. IVAS'KO, A. STANIK-BESLER, R. TERLETSKII, J. SZYMCZAK DO MODELOWANIA CZYNNIKÓW ODDZIAŁYWANIA QUASI-USTALONYCH PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH NA PRZEWODZĄCE ELEKTRYCZNOŚĆ CIAŁA LINIOWE WZGLĘDEM WŁASNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNYCH | 43 |
| 4. O. HACHKEVYCH, R. MUSIY, H. STASIUK, R. TERLETSKII, D. TARLAKOVSKII MODEL WARSTWY PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ DLA PROGNOZY CIEPLNYCH I MECHANICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI WYROBÓW PRZY OBRÓBCE ELEKTROMAGNETYCZNEJ Z WYKORZYSTANIEM JEDNOSTKOWEGO IMPULSU ELEKTROMAGNETYCZNEGO | 45 |
| 5. B. CHORNYI, K. GHAZARYAN, R. MUSIY, A. STANIK-BESLER, H. STASIUK MODEL WARSTWY PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ DLA PROGNOZY CIEPLNYCH I MECHANICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI WYROBÓW PRZY OBRÓBCE ELEKTROMAGNETYCZNEJ Z WYKORZYSTANIEM IMPULSOWEGO ODDZIAŁYWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO O PRZEBIEGU SINUSOIDY TŁUMIONEJ | 47 |
| 6. O. HACHKEVYCH, O. HUMENCHUK, N. MELNYK, R. MUSIY, A. STANIK-BESLER MODELOWANIE ELEKTROMAGNETYCZNYCH I TERMOMECHANICZNYCH PROCESÓW W DWUWARSTWOWYCH CIAŁACH PRZEWODZĄCYCH ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY ODDZIAŁYWANIU IMPULSOWYCH PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH O MODULACJI AMPLITUDY | 49 |
| 7. L. HAYEVS'KA, N. MELNYK, R. MUSIY, M. SOLODYAK, A. STANIK-BESLER WARIANT MODELU BIMETALICZNEJ PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ NIEFERROMAGNETYCZNEJ WARSTWY PRZY ODDZIAŁYWANIU JEDNORODNEGO NIESTACJONARNEGO POŁA ELEKTROMAGNETYCZNEGO | 51 |
| 8. R. IVAS'KO, N. MELNYK, R. MUSIY, A. STANIK-BESLER, A. TORS'KYI CIEPLNE I MECHANICZNE WŁAŚCIWOŚCI BIMETALICZNEJ WARSTWY PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY TECHNOLOGICZNYM ODDZIAŁYWANIU JEDNOSTKOWEGO IMPULSU ELEKTROMAGNETYCZNEGO | 53 |

| | |
|---|----|
| 9. M. HACHKEVYCH, O. HACHKEVYCH, R. KUSHNIR, V. MOZHAROVSKII, A. STANIK-BESLER | |
| OPTYMALIZACJA WZGLĘDEM STANU TERMICZNYCH NAPRĘŻEŃ REŻIMÓW TECHNOLOGICZNEGO NAGRZEWANIA KAWAŁKAMI JEDNORODNYCH SZKLANYCH POWŁOK. APPROKSYMACJA TEMPERATURY W ZAGADNIENIU PROSTYM PRZY POMOCY WIELOMIANU | 55 |
| 10. I. CHUPYK, M. HACHKEVYCH, L. HAYEV'S'KA, V. MOZHAROVSKII, A. STANIK-BESLER | |
| METODA OPTYMALIZACJI WZGLĘDEM STANU TERMICZNYCH NAPRĘŻEŃ KAWAŁKAMI JEDNORODNYCH SZKLANYCH POWŁOK. APROKSYMACJA TEMPERTATURY ORAZ DEFORMACJI CIEPLNYCH W ZAGADNIENIU PROSTYM PRZY POMOCY WIELOMIANU | 56 |
| 11. S. BUDZ, M. HACHKEVYCH, O. HACHKEVYCH, A. KOZIARSKA, B. TRISHCH | |
| OPTYMALNE WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ REŻIMY NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO SZKLANYCH KAWAŁKAMI JEDNORODNYCH POWŁOK PRZY POMOCY NIESTACJONARNEJ TEMPERATURY OTACZAJĄCEGO ŚRODOWISKA ZE STRONY ICH POWIERZCHNI ZEWNETRZNEJ | 58 |
| 12. B. BOZHENKO, S. BUDZ, K. GHAZARYAN, M. HACHKEVYCH, L. KIT | |
| MODEL OPTYMALIZACJI WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ REŻIMÓW WYŻARZANIA TERMOCZUŁYCH SZKLANYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCJI | 60 |
| 13. B. CHORNYI, M. HACHKEVYCH, E. IRZA, A. KOZIARSKA, A. RAWSKA-SKOTNICZNY | |
| MODEL OPTYMALIZACJI WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ REŻIMÓW WYŻARZANIA TERMOCZUŁYCH SZKLANYCH ELEMENTÓW WYROBÓW PRZY OGRANICZENIACH NA NAPRĘŻENIA ROZCIĄGAJĄCE | 61 |
| 14. O. KULYK, I. LYTVYN, I. MAHORKIN, M. MAHORKIN, A. MARYNOWICZ | |
| MODEL MATEMATYCZNY OPISU I OPTYMALIZACJI STANU CIEPLNEGO CYLINDRYCZNYCH ELEMENTÓW STAŁOWYCH PRZY LASEROWEJ TERMOOBRÓBCE POWIERZCHNI | 62 |
| 15. V. ASTASHKIN, B. BOZHENKO, L. ONYSHKO, O. ONYSHKO, A. STANIK-BESLER | |
| MODELOWANIE TERMOSPĘŻYSTEGO ZACHOWANIA WARSTWY Z NITINOLU PRZY TERMOMECHANICZNYM OBCIĄŻENIU | 64 |
| 16. V. ASTASHKIN, B. BOZHENKO, L. ONYSHKO, O. ONYSHKO, A. STANIK-BESLER | |
| MODELOWANIE I BADANIE STANU SPĘŻYSTEGO PRZESYCONEGO ROZCZYNU TWARDEGO PRZY ROZPADZIE | 65 |
| 17. I. CHUPYK, M. GAJEK, O. HACHKEVYCH, A. STANIK-BESLER, R. TERLETSKII | |
| MODELOWANIE SZCZĄTKOWYCH NAPRĘŻEŃ W TYTANOWEJ POWŁOCE OBROTOWEJ PRZY NAGRZEWANIU LOKALNYM, UWARUNKOWANYCH PRZEKSZTAŁCENIAMI FAZOWYMI | 66 |

III. INŻYNIERIA BEZPIECZEŃSTWA W PROCESACH WYTWÓRCZYCH

| | |
|---|----|
| 1. M. BARTOSZUK, A. NOSOL, P. WINIARSKI ANALIZA ZAGROŻEŃ WYNIKAJĄCYCH Z STOSOWANIA CIECZY OBRÓBKOWYCH W OBRÓBE SKRAWANIEM | 71 |
| 2. W. MACEK , I. ŁAPUŃKA, K. MAREK-KOŁODZIEJ ROZWÓJ PRODUKTU Z ZASTOSOWANIEM PODEJŚCIA PROJEKTOWEGO W ŚRODOWISKU CEE | 72 |
| 3. W. MACEK, L. WOJTYNEK BEZPIECZEŃSTWO PRACY W POLSKICH KOPALNIACH | 73 |
| 4. I. MULICKA BEZPIECZEŃSTWO JAKO WARTOŚĆ W ŻYCIU CZŁOWIEKA..... | 74 |
| 5. A. ROTKEGEL, Z. ZIOBROWSKI BEZPIECZNE USUWANIE CO ₂ Z WODNYCH ROZTOWRÓW AMIN POPRZEC ZASTOSOWANIE RUROWYCH MEMBRAN PDMS | 76 |
| 6. J. RUT KOMPUTEROWY SYSTEM NADZORU PROCESU PRODUKCJI | 77 |
| 7. J. RUT SYSTEM AKWIZYCJI DANYCH Z OBSZARÓW PRODUKCYJNYCH | 78 |
| 8. J. RUT, T. WOŁCZAŃSKI RFID – AUTOMATYCZNY SYSTEM REJESTRU PRZEPIYU PRODUKTÓW | 79 |
| 9. J. RUT, T. WOŁCZAŃSKI WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH W ORGANIZACJI PROCESÓW WYTWÓRCZYCH | 80 |
| 10. J. TREMBACZ, J. CIEŚLA BEZPIECZEŃSTWO PRACY AUTOMATYCZNEJ LINII PRODUKCYJNEJ W WYBRANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE BRANŻY MOTORYZACYJNEJ | 81 |
| 11. J. TREMBACZ, P. MAĆKÓW OCENA STANU BEZPIECZEŃSTWA WYBRANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA BRANŻY GASTRONOMICZNEGO | 82 |
| 12. T. WOŁCZAŃSKI, J. RUT, G. ADAMOWICZ, W. JASINIÓK PRZYCZYNY I SKUTKI WYPADKÓW PRZY PRACY ORAZ ICH ANALIZA W WYBRANYM ZAKŁADZIE PRZEMYSŁOWYM | 83 |
| 13. T. WOŁCZAŃSKI, J. RUT, G. ADAMOWICZ, M. JĘDRZEJCZYK SZKOLENIA OKRESOWE WYBRANEJ GRUPY PRACOWNIKÓW W PRZEDSIĘBIORSTWIE ORAZ ICH EFEKTYWNOŚĆ | 84 |
| 14. T. WOŁCZAŃSKI, J. RUT, G. ADAMOWICZ, A. KADECKA STAN TECHNICZNY, BEZPIECZEŃSTWO ORAZ WYMOGI TECHNICZNE DLA MASZYN WYKORZYSTYWANYCH W WYBRANYM PRZEDSIĘ- BIORSTWIE | 85 |
| 15. T. WOŁCZAŃSKI, J. RUT, G. ADAMOWICZ, A. MACHOŚ BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE WYBRANEGO OBIEKTU | 86 |
| 16. T. WOŁCZAŃSKI, E. BURKIEWICZ-JANIK, K. LACH ANALIZA STANU BEZPIECZEŃSTWA I HIGIENY PRACY PODCZAS ZAJĘĆ SZKOLNYCH W WARSZTATACH GASTRONOMICZNYCH | 87 |

REFERATY ZAMAWIANE



O. HACHKEYVYCH^{1,2}, A. STANIK-BESLER¹, T. WOŁCZAŃSKI¹

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

PROCESY WYTWÓRCZE. OSIĄGNIĘCIA I ROZWÓJ – 2017

Jedną z cech współczesnego światowego postępu jest nadal formowanie innowacyjnej ekonomii wiedzy oraz jej znaczenia, uwarunkowanych przyspieszonym rozwojem technologii, totalną komputeryzacją i automatyzacją, globalizacją i hiperkonkurencją, a także stale przyspieszającymi zmianami w organizacji wytwarzania. Przy tym podstawowym zadaniem przemysłu w obecnych czasach pozostaje produkcja globalnie konkurencyjnych i potrzebnych wyrobów nowego pokolenia w jak najkrótszych terminach i z gwarantowanym okresem eksploatacji. Dla pomyślnego rozwiązania tego zadania na danym etapie konieczne są: stała generacja, zastosowanie, magazynowanie i transfer nowoczesnej wiedzy, tworzenie i rozwijanie unaukowionych technologii, a następnie ich łączenie w technologiczne łańcuchy nowej generacji, opracowanie praktycznych innowacji w połączeniu z „numerycznymi” („inteligentnymi”) procesami wytwórczymi.

Dla rozbudowy procesów wytwórczych jednym z najważniejszych aspektów jest problem ich opracowania i ulepszania na podstawie ciągłego doskonalenia teoretycznych podstaw wspomnianych dziedzin wiedzy przez szerokie zastosowanie metod i aplikacji nauk podstawowych, modelowania matematycznego i statystycznego oraz technik optymalizacyjnych, z jednoczesnym uwzględnieniem szeroko pojętych zagadnień inżynierii bezpieczeństwa, przy powszechnym wykorzystaniu współczesnego komputerowego inżynieringu (Computer-Aided Engineering (CAE)), dla którego charakterystyczną cechą jest multidyscyplinarność i wielobranżowość.

Badania we wspomnianych kierunkach prowadzone są przez działający od kilku lat w Politechnice Opolskiej zespół pracowników naukowych, zajmujący się rozbudową teoretycznych podstaw organizacji i realizacji procesów wytwórczych oraz koordynacją badań w tej dziedzinie. Badania te dotyczą następujących trzech uściślonych obszarów omawianej tematyki:

- aplikacje nauk podstawowych w procesach wytwórczych;
- modelowanie i optymalizacja w procesach wytwórczych;
- inżynieria bezpieczeństwa w procesach wytwórczych.

Nawiązując do poprzednich opracowań, celem niniejszych badań, prowadzonych w przedstawionych wyżej obszarach tematycznych, jest kolejny etap próby opracowania i udoskonalenia istotnych dla praktyki inżynierskiej procesów produkcyjnych i technologii w sposób umożliwiający osiągnięcie zamierzonych efektów jakościowych i ilościowych przy minimalizacji kosztów, szczególnie w obszarze zużycia materiałów i energii. Pewnego rodzaju

osobliwością pozostaje koncepcja rozwiązywania powyższych problemów poprzez opracowanie odpowiednich modeli matematycznych opisujących rozważane procesy i zjawiska, ich optymalizację i dostosowanie do wymogów wykazanych czynników społecznych, ekonomicznych, ekologicznych i inżynierii produkcji, w tym inżynierii bezpieczeństwa, zarówno w obszarze ogólnie rozumianego bezpieczeństwa pracy jak i bezpieczeństwa technicznego, powiązanych z efektywnym wytwarzaniem i kolejną eksploatacją wyrobów przy powszechnym zastosowaniu na wszystkich etapach symulacji komputerowej.

Z analizy różnorodnych aspektów organizacji procesów wytwórczych wynika, że w tej dziedzinie w każdym roku nadal wykonywana jest znaczna ilość badań, które mają zróżnicowany charakter i wymagają uogólnienia i systematyzacji. Próbę takiego usystematyzowania wiedzy we wspomnianych trzech obszarach tematycznych, powiązanych z wykorzystaniem wyników nauk podstawowych, modelowania i optymalizacji, a również metod dostosowania do wymogów inżynierii bezpieczeństwa w połączeniu tej wiedzy z występującymi problemami społecznymi, ekonomicznymi, ekologicznymi i inżynierii produkcji podjęto w Politechnice Opolskiej przez wydanie w ostatnich latach następującego cyklu monografii:

1. Modelowanie i inżynieria produkcji w ekorozwoju, Red. nauk. S. Szymura, OWPO SIM z. 236 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-60691-42-7), Opole 2008.
Экологические аспекты производства и среды, Науч. ред. А. Гачкевич, OWPO SIM z. 237 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-60691-43-4), Opole 2008.
Optimization of manufacturing processes, Ed. by M. Gajek, OWPO SIM z. 238 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-60691-44-1), Opole 2008.
2. Optimization of the structures of manufacturing processes, Ed. by M. Gajek, OWPO SIM z. 256 (ISSN 1429-6063; ISBN 83-6691-69-4), Opole 2009.
3. Optimization of manufacturing processes and more environment, Ed. by M. Gajek, OWPO SIM z. 276 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-60691-96-0), Opole 2010.
Modelowanie procesów wytwórczych / Моделирование производственных процессов, Red. nauk. M. Gajek, O. Hachkevych, OWPO SIM z. 277 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-60691-99-1), Opole 2010.
4. Manufacturing processes. Some problems, Ed. by: M. Gajek, O. Hachkevych, A. Stanik-Besler:
 - v. 1: Basic science applications in manufacturing processes, OWPO SIM z. 330 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-62736-85-0), Opole 2012.
 - v. 2: Моделирование и оптимизация производственных процессов, OWPO SIM z. 331 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-62736-86-7), Opole 2012.
 - v. 3: Safety engineering in manufacturing processes, OWPO SIM z. 332 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-62736-87-4), Opole 2012.
5. Manufacturing processes. Actual problems – 2013, Ed. by: M. Gajek,

- O. Hachkevych, A. Stanik-Besler:
- v. 1: Basic science applications in manufacturing processes, OWPO SIM z. 364 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-64056-37-6), Opole 2013.
 - v. 2: Моделирование и оптимизация производственных процессов, OWPO SIM z. 365 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-64056-38-3), Opole 2013.
 - v. 3: Safety engineering in production processes, OWPO SIM z. 366 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-64056-39-0), Opole 2013.
6. Manufacturing processes. Actual problems – 2014, Ed. by: M. Gajek, O. Hachkevych, A. Stanik-Besler:
- v. 1: Basic science applications in manufacturing processes, OWPO SIM z. 399 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-64056-87-1), Opole 2014.
 - v. 2: Моделирование и оптимизация производственных процессов, OWPO SIM z. 400 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-64056-88-8), Opole 2014.
 - v. 3: Inżynieria bezpieczeństwa w procesach wytwórczych, OWPO SIM z. 401 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-64056-89-5), Opole 2014.
7. Manufacturing processes. Actual problems – 2015, Ed. by: M. Gajek, O. Hachkevych, A. Stanik-Besler:
- v. 1: Basic science applications in manufacturing processes, OWPO SIM z. 426 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-65235-24-4), Opole 2015.
 - v. 2: Моделирование производственных процессов, OWPO SIM z. 427 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-65235-25-1), Opole 2015.
 - v. 3: Критериальная оптимизация в производственных процессах, OWPO SIM z. 428 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-65235-26-8), Opole 2015.
8. Manufacturing processes. Actual problems – 2016, Ed. by: M. Gajek, O. Hachkevych, A. Stanik-Besler, T. Wołczański:
- v. 1: Basic science applications in manufacturing processes, OWPO SIM z. 453 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-65235-66-4), Opole 2016.
 - v. 2: Моделирование и оптимизация производственных процессов, OWPO SIM z. 454 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-65235-67-1), Opole 2016.
 - v. 3: Safety engineering in production processes, OWPO SIM z. 455 (ISSN 1429-6063; ISBN 978-83-65235-68-8), Opole 2016.

Niniejsze tematy oraz zagadnienia przedstawione na seminarium dotyczą przeprowadzonych w latach 2016-2017 badań w omówionych wyżej obszarach wiedzy z uwzględnieniem ich wzajemnego oddziaływania i przenikania.

Przedstawione na seminarium wyniki badań, dotyczących pierwszego z rozważanych zakresów tematycznych badań – aplikacje nauk podstawowych w procesach wytwórczych, oparte są na podejściach fizyki, chemii oraz metod, podejść i formalizmu matematyki klasycznej i stosowanej. Odrębne z badań odnoszą się do problemów połączenia rezultatów nauk podstawowych z aspektami logistycznymi, a również powiązane są z problemami nauczania na

wydziałach Inżynierii Produkcji i Logistyki. Rezultaty zaprezentowane w drugim z rozpatrywanych zakresów tematycznych badań – modelowanie i optymalizacja w procesach wytwórczych – poświęcone są problemom powstającym przy: opracowaniu technologii obróbek, opartych na wykorzystaniu oddziaływań elektromagnetycznych; optymalizacji nagrzewania technologicznego funkcjonalnych szklanych kawałkami jednorodnych konstrukcji powłokowych; modelowaniu, optymalizacji i badaniu stanu cieplnego, strukturalnego i sprężystego tarcz przy technologicznych oddziaływaniach termosilowych. Wyniki przedstawione w Referatach, dotyczących trzeciego rozważanego zakresu tematycznych badań – inżynieria bezpieczeństwa w procesach wytwórczych, poświęcone są problemom szeroko rozumianej inżynierii bezpieczeństwa powstającym przy: opracowaniu bezpiecznych technologii opartych na wykorzystaniu specjalnych cieczy; zastosowaniu współczesnych systemów informatycznych rozwijających produkcję; ulepszanie stanu bezpieczeństwa i higieny pracy, bezpieczeństwa pożarowego i technicznego na przedsiębiorstwach, ich składowych jednostkach i liniach automatycznych w różnych dziedzinach (w szczególności, gastronomicznej, motoryzacyjnej, wydobywczej); bezpieczeństwa – jako czynnika społecznego; połączeniu pytań inżynierii bezpieczeństwa z problemami logistycznymi, a również zorganizowania okresowego nauczania wymogów bezpieczeństwa i higieny pracy grup pracowników na przedsiębiorstwach oraz studentów gastronomicznych specjalności.

Charakterystyczną cechą obecnego etapu rozwoju przemysłu i nadal jest również rozszerzające się przenikanie metod i modeli matematyki i fizyki na różne teoretyczne oraz praktyczne aspekty inżynierii produkcji, w szczególności marketingowe, logistyczne i inżynierii bezpieczeństwa. Przedstawione na seminarium materiały zawierają takie zagadnienia w szeregu opracowań poświęconych wybranym matematycznym problemom logistycznych badań w teorii i praktyce, a również – matematycznym oraz fizycznym problemom szeroko rozumianej inżynierii bezpieczeństwa.

Przedstawiane na seminarium wyniki badań mogą być przydatne dla naukowców zajmujących się badaniem, projektowaniem i organizacją procesów wytwórczych. Mogą być wykorzystane przez inżynierów interesujących się aplikacjami nauk podstawowych, problemami modelowania i optymalizacji w procesach wytwórczych oraz innymi aspektami towarzyszącymi tym procesom, a również przez studentów starszych lat kierunków budownictwa, inżynierii produkcji, logistyki, inżynierii bezpieczeństwa, mechanicznych i elektrotechnicznych zainteresowanych omawianymi problemami.

Rozwiązywanie omawianych złożonych zagadnień powoduje w konsekwencji kompleksowość badań naukowych, prowadzenie ich przez szeroki zespół specjalistów z różnych dziedzin nauki i możliwe jest tylko w wyniku wszech-stronnej ogólnopolskiej i międzynarodowej współpracy pomiędzy jednostkami naukowymi. Prezentowane na seminarium rezultaty są również owocem kontynuacji wspólnych badań naukowców Politechniki

Opolskiej w dziedzinach, powiązanych z opracowaniem różnych aspektów dotyczących procesów produkcyjnych, w ramach współpracy z polskimi i zagranicznymi ośrodkami naukowo-badawczymi: Politechniką Poznańską, Uniwersytetem Zielonogórskim, Polskim Towarzystwem Ergonomicznym w Warszawie, Państwowym Moskiewskim Uniwersytetem Technicznym STANKIN, Instytutem Problemów Stosowanych Mechaniki i Matematyki Narodowej Ukraińskiej Akademii Nauk i jego Centrum Modelowania Matematycznego, Narodowymi Uniwersytetami im. Iw. Franki i „Politechnika Lwowska” we Lwowie, Uniwersytetem Technicznym w Ostrawie oraz Uniwersytetem Technicznym w Koszycach.

T. WOŁCZAŃSKI

Opole University of Technology (Poland)

AKTUALNE PROBLEMY INŻYNIERII BEZPIECZEŃSTWA – 2017

W niniejszych referatach zostały poruszone aktualne problemy bezpieczeństwa, higieny i kultury w zróżnicowanym środowisku pracy wraz z czynnikami ryzyka w miejscach roboczych i skutecznymi sposobami zarządzania związanymi z ich procesem.

Podczas realizacji procesów szczególną uwagę należy zwrócić na bezpieczeństwo pracy. Jednym z rozpatrywanych przykładów jest bezpieczne usuwanie CO₂ z wodnych roztworów amin poprzez zastosowanie rurowych membran PDMS. Obecnie w przemyśle do usuwania ditlenku węgla z gazów spalinowych najczęściej wykorzystuje się proces absorpcji CO₂ w wodnych roztworach amin. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość desorpcji CO₂ w wyższych temperaturach za pomocą pary wodnej. Zastosowanie membran polidimetylosiloksanowych (PDMS) w procesie desorpcji może pozwolić na wyeliminowanie wad procesów usuwania ditlenku węgla opartych na wodnych roztworach amin.

Innym ważnym zagadnieniem, na które należy zwrócić uwagę jest bezpieczeństwo eksploatacji urządzeń technicznych. We współczesnych przedsiębiorstwach produkcyjnych pracodawcy w bardzo dużym stopniu powinni zwrócić uwagę na dostosowanie urządzeń technicznych do stawianych im wymagań minimalnych. Obecnie wzrost produktywności coraz częściej wiąże się z właściwym i zapewniającym pracę w bezpieczny i higieniczny sposób oprzyrządowaniem miejsc pracy w sprawnie działające przyrządy. Stan bezpieczeństwa technicznego maszyn i urządzeń technicznych stanowi dziś kluczowy element poprawy jakości pracy i minimalizuje ilość wypadków związanych z wykonywaną pracą.

Jedną z najszybciej rozwijających się obecnie technik automatycznej identyfikacji i ewidencji zasobów w przedsiębiorstwach jest technologia RFID. Technologia RFID ma bardzo szerokie spektrum zastosowania a jej potencjał zwiększa rozwój przedsiębiorstw oraz stwarza wiele możliwości uzyskania przewagi konkurencyjnej.

Współczesne procesy wytwórcze są niezwykle złożone. Technologia informatyczna obecnie odgrywa potężną rolę w sprawnym funkcjonowaniu procesów wytwórczych i całego przedsiębiorstwa. Technologie informatyczne mają wpływ na jakość przepływu informacji oraz wspomagają proces podejmowania strategicznych decyzji. Zastosowanie technologii informatycznej umożliwia poprawę efektywność procesów wytwórczych oraz pośrednio przyczynia się do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw.

W przedsiębiorstwach produkcyjnych akwizycja danych z warstwy produkcyjnej i zarządzanie nimi ma na celu podnoszenie wydajności

i niezawodności produkcji. W zarządzaniu procesami produkcyjnymi informacja stanowi strategiczny i niezbędny element osiągania przez przedsiębiorstwo założonych celów. Komputerowe systemy klasy MES stanowią źródło rzetelnej wiedzy z linii produkcyjnych, w czasie rzeczywistym kontrolując przebieg procesów produkcyjnych.

Zastosowanie zaawansowanych systemów informatycznych monitorujących i kontrolujących proces produkcji, umożliwiając wzrost sprawności funkcjonowania przedsiębiorstwa w wielu jego obszarach jednocześnie. Systemy klasy SCADA obecnie są jednymi i najbardziej nowoczesnymi systemami wizualizacji, sterowania, monitorowania i kontroli procesów przemysłowych zachodzących w przedsiębiorstwach.

W procesach obróbki skrawaniem powszechnie stosowane są cieczce obróbkowe. W warunkach produkcyjnych dochodzi jednak do zanieczyszczenia chłodziwa drobinami materiału skrawanego lub olejem wypłukiwanym z prowadnic maszyny. W praktyce występują duże problemy z oczyszczaniem emulsji. W starszych obrabiarkach, nie wyposażonych w odciągi i osłony ochronne, występuje znacznie większe zagrożenie dla bezpieczeństwa zarówno operatora oraz środowiska.

Problemem, na który należy zwrócić szczególną uwagę jest stan bezpieczeństwa placówek. Bardzo istotny wpływ stan bezpieczeństwa mają tutaj warunki techniczno-budowlane ochrony przeciwpożarowej, techniczne środki zabezpieczenia pożarowego, przeglądy techniczne i konserwacje, warunki ewakuacyjne, a także wiedza pracowników z zakresu ochrony przeciwpożarowej i postępowania w czasie pożaru. Okresowa kontrola instalacji oraz sprzętu gaśniczego jest podstawą zachowania bezpieczeństwa pożarowego, a przeprowadzanie regularnych prób ewakuacji zgodnie z planem ewakuacji placówki są warunkiem sprawnego i bezpiecznego funkcjonowania placówki.

Kolejnym aktualnym problemem bezpieczeństwa pracy są szkolenia BHP. Współczesne przedsiębiorstwa powinny zwrócić szczególną uwagę na efektywność szkoleń okresowych BHP pracowników robotniczych, na obowiązki pracownika i pracodawcy w tym zakresie. Szkolenie okresowe ma na celu uaktualnienie oraz utrwalenie wiadomości, a także umiejętności z dziedziny BHP pracowników oraz zaznajomienie ich z nowymi rozwiązaniami techniczno-organizacyjnymi w tym zakresie. Szkolenie jest efektywne jeśli zostanie dopasowane do potrzeb szkolonych pracowników i przeprowadzone w taki sposób, aby wzbudzała zainteresowanie wśród szkolonej grupy.

Obecnie zwraca się szczególną uwagę stan bezpieczeństwa pracy w kopalniach. Ryzykowne zachowania pracowników kopalni i pracowników firm usługowych, realizujących prace na zasadzie outsourcingu, niewłaściwa koordynacja i organizacja prac w kopalni są przyczynami wypadków. Istotnym wyznacznikiem poziomu bezpieczeństwa pracy w górnictwie jest liczba wypadków śmiertelnych.

O. HACHKEVYCH^{1,2}, R. IVAŠKO², R. KUSHNIR²,
A. STANIK-BESLER¹, J. SZYMCZAK¹

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

MODELOWANIE W TERMOMECHANICE CIAŁ PRZEWODZĄCYCH ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY ODDZIAŁYWANIU QUASI-USTALONYCH PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Rozważamy izotropowe ciało przewodzące, liniowe względem własności elektrycznych i magnetycznych, zajmujące obszar $\Omega \subset \mathbf{E}^3$ (ograniczony zamkniętą powierzchnią S o równaniu $\vec{r} = \vec{r}_0$, gdzie \vec{r} – promień wodzący punktu) przy oddziaływaniu pola elektromagnetycznego (PEM). Pole to określone jest przez zadaną gęstość prądów $\vec{j}^{(0)}(\vec{r}, t)$, $\vec{r} \in V$, $t \in (0; \infty)$ rozłożonych w środowisku zewnętrznym V lub wartość $\vec{E}_0(\vec{r}_0, t)$ natężenia pola elektrycznego $\vec{E}(\vec{r}_0, t)$ albo wartość $\vec{H}_0(\vec{r}_0, t)$ natężenia pola magnetycznego $\vec{H}(\vec{r}_0, t)$ na powierzchni S , które są funkcjami odpowiedniego promienia wodzącego \vec{r} i czasu t .

Przyjmuje się, że procesy cieplne i mechaniczne są wynikiem działania ciepła Joule'a i sił ponderomotorycznych, oraz że są znane (wyznaczone eksperymentalnie lub na podstawie modeli fizycznej budowy rozważanych ciał) wartości charakterystyk materiałowych (elektromagnetycznych: σ – współczynnika przewodnictwa elektrycznego, ε i μ – stałych bezwzględnych przenikalności elektrycznej i magnetycznej; cieplnych: λ – współczynnika przewodnictwa cieplnego, κ – współczynnika wyrównania temperatur; mechanicznych: α_l – współczynnika liniowej rozszerzalności cieplnej, E – modułu Younga, ν – współczynnika Poissona).

Zakładamy, że parametry $\vec{j}^{(0)}(\vec{r}, t)$; $\vec{E}_0(\vec{r}_0, t)$; $\vec{H}_0(\vec{r}_0, t)$ są takie, że oddziaływanie elektromagnetyczne odnosi się do „nieniszczących” PEM (o największej wartości natężenia pola magnetycznego w ciele mniejszej od $10^7 A/m$), przy których nie powstają fale udarowe. Koniecznym jest również dotrzymanie nośności rozpatrywanego ciała (maksymalne wartości natężeń pola elektrycznego lub magnetycznego w ciele nie przekraczają wartości granicznych, przy których spełniony jest znany warunek, określający graniczną nośność). Wtedy przemieszczenia, odkształcenia i ich prędkości są na tyle małe, że spełnione są założenia liniowej teorii sprężystości, a wpływ ruchu środowiska na charakterystyki PEM jest pomijalny. Przy tym za wyjściowe przyjmujemy

założenia ogólnej teorii wzajemnego oddziaływania PEM i continuum materialnego z uwzględnieniem nieistotności wpływu ruchu środowiska na charakterystyki PEM oraz osobliwości termomechanicznego zachowania się odkształcalnych ciał przy jednoczesnym cieplnym i siłowym oddziaływaniu. Przy tych założeniach działanie PEM w stosunku do ciała przyjmuje się jako działanie zewnętrzne i jego wpływ na procesy przewodnictwa ciepła i odkształcenia sprowadza się do uwzględnienia produkcji cieplnej i czynników ponderomotorycznych (elektryczne i magnetyczne siły i momenty skręcające). W konsekwencji związki między polami elektromagnetycznymi, temperaturowymi i mechanicznymi wyrażają się przez produkcję ciepłą, czynniki ponderomotoryczne (działające na ciała), rozszerzalność termiczną oraz zależności między polami odkształceń i ciepła (przy uwzględnieniu termosprężystego rozproszenia energii).

Otrzymuje się wówczas przy stałych charakterystykach materiału niepowiązane zagadnienie elektromagnetotermomechaniki, w którym wyjściowe zagadnienia w modelu matematycznym są formułowane w dwóch etapach. W pierwszym etapie określa się zależności opisujące parametry PEM w ciele i środowisku zewnętrznym. Przy tym wykorzystuje się teorię elektrodynamiczną i uzupełniając ją związki konstytutywne (równania fizyczne), które określają własności magnetyczne, polaryzacyjne i przewodność elektryczną ciał. Postaci związków konstytutywnych wyznacza się na podstawie szczególnych własności elektrofizycznych materiałów, przy istniejącym typie zewnętrznego oddziaływania elektromagnetycznego. Następnie zapisuje się wyrażenia na produkcję ciepłą i siły ponderomotoryczne jako funkcje parametrów elektromagnetycznych.

W drugim etapie formułuje się zagadnienia termomechaniki, w których źródłami ciepła i objętościowymi czynnikami siłowymi odpowiednio są produkcja ciepła i czynniki ponderomotoryczne wyznaczone w pierwszym etapie. Jeżeli nie uwzględnia się termosprężystego rozproszenia energii, to zagadnienie termomechaniki rozdziela się na odpowiednie niezależne zagadnienia cieplne i mechaniczne (określające naprężenia przy znanej temperaturze i siłach objętościowych). Przy krótkotrwałym oddziaływaniu elektromagnetycznym, zagadnienia termomechaniki rozważa się również w ujęciu adiabatycznym.

W ten sposób przy takim ujęciu zagadnienia na wyznaczanie parametrów PEM w ciele i zagadnienia termomechaniki związane z poszukiwaniem pól temperaturowych i mechanicznych przy oddziaływaniu PEM, rozdzielają się. Przy tym zagadnienia na wyznaczanie parametrów PEM są ważną podstawową składową częścią ogólnych zagadnień termomechaniki ciał przewodzących i sprowadzają się do odpowiednich zadań elektrodynamiki. Mają one też samodzielne znaczenie przy rozwiązywaniu różnych problemów teorii pól elektromagnetycznych oraz technicznych zastosowań takich pól. W omawianym wyżej schemacie obliczeniowym otrzymywane są również rozwiązania (potwierdzone eksperymentalnie) licznych zagadnień wyznaczania parametrów

PEM i pól temperaturowych związanych z nagrzewaniem indukcyjnym konkretnych wyrobów.

Jako wyjściowe przy wyznaczaniu temperatury i składowych tensorów naprężeń i przemieszczeń mogą być wybrane znane zależności dla powłok (w różnych teoriach powłok, w szczególności opartych na hipotezach Kirchhoffa-Love'a).

Zauważmy, że w inżynierskich zastosowaniach jak było odznaczono wcześniej często jest konieczne zabezpieczanie granicznej nośności wyrobów. Przy obciążeniu elektromagnetycznym, zakładając, że temperatura i składowe tensora naprężeń są już wyznaczone ze sformułowanych wyżej zagadnień, parametry PEM, przy których nie jest przekroczona graniczna nośność rozważanych ciał, określone są warunkiem:

$$\sigma_i = \sqrt{3I_2(\bar{\sigma}) - I_1^2(\bar{\sigma})} / \sqrt{2} \leq \sigma_d$$

(intensywność σ_i naprężeń nie przekracza dopuszczalnej), gdzie $I_j(\bar{\sigma})$, $j = 1; 2$ są niezmiennikami tensora naprężeń. Z warunku mogą być ustalone wartości parametrów PEM, przy których nie jest przekroczona graniczna nośność odpowiednich elementów konstrukcji czy maszyn przy ich budowie lub eksploatacji.

W ten sposób przy wyznaczaniu temperatury spowodowanej oddziaływaniem PEM, a także składowych tensorów naprężeń i odkształceń oraz określaniu wartości parametrów PEM, przy których nie jest przekroczona graniczna nośność ciał, wyjściowymi są wyrażenia dla czynników oddziaływanie PEM, które wyrażamy przez parametry opisujące PEM.

Jeżeli PEM jest wytwarzane działającymi poza ciałem prądami z zakresu AM (radiowego z modulacją amplitudy), to takie PEM nazywane jest quasi-ustalonym (QUPEM). Dla takich pól, z uwzględnieniem struktury parametrów, które opisują PEM w quasi-ustalonym przybliżeniu, w liniowych ciałach przewodzących, ciepło Joule'a i siły ponderomotoryczne otrzymuje się w postaci sumy mało zmieniających się w czasie i prawie okresowych składowych. Zgodnie z tym, temperaturę i naprężenia szuka się w postaci sumy składowych analogicznej zmienności w czasie. Przy tym mało zmieniające się składowe temperatury i naprężenia wyznacza się w ujęciu quasi-statycznym, pomijając związki między odkształceniami a temperaturą. Prawie-okresowe składowe wyznacza się w ujęciu quasi-ustalonym ze sprzężonego zagadnienia dynamicznej termosprężystości.

A. LACHOWSKI, M. MADEJ-LACHOWSKA

Opole University of Technology (Poland)

BADANIE OPORÓW PRZEPLYWU W MIKROREAKTORZE RUROWYM

Według opinii wielu badaczy mikroreaktory mogą rewolucjonizować metody stosowane obecnie w syntezie chemicznej. Mikroreaktory to najczęściej urządzenia wyposażone w mikrokanaly [1], o średnicach rzędu mikrometrów, zdolne do prowadzenia w nich reakcji chemicznych. Objętości mikroreaktorów są o kilka rzędów mniejsze niż konwencjonalnych reaktorów zbiornikowych, jednakże dzięki obecności mikrokanalów, zwiększa się powierzchnia kontaktu (z około $50\text{-}500\text{ m}^2/\text{m}^3$ nawet do $50\ 000\text{ m}^2/\text{m}^3$). Te cechy mikroreaktorów zapewniają doskonałą wymianę masy i ciepła, dzięki czemu są one idealnym narzędziem do intensyfikacji procesów oraz miniaturyzacji aparatury [2-5]. Mikroreaktory charakteryzują się ponadto, niezwykle wysokim stosunkiem powierzchni kontaktu do ich objętości [6, 7]. Dodatkową ich zaletą jest fakt iż mogą być wykonane z różnych materiałów: ceramiki, polimerów, stali szlachetnej i silikonu, w zależności od potrzeb. I tak np. mikroreaktory stalowe pozwalają na prowadzenie reakcji pod wysokimi ciśnieniami i w wysokich temperaturach, a teflonowe stosowane są do reakcji enzymatycznych [2].

Dzięki swoim zaletom mikroreaktory znalazły bardzo szerokie zastosowanie w katalizie homo- i heterogenicznej oraz fotokatalizie [5].

- Kataliza heterogeniczna – obniżenie kosztów inwestycyjnych i kosztów energii i precyzyjna kontrola warunków reakcji.
- Kataliza heterogeniczna w fazie ciekłej – to najczęściej biosynteza, bardzo czuła na utrzymanie bardzo wąskiego zakresu temperatur, zależnego od użytego enzymu.
- Kataliza homogeniczna – możliwość eliminacji niechcianych produktów ubocznych, co ma szczególne znaczenie np. przy produkcji leków.
- Reakcje fotochemiczne – możliwa dzięki stosowaniu do produkcji mikroreaktorów z materiałów, przezroczystych (szkło, kwarc, przezroczyste polimery).

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań oporów przepływu w rurowym mikroreaktorze przepływowym o wypełnieniu strukturalnym. W tego typu aparacie reagenty przepływają kanałem pierścieniowym z wypełnieniem strukturalnym.

W pomiarach zastosowano specjalnie zaprojektowany i wykonany do zaplanowanych badań mikroreaktor szklany o długości 140 mm, z kanałem pierścieniowym o średnicy 14/10 mm, z wypełnieniem strukturalnym w postaci siatki ze stali kwasoodpornej 90 μm , nawiniętej wielowarstwowo na wewnętrzny rdzeń szklany. Reaktor został wyposażony w dwie głowice wykonane ze stali

kwasoodpornej, połączone ze szklaną rurą mikroreaktora tzw. uszczelnieniem dławikowym.

Objętościowe natężenia przepływu cieczy zmieniano od około 1 ml/min do około 200 ml/min. Precyzyjnego pomiaru objętościowego natężenia przepływu dokonywano poprzez mierzenia czasu napełniania zadanej objętości cylindra miarowego. Pomiaru temperatury na wlocie i wylocie z mikroreaktora dokonywano za pomocą wprowadzonych poprzez odpowiednio zaprojektowane króćce w głowicach, termopar typu J (żelazo-konstantan). Do pomiaru ciśnienia (na początku i na końcu strukturalnego wypełnienia mikroreaktora) – którego spadek jest miarą oporów przepływu, zastosowano prostą, a zarazem dokładną metodę, wykorzystującą podstawowe prawa fizyki, a mianowicie poprzez pomiar z dokładnością do 1 mm wysokości słupów cieczy (równoważących odpowiednio ciśnienia na wlocie i wylocie mikroreaktora). Pomiaru prowadzono w stałej temperaturze 296 K dla 3 różnych cieczy: etanolu 99,9%, etanolu 96% oraz izopropanolu (czystego).

Badania zależności oporów przepływu od objętościowego natężenia przepływu w mikroreaktorze przepływowym z wypełnieniem strukturalnym dla etanolu o stężeniach 99,9 i 96%_{mas} oraz izopropanolu, w temperaturze 296 K, w przebadanym zakresie przepływów, wykazały charakter liniowy. Zbadanie oporów przepływu umożliwi odpowiedni i optymalny dobór pompy/pomp zasilających oraz układów kontrolno-pomiarowych.

LITERATURA

- [1] ZHANG X., WILES C., PAINTER S. L., HASWELL S. J.: Microreactors as tools for chemical research. *Chemistry Today*, 24 (2), 2006, p. 43–45.
- [2] YAO X., ZHANG Y., DU L., LIU J., YAO J.: Review of the applications of microreactors. *Renew. Sust. Energ. rev.*, 47, 2015 p. 519–539
DOI: [10.1016/j.rser.2015.03.078](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.078)
- [3] PENNEMANN H., KOLB G.: Review: Microstructured reactors as efficient tool for the operation of selective oxidation reactions. *Catalysis Today*, 278, 2016, p. 3–21.
DOI: [10.1016/j.cattod.2016.04.032](https://doi.org/10.1016/j.cattod.2016.04.032)
- [4] BANDARA T., NGUYEN N.-T., ROSENGARTEN G.: Slug flow heat transfer without phase change in microchannels. A review, *Chem. Eng. Sci.*, 126, 2015, p. 283–295
DOI: [10.1016/j.ces.2014.12.007](https://doi.org/10.1016/j.ces.2014.12.007)
- [5] KRISTAL J., STAVAREK P., VAJGLOVA Z., VONDRACKOVA M., PAVLORKOVA J., JIRICNY V.: Practical engineering aspects of catalysis in microreactors. *Res. Chem. Intermed.*, 2015, 41, p. 9357–9371
DOI 10.1007/s11164-015-2032-3
- [6] CARVALHO A. T., LIMAA R. R., SILVA L. M., SIMÕES E. W., M.L.P. SILVA M.P.L.: Three-dimensional microchannels as a simple microreactor. *Sensor. Actuat. B-Chem.*, 137, 2009, p. 393–402.

- [7] L. MILLS P. L., QUIRAM D. J., JAMES F., RYLEY J. F.: Microreactor technology and process miniaturization for catalytic reactions – A perspective on recent developments and emerging technologies. Chem. Eng. Sci., 62, 2007, p. 6992 – 7010
DOI:10.1016/j.snb.2009.01.010

I. NAUKI PODSTAWOWE W PROCESACH WYTWÓRCZYCH



Cz. GÓRECKI

Opole University of Technology (Poland)

**KINETYKA PROCESU FIZYCZNEGO STARZENIA SZKIEŁ
CHALKOGENIDKOWYCH $As_{10.2}Se_{89.8}$ I $As_9Se_{90}Bi_1$ BADANA METODĄ
RÓŻNICOWEJ KALORYMETRII SKANINGOWEJ**

Metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) badano proces starzenia fizycznego domieszkowanych bizmutem szkieł chalkogenidkowych $As_{10.2}Se_{89.8}$ i $As_9Se_{90}Bi_1$. W czasie procesu fizycznego starzenia na krzywych DSC pojawia się endotermiczne maksimum. Analiza zmian parametrów endotermicznego maksimum umożliwia metodą DSC obserwować zmiany kinetyki procesu starzenia identyfikując zmiany w czasie parametrów termodynamicznych tę kinetykę charakteryzujących, np. temperaturę zeszklenia, energię aktywacji i entalpię procesu zeszklenia [1, 3].

Stwierdzono, że metoda DSC może być wykorzystywana do ilościowych badań procesu starzenia szkieł chalkogenidkowych. Proces starzenia prowadzi do znacznego wzrostu wartości temperatury zeszklenia (T_g) i entalpii (A) oraz zmniejszenia energii aktywacji (E). Szklą domieszkowane bizmutem w porównaniu z nie domieszkowanymi mają mniejsze wartości entalpii i temperatury zeszklenia zarówno objętości jak i warstwy powierzchniowej [1].

Największe zmiany w/w parametrów termodynamicznych zaobserwowano w pierwszym miesiącu procesu starzenia fizycznego. Zmiany temperatury, energii aktywacji, entalpii w pierwszym miesiącu procesu starzenia są większe niż w przedziale 1 miesiąc – 1 rok. Fakt ten potwierdza zmianę zarówno kinetyki jak i mechanizmu obserwowanego procesu starzenia fizycznego. Zmiany te obserwowane są dla wszystkich badanych materiałów i zależą od ich składu chemicznego.

Zmiany wymienionych wyżej parametrów termodynamicznych, są prawdopodobnie związane z zachodzącym w próbce procesem relaksacji, prowadzącym do zmniejszenia objętości materiału [2].

LITERATURA

- [1] GÓRECKI Cz., GÓRECKI T.: The kinetics of phase transitions in vitreous chalcogenide semiconductors $As_{10.2}Se_{89.8}$ and $As_9Se_{90}Bi_1$ in early stage of physical ageing process, *J. Therm. Anal. Calorim.*, 114 (2013) 725.
- [2] GOLOVCHAK R., INGRAM A., KOZDRAŚ A., VICEK M., ROILAND C., BUREAU B., SHPOTYUK O.: Initial stage of physical ageing in network glasses, *Philosophical Magazine*. 92 (2012) 4182.
- [3] GOLOVCHAK R.Ya., KOZYUKHIN S.A., KOZDRAŚ A., SHPOTYUK O.I., NOVOTORTSEV V.M.: Physical ageing of chalcogenide glasses, *Inorganic Materials*, 46 (2010) 911.

H. ŚCIEGOSZ

Opole University of Technology (Poland)

SPRĘŻONE OSCYLATORY – METODA IZOKLIN ORAZ METODA PRZEKSZTAŁCENŃ OKRĘGU

Sprężone oscylatory mogą wykazywać dwie współistniejące struktury, jedna złożona ze synchronizowanych drgań i inna z asynchronicznych oscylacji, nawet jeśli wszystkie oscylatory są połączone ze sobą w sposób równoważny. Zjawisko to, odkryte około dziesięciu lat temu w badaniach teoretycznych, a następnie scharakteryzowane [1] i nazwane chimera od greckiego mitologicznego stwora składającego się z różnych zwierząt. Wysoce sprzeczne z intuicją współistnienie spójnych (koherentnych) i niespójnych (nie koherentnych) oscylacji w populacji identycznych oscylatorów, każdy o równoważnej strukturze sprzężenia, zainspirowało wielkie zainteresowanie, a przez to pojawienie się wielu prac teoretycznych [2, 3].

W przedstawionej pracy poddano analizie rejestry potencjałowe reakcji Bielousowa-Żabotyńskiego, prowadzonej w otwartym układzie z ciągłym mieszaniem (tzw. CSTR). Szczegóły doświadczalne systemów eksperymentalnych zawarto między innymi w pracach [4-7]. Badano dynamikę reakcji oscylacyjnych poddanych zewnętrznemu periodycznemu zaburzaniu modelującemu oddziaływanie sprzężonych oscylatorów w pobliżu punktów bifurkacji. Jako odpowiedź oscylującego układu uzyskiwano różne rodzaje oscylacji, zależnie od okresu zmiany roztworu substratów τ . Były to różnorodne oscylacje periodyczne (o okresie T) np. 1-krotne zsynchronizowane z okresem zaburzania ($T=\tau$), oscylacje 2-, 3-, 4- i ogólnie wielokrotne ($nT=m\tau$), jak i oscylacje aperiodyczne z chaosem włącznie.

Kinetykę przeprowadzanych reakcji opisano układem równań różniczkowych zwyczajnych odpowiadającym reakcjom typu Bielousowa-Żabotyńskiego, tak zwanym zmodyfikowanym Oregonatorem w przestrzeni 3D [8]. Analizę wstępną przeprowadzono dla układu autonomicznego badając ilość i charakter stanów stacjonarnych w zależności od występujących parametrów. Można wykazać [8], że w badanym układzie przy ustalonej wielkości jednego z parametrów istnieje jedynie jeden stan stacjonarny, który jest niestabilny, a podczas zmiany drugiego z badanych parametrów pojawiają się dwa dodatkowe punkty stacjonarne: węzeł i siodło. Zachodzi tzw. bifurkacja SNIPER. Dla innej wartości pierwszego z parametrów jedynie jeden stan stacjonarny jest stabilny, a przy zmianie drugiego parametru staje się niestabilny, natomiast otacza go stabilny cykl graniczny, który pojawia się w układzie poprzez super krytyczną bifurkację Hopfa. Zastąpienie pierwszego z parametrów funkcją zależną od czasu pozwoliło na modelowanie przeprowadzonego eksperymentu, poprzez zaburzanie układu w pobliżu każdego z typów bifurkacji.

Do otrzymanywanych przebiegów oscylacyjnych zastosowano metodę

odwzorowania okręgu [9]. Wyznaczono numerycznie liczby obrotu dla oscylacji uzyskiwanych eksperymentalnie. Uzyskana, na podstawie modelu odwzorowania okręgu, zależność parametru sprzężenia od częstości zaburzenia dla różnych typów oscylacji pozwoliła na wyznaczenie wielkości przydatnych do ustalenia stałych równań kinetycznych przy zastosowanych warunkach eksperymentalnych.

LITERATURA

- [1]. ABRAMS D.M., STROGATZ S.H.: Chimera states for coupled oscillators. *Phys. Rev. Lett.* 93, 174102 (2004).
- [2]. LEE W. S., RESTREPO, J. G., OTT E., ANTONSEN T. M.: Dynamics and pattern formation in large systems of spatially-coupled oscillators with finite response times. *Chaos* 21, 023122 (2011).
- [3]. LAING C. R., RAJENDRAN K., KEVREKIDIS I. G.: Chimeras in random noncomplete networks of phase oscillators. *Chaos* 22, 013132 (2012).
- [4]. POKRZYWNICKI S., ŚCIEGOSZ H.: The 8th Exp. Chaos Conf., Florence, Italy 2004, p. 99.
- [5]. POKRZYWNICKI S., ŚCIEGOSZ H.: XVI Internat. Conf. of Sys. Science, Wrocław, Poland 2007.
- [6]. ŚCIEGOSZ H., POKRZYWNICKI S.: *Acta Chem. Scandinavica* Vol.43, No 10, 1989, pp. 926-931.
- [7]. ŚCIEGOSZ H.: Frequency and Correlation Characteristic of the Hopf Bifurcation Chemical Oscillatory Patterns, *J. Chem. and Chem. Eng.* 6, 2012, p. 284-291.
- [8]. BAR-ELI K., NOYES R.M.: Relevance of a two-variable Oregonator to stable and unstable steady states and limit cycles, to thresholds of excitability, and to Hopf vs. SNIPER bifurcations. *J. Chem. Phys.*, 86 (4) (1987), 1927.
- [9]. OSIPOV G. V., KURTHS J.: *Phys. Rev. E*, Vol. 65 (2001), No. 1, 016216 pp.1-13.

B. BOZHENKO^{1,2}, L. ONYSHKO³, O. ONYSHKO⁴, A. STANIK-BESLER¹

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Center of Mathematical Modeling Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics NASU (Ukraine)

³ Karpenko Physico-Mechanical Institute NASU (Ukraine)

⁴ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics NASU (Ukraine)

FIZYCZNE PODSTAWY PROCESU ZNISZCZENIA KOMPOZYTOWEGO MATERIAŁU TYPU FIBROBETONU

W teraźniejszym budownictwie szeroko wykorzystywane są kompozytowe materiały typu fibrobeton, posiadające kruchą matrycę, zbrojoną przez krótkie cienkie włókna. W jakości zbrojenia w nich stosowane są różne materiały: stal, szkło, azbest, węgiel, polimery. Zabezpiecza się równomierne rozproszenie włókien w matrycę, orientacja ich w jednym kierunku lub rozmieszczenie w jednej płaszczyźnie.

W pracy rozważane są fizyczne podstawy procesu zniszczenia kompozytowego materiału typu fibrobeton zbrojony równomiernie rozproszonymi w płaszczyźnie cienkimi włóknami przy dwuosiowym stanie naprężeń. Przyjmuje się, że włókna mają dowolną orientację i wzajemnie się nie oddziałują. Matryca modelowana jest przez sprężysty mikro niejednorodny materiał, a włókna – cienkimi sprężystymi eliptycznymi (w planie) włączeniami, wyprodukowanymi z jednorodnego materiału izotropowego. Osobno modelowany jest obszar kontaktu „matryca-włókno”.

Stan sprężysty matrycy opisywany jest uśrednionymi makronaprężeniami w niektórych obszarze w otoczeniu wierzchołka włączenia. Rozważane są trzy możliwe mechaniczne zniszczenia: zniszczenie matrycy, spowodowane przez maksymalne rozciągające makronaprężenia; rozerwanie włókna; zniszczenie na skutek oddziaływania stycznych naprężeń na granice rozgraniczenia „matryca-włókno”.

Otrzymane są formuły dla określenia wartości obciążenia niszczącego. Zrobiono ocenę prawdopodobieństwa zniszczenia kompozytu w wyniku działania każdego ze wspomnianych mechanizmów. Na podstawie otrzymanych wyników wywnioskowano, że drugi z mechanizmów zniszczenia: rozerwanie włókna – jest mało prawdopodobnym, co jest całkowicie zgodne ze znanymi danymi otrzymanymi z eksperymentu. Zniszczenie na skutek obecności trzeciego (ścinającego) mechanizmu jest najwięcej prawdopodobnym w przypadku łącznego rozciągania-ściskania.

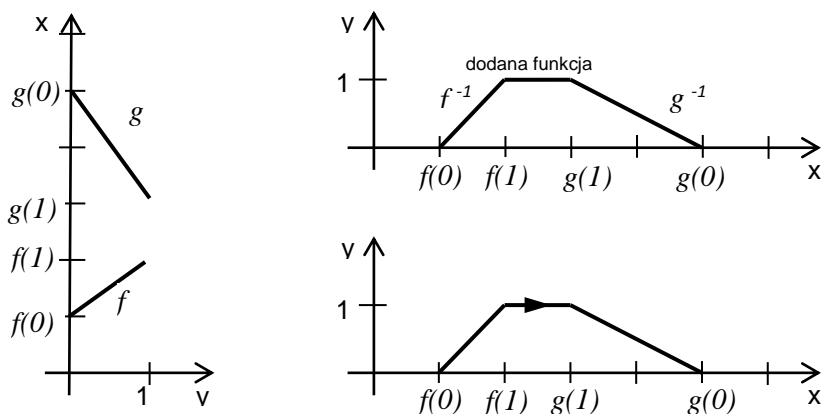
A. CHWASTYK

Opole University of Technology (Poland)

TRAPEZOIDALNE SKIEROWANE LICZBY ROZMYTE

Teoria liczb rozmytych jest jednym z najbardziej praktycznych i popularnych narzędzi do przetwarzania niejednoznacznych i nieprecyzyjnych informacji. Pojęcie skierowanych liczb rozmytych (OFN) zostało wprowadzone w 2002 roku jako rozszerzony model wypukłych liczb rozmytych w celu wyeliminowania pewnych problemów związanych ze stosowaniem liczb rozmytych. Celem artykułu jest przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat teorii i zastosowań trójkątnych oraz trapezoidalnych skierowanych liczb rozmytych.

Skierowaną liczbą rozmytą A nazywamy uporządkowaną parę (f, g) funkcji ciągłych $f, g: [0,1] \rightarrow R$. Wśród ogromnej różnorodności skierowanych liczb rozmytych tylko pewna ich część odpowiada klasycznym liczbom rozmytym. Zbiór par funkcji ciągłych, gdzie jedna z funkcji jest rosnąca, a druga malejąca, a ponadto funkcja rosnąca przyjmuje wartości mniejsze lub równe wartościom jakie przyjmuje funkcja malejąca jest podzbiorem zbioru skierowanych liczb rozmytych, który reprezentuje klasę wszystkich ciągłych wypukłych liczb rozmytych. Nazywamy je właściwymi skierowanymi liczbami rozmytymi. Konstrukcja funkcji przynależności dla tak zdefiniowanej skierowanej liczby rozmytej przedstawiona jest na rysunku:



Graficznie pary funkcji (f, g) i (g, f) nie różnią się. Jednak definiują one dwie skierowane liczby rozmyte różniące się tak zwaną orientacją lub inaczej skierowaniem, która na wykresach jest oznaczona strzałką. Z powyższego rysunku wynika, że w określeniu funkcji przynależności skierowanej liczby rozmytej $A = (f, g)$ pojawiają się cztery parametry: $f(0), f(1), g(1), g(0)$. Jeśli funkcje f i g reprezentujące gałęzie skierowanej liczby rozmytej A są liniowe, to

czwórka liczb $[f(0), f(1), g(1), g(0)]$ jednoznacznie reprezentuje tę liczbę. Tak zdefiniowany zbiór właściwych skierowanych liczb rozmytych odpowiada zbiorowi klasycznych trapezoidalnych liczb rozmytych. Przyjmując, dodatkowo, że $f(1) = g(1)$, otrzymamy podzbiór zbioru OFN odpowiadających klasycznym trójkątnym liczbom rozmytym. Nazywamy je trójkątnymi skierowanymi liczbami rozmytymi.

LITERATURA:

- [1] CHWASTYK, A., KOSIŃSKI, W.: Fuzzy calculus with applications, *Mathematica Applicanda*, 2013, vol. 41, 1, p. 47-96.
<http://wydawnictwa.ptm.org.pl/index.php/matematyka-stosowana/article/viewArticle/380>
- [2] PROKOPOWICZ, P., CZERNIAK, J., MIKOŁAJEWSKI, D., APIECIONEK, Ł., ŚLĘŻAK, D. (Eds.): *Theory and Applications of Ordered Fuzzy Numbers*, *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 2017, Vol. 356. DOI: 10.1007/978-3-319-59614-3

V. KULYK¹, D. PĄCZKO²

¹ Silesian University of Technology

² Opole University of Technology (Poland)

PEWNE UOGÓLNIENIA METODY DOPEŁNIENIA SŁABO REGULARNYCH LINIOWYCH ROZSZERZEŃ DO REGULARNYCH

Wiele prac dotyczących inwariantnych rozmaitości dla układów dynamicznych prowadzi do zagadnienia istnienia funkcji Greena dla układu zlinearyzowanego, tzw. liniowego rozszerzenia układu dynamicznego w postaci:

$$\frac{dx}{dt} = f(x), \frac{dy}{dt} = A(x)y, \quad (1)$$

z ciągłą i ograniczoną na \mathbb{R}^m macierzą współczynników $A(x)$, $n \times n$ wymiarową, przy czym $x \in \mathbb{R}^m, y \in \mathbb{R}^n$. Dodatkowo zakłada się, że funkcja wektorowa $f(x) = (f_1(x), \dots, f_m(x))$ spełnia lokalnie warunek Lipschitza.

Jeśli dla układu jednorodnego istnieje jedna funkcja Greena (układ regularny), inwariantną rozmaitość dla niejednorodnego liniowego rozszerzenia układu można zapisać w postaci całkowej. W przypadku natomiast gdy dla układu (1) istnieje nieskończenie wiele funkcji Greena (układ słabo regularny), badanie takiego układu jest raczej trudne. Jednak zawsze można go doprowadzić do układu regularnego poprzez odpowiednie dopełnienie do postaci blokowotrójkatnej (patrz [1-3]) w postaci:

$$\frac{dx}{dt} = f(x), \begin{cases} \frac{dy}{dt} = A(x)y, \\ \frac{dz}{dt} = y - A^T(x)z. \end{cases} \quad (2)$$

Praca ma na celu odpowiedź na pytanie, na ile układ (2) można uogólnić, aby zachować jego regularność. W pracy udało się uogólnić postać blokowo- trójkatną i określić warunki zapewniające regularność takiego układu. Zbadano także liniowe rozszerzenie układu z wydzieloną macierzą symetryczną i podano warunki, przy których układ słabo regularny można doprowadzić do regularnego. Dodatkowo w pracy umieszczono przykłady ilustrujące zastosowanie otrzymanych wyników.

LITERATURA

- [1]. BOICHUK A.A.: A condition for the existence of a unique Green – Samoilenko function for the problem of invariant torus. Ukr. Mat. Zh., 2001, vol. 53, no. 4, p. 556–559
- [2]. MITROPOLSKIJ J, SAMOILENKO A.M., KULYK V.L.: Dichotomies and stability in nonautonomous linear systems. Taylor & Francis Inc, London 2003.
- [3]. SAMOILENKO A.M.: On the existence of a unique Green function for the linear extension of a dynamical system on a torus. Ukrainian Mathematical Journal, 2001, vol. 53, no. 4, 584–594

H. KVASNYTSIA¹, H. SHYNKARENKO^{1,2}, B. VASYLYSHYN¹

¹ Ivan Franko National University of L'viv (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

ANALIZA NUMERYCZNA EFEKTYWNOŚCI I PEWNOŚCI APOSTERIORYCZNEGO ESTYMATORA BŁĘDÓW MES DLA ZAGADNIENIA SKRĘCANIA PRĘTU

W tym badaniu rozpatrzono zagadnienia brzegowe skręcania sprężystych prętów sformułowanych w postaci funkcji Saint-Venant'a

$$-\nabla \cdot [G(\nabla \psi + \mathbf{z})] = 0 \text{ w } \Omega \subset R^2, \quad -\mathbf{n} \cdot [G(\nabla \psi + \mathbf{z})] = 0 \text{ na } \Gamma = \partial\Omega, \quad (1)$$

oraz w postaci funkcji Prandtl'a

$$-\nabla \cdot (G^{-1} \nabla u) = 2 \text{ w } \Omega \subset R^2, \quad u = 0 \text{ na } \Gamma = \partial\Omega, \quad (2)$$

gdzie $G = G(x_1, x_2) > 0$ jest modulem sprężystości materiału pręta, wektor $\mathbf{z} = (-x_2, x_1)$, \mathbf{n} jednostkowy wektor zewnętrznej normalnej do granicy Γ obszaru Ω poprzecznego przekroju pręta. Skomplikowana konfiguracja przekroju pręta i/lub różnorodność jego materiału powoduje silne zaburzenie rozwiązań zagadnień (1) i (2) w otoczeniu wierzchołków rozwartych kątów granicy i powierzchniach łączenia różnych składników, i jako rezultat – stratę dokładności aproksymacji numerycznej, w tym metody elementów skończonych (MES).

Udowodniono, że z użycia wariacyjnych sformułowań sprzężonych zagadnień brzegowych (1) i (2) wynika efektywny a pewny aposterioryczny estymator błędów aproksymacji numerycznej.

Twierdzenie (dokładne, obliczane, aposterioryczne oceny błędów aproksymacji MES) [21].

Niech $\psi_h \in \Phi_h \subset \Phi = H^1(\Omega)$ i $u_\Delta \in V_\Delta \subset V = H_0^1(\Omega)$ są aproksymacją metody elementów skończonych uogólnionych rozwiązań $\psi \in \Phi$ and $u \in V$ zagadnień (1) i (2) odpowiednio.

Wtedy błąd sumaryczny uzyskanej aproksymacji określa się tożsamością z obliczanym członem po prawej stronie znaku równości:

$$\|\psi - \psi_h\|_\Phi^2 + \|u - u_\Delta\|_V^2 = \|z\|_\Phi^2 - [\|\psi_h\|_\Phi^2 + \|u_\Delta\|_V^2], \quad (3)$$

gdzie $\|\cdot\|_\Phi$ i $\|\cdot\|_V$ są normy energetyczne generowane zagadnieniami (1) i (2) odpowiednio.

Aposterioryczna ocena błędu MES na każdym elemencie skończonym jest podstawą niniejszego badania. W tym referacie taki estymator aproksymacji MES oblicza dokładną ocenę błędów dla silnie zaburzonych zagadnień skręcania prętów za pomocą częściowo liniowej dyskretyzacji na trójkątnych elementach skończonych. Zatem obliczane są dokładne wartości sumy kwadratów energetycznych norm obu odnalezionych aproksymacji na każdym trójkącie i na

podstawie tych wartości aposteriorycznych indykatorów estymatora błędu konstruujemy h -adaptacyjny schemat metody elementów skończonych. Strategia rekurencyjnego lokalnego dopasowania siatki elementów skończonych ma na celu osiągnięcie jednolitego rozkładu indykatorów błędów poprzednio określonego poziomu (tolerancji).

Określony wyżej h -adaptacyjny algorytm zrealizowano w środowisku obliczeń Wolfram Mathematica. Dokładność oraz efektywność proponowanej adaptacyjnej technologii zilustrowano wynikami rozwiązania numerycznego zagadnienia skręcania pręta z warstwą brzegową.

E. KULIŃSKA, A. DUDA

Opole University of Technology (Poland)

LOKALIZACJA ODDZIAŁÓW PRZEDSIĘBIORSTWA W ASPEKTCIE LOGISTYKI TRANSPORTU

W publikacji została przeprowadzona analiza położenia przedsiębiorstwa i jej oddziału względem świadczonych usług transportowych. W tym celu zostały przeprowadzone obliczenia na podstawie, których zostały wyciągnięte wnioski.

Celem pracy było zaproponowanie rozwiązania, które mogłoby usprawnić pracę w przedsiębiorstwie, a także zminimalizować koszty.

Metody zastosowane w publikacji to przede wszystkim studia literatury, analiza dokumentacji źródłowej, a także wywiad i obserwacja na podstawie których zostały przeprowadzone obliczenia.

Głównym problemem badawczy został sformułowany w postaci pytania: w jaki sposób usprawnić procesy transportowe w firmie „Kama”?

Ustalenie odpowiedzi na tak postawione pytanie wymaga wcześniejszego udzielenia odpowiedzi na zbiór pytań będących w istocie problemami szczegółowymi:

- Jakie są odległości od siedziby głównej i oddziału firmy „Kama” pod względem świadczonych usług w danym obszarze realizacji usług transportowych?
- Jaka jest zależność kosztów transportowych od lokalizacji siedziby głównej, a także oddziału firmy „Kama”?
- Czy naprawdę będzie opłacalne dla firmy „Kama” wyznaczenie ewentualnego oddziału firmy?

Z przeprowadzonych obliczeń zostało wyznaczone miejsce położenia otwarcia nowego oddziału przedsiębiorstwa, które w znacznym stopniu mogłoby wpłynąć na jakość oraz czas świadczonych usług transportowych.

E. KULIŃSKA, A. WOJNA

Opole University of Technology (Poland)

ANALIZA CZYNNIKÓW RYZYKA ŁAŃCUCHA DOSTAW – CASE STUDY

Celem artykułu jest analiza czynników ryzyka w łańcuchu dostaw, identyfikacja oraz ocena ich wpływu na wybranym przykładzie firmy Flaxpol, przedstawienie wniosków i zaproponowanie rozwiązań.

Do opracowania artykułu wykorzystano literaturę oraz materiały udostępnione przez firmę Flaxpol. Przedstawiono metody badawcze takie jak: analiza SWOT spółki, przykłady ryzyka na poszczególnych etapach produkcji, przedstawienie metod ograniczania ryzyka w firmie.

Dzięki przedstawionym metodom badawczym wysuwają się następujące wnioski. Na zagrożenia mają wpływ czynniki zewnętrzne i wewnętrzne. Zakłócenia mogą powodować pracownicy, klienci, czynniki naturalne. Występują zagrożenia losowe np. awarie maszyn i urządzeń. Wszystkie zakłócenia mają negatywny wpływ na wizerunek firmy oraz mogą powodować straty finansowe.

Przedstawione metody ograniczania ryzyka przez spółkę Flaxpol z jednej strony pozwalają firmie się rozwijać, dbać o reputację poprzez dotrzymywanie terminów realizowanych zleceń, wykonywanie towarów najwyższej jakości i dostarczanie kompletnych zamówień. Z drugiej strony wiążą się z dużymi kosztami np. aby zapobiec zatrzymaniu produkcji konieczna jest współpraca z innymi firmami krawieckimi, rezerwowymi dostawcami.

Firma Flaxpol wciąż poszerza zakres swoich usług by za wszelką cenę dorównać liderom w swojej branży. Dzięki pracowitości, pomysłowości i ambicji kadry zarządczej jak i pracowników możliwe jest utrzymanie się na rynku, a duża konkurencja powoduje podejmowanie nowych wyzwań oraz dążenie do celu. Doskonalenie zarządzania ryzykiem w łańcuchu dostaw umożliwia kontrolę oraz minimalizowanie zagrożeń co zwiększa prawdopodobieństwo osiągnięcia i utrzymania przewagi nad konkurencją.

A. METELSKI

Opole University of Technology (Poland)

DYDAKTYKA STATYSTYKI NA KIERUNKU INŻYNIERSKIM

Statystyka dostarcza podstawowych narzędzi do opisu i analizy danych w wielu dyscyplinach naukowych. Ze względu na wysoką użyteczność dydaktyka tego przedmiotu wymaga szczególnej uwagi oraz systematycznej ewaluacji. Treści programowe powinny być sprofilowane i dostosowane do potrzeb studenta konkretnego kierunku studiów, a efekty kształcenia powinny umożliwiać wykorzystanie statystyki w praktyce. Wymagane jest osiągnięcie następujących kompetencji:

- wiedza na temat podstawowych koncepcji statystycznych;
- znajomość metod planowania eksperymentu i umiejętność gromadzenia danych;
- umiejętność prezentowania uzyskanych rezultatów w sposób przejrzysty i zrozumiały.

Korzystanie z oprogramowania komputerowego w procesie dydaktycznym sprawia, że zdolności kalkulacyjne i bezpośrednie korzystanie z modeli matematycznych nie są w dzisiejszych czasach tak bardzo eksponowane. Co więcej podnoszą się głosy w niektórych dyscyplinach mówiące, że należałoby ominąć zaawansowaną nierzadko matematykę i uczyć studentów statystyki jako języka. W artykule podjęto próbę analizy metod nauczania, jak również związku między dydaktyką statystyki, a nauczaniem przedmiotów matematycznych. Dane empiryczne dotyczyły studentów kierunków Logistyka i Inżynieria Bezpieczeństwa na Wydziale Inżynierii Produkcji i Logistyki Politechniki Opolskiej (rok akademicki 2016/2017). Przeprowadzono między innymi analizę następujących zmiennych:

- ocen semestralnych z przedmiotów: analiza matematyczna I, analiza matematyczna II, statystyka;
- wyników z trzech kolokwium ze statystyki (z zakresu: statystyka opisowa, rachunek prawdopodobieństwa, testowanie hipotez statystycznych);
- ilość nieobecności na zajęciach (laboratorium ze statystyki);
- ilość popraw z kolokwium (laboratorium ze statystyki).

W artykule zaprezentowano wyniki ankiety ewaluacyjnej przeprowadzonej wśród studentów na koniec kursu. W ankiecie wskazywano stopień zadowolenia z zajęć, dokonywano samooceny poziomu wiedzy i umiejętności w obrębie kluczowych zagadnień przedmiotu oraz określano stopień gotowości do dalszego samorozwoju w obszarze statystyki.

A. KOZIARSKA

Opole University of Technology (Poland)

ANALIZA ANKIET ABSOLWENTÓW WYDZIAŁU INŻYNIERII PRODUKCJI I LOGISTYKI PO

W pracy wykorzystano 91 ankiet absolwentów Politechnice Opolskiej (PO) Wydziału Inżynierii Produkcji i Logistyki (WIPIL) z wybranych kierunków studiów. Wypełnianie ankiet i ich przekazanie do Centrum Obsługi Studenta było anonimowe i dobrowolne. Ankieta skierowana została do absolwentów w celu uzyskania informacji o systemie i jakości kształcenia w PO. Ankieta składała się z 9 pytań.

Z analizy zebranych danych wynika, że ankietowani absolwenci, wybierając Politechnikę Opolską jako miejsce do studiowania, kierowali się głównie bliskością ich miejsca zamieszkania. Zdaniem absolwentów WIPIL "dobra" uczelnia jest uczelnią, która posiada profesjonalny personel – specjalistów w dziedzinie, którą studiuje. Silną stroną PO, według absolwentów WIPIL, jest fakt, że wykładowcy mają dobry kontakt ze studentami, podczas gdy profesjonalny personel jest na piątym miejscu rangi ważności. Ocena jakości studiowania i pracowników PO jest dobra. W skali od 1 (najgorsza ocena) do 5 (najlepsza ocena), średnia ocena zajęć waha się od 3,51 (laboratoria i praktyki) do 3,97 (seminaria). Średnia ocena pracowników oscyluje od 3,87 (asystenci i doktoranci) do 4,25 (personel administracyjny). Jeśli chodzi o równomierność obciążenia podczas studiowania, większość absolwentów (62%) twierdzi, że obciążenie jest dość dobrze rozłożone. Logiczna kolejność treści programowych podczas studiowania jest raczej dobrze ułożona (54%). Znaczna część absolwentów (49%) twierdzi, że występuje powtarzanie treści programowych w celu nawiązania do nowych zagadnień. Oceniając efekty kształcenia w PO, absolwenci wskazują na dobre i bardzo dobre opanowanie określonej wiedzy i zdobycie określonych umiejętności.

LITERATURA

- [1] JÓŹWIAK J., PODGÓRSKI J.: Statystyka od podstaw. PWE, Warszawa 2010
- [2] SOBCZYK M.: Statystyka opisowa, C.H. Beck, 2010

II. MODELOWANIE I OPTYMALIZACJA PROCESÓW WYTWÓRCZYCH



O. HACHKEYVICH^{1,2}, R. IVAŠKO², R. KUSHNIR²,
A. STANIK-BESLER¹, D. TARŁAKOVSKI^{3,4}

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³ Moscow Aviation Institute (State University of Aerospace) (Russia)

⁴ Institute of Mechanics of Lomonosov State University of Moscow (Russia)

MODELE I METODY FIZYKI MATEMATYCZNEJ PRZY OPISIE QUASI-USTALONYCH PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Określone są założenia wyjściowe oraz schemat rozwiązywania zagadnień termomechaniki ciał przewodzących przy oddziaływaniu pola elektromagnetycznego (PEM), a również podane są zależności na wyznaczenie parametrów opisujących niestacjonarne PEM w ciałach liniowych względem własności elektrycznych i magnetycznych z uwzględnieniem otoczenia zewnętrznego i wyrażające się przez te parametry czynniki oddziaływania PEM – ciepło Joule’a i siły ponderomotoryczne. Te zależności są wyjściowymi przy otrzymaniu wyrażeń opisujących parametry quasi-ustalonego pola elektromagnetycznego (QUPEM). Zależności wyjściowe, określające PEM sformułowane są względem zespolonych natężeń pola elektrycznego i pola magnetycznego.

Na podstawie podanych zależności zapisane zostały zagadnienia wyjściowe określające parametry QUPEM w ciałach liniowych. Rozważane są układy: *ciało przewodzące – środowisko zewnętrzne nieprzewodzące*; *warstwowe ciało przewodzące – środowisko zewnętrzne nieprzewodzące*, w których PEM jest wytwarzane przez quasi-ustalone prądy elektryczne rozłożone w zewnętrznym środowisku dielektrycznym oraz układy: *ciało przewodzące* lub *warstwowe ciało przewodzące*, w których PEM jest zadane przez wartości quasi-ustalonych natężeń pola elektrycznego lub magnetycznego na powierzchni ciała. Zależności wyjściowe opisujące QUPEM sformułowane są względem zespolonych amplitud natężeń pola elektrycznego jak również pola magnetycznego. Zapisano także warunki określające takie pola.

B. BOZHENKO^{1,2}, O. HACHKEVYCH^{1,3}, R. IVAŠKO³,
A. STANIK-BESLER¹, J. SZYMCZAK¹

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Center of Mathematical Modeling Pidstryhach Institute for Applied Problems
of Mechanics and Mathematics NASU (Ukraine)

³ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

ZASTOSOWANIE FORMALIZMU ZESPOLONYCH AMPLITUD PRZY MATEMATYCZNYM MODELOWANIU PARAMETRÓW OPISUJĄCYCH QUASI-USTALONE POLE ELEKTROMAGNETYCZNE

Wyjściowe zależności opisujące parametry określające quasi-ustalone pole elektromagnetyczne (QUPEM) zapisano w ujęciu przybliżonym, gdy pomija się prądy przesunięcia w obszarze przewodzącym (co ma nieznaczący wpływ na dokładność obliczeń parametrów QUPEM dla ciał o dobrej przewodności elektrycznej). Sformułowano również, przy pominięciu prądów przesunięcia w ciele, zagadnienie o wyznaczeniu parametrów QUPEM względem składowych amplitudy wektorowej prądu przewodzenia.

Na podstawie znanych warunków brzegowych na powierzchniach rozdziału środowisk, sformułowanych dla zagadnień niestacjonarnych, zapisano dla tych powierzchni dodatkowe warunki na zespolone amplitudy, przy których składowe podstawowe równania $\operatorname{div} \vec{E} = 0$ lub $\operatorname{div} \vec{H} = 0$ (gdzie \vec{E} i \vec{H} – amplitudy zespolone natężeń pola elektrycznego oraz magnetycznego) w zależnościach wyjściowych, opisujących amplitudy zespolone, spełnione są tożsamościowo w rozważanych obszarach.

Uściślono warunki opisujące QUPEM oraz postaci amplitud mało zmieniających się względem czasu w okresie U drgań elektromagnetycznych. Określono jednocześnie bezwymiarowy „powolny” czas τ , przy którym dane amplitudy są mało zmieniającymi się funkcjami. Oszacowano parametry „powolnego” czasu przy różnych postaciach takich funkcji. Otrzymano związki między parametrami zewnętrznego quasi-ustalonego oddziaływania elektromagnetycznego, przy których postać natężeń pól elektrycznego i magnetycznego w ciele przewodzącym elektryczność dla każdej chwili czasu może być przyjęta w przybliżeniu quasi-ustalonym.

O. HACHKEVYCH^{1,2}, R. IVAŠKO², A. STANIK-BESLER¹,
R. TERLETSKI², J. SZYMCZAK¹

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

**DO MODELOWANIA CZYNNIKÓW ODDZIAŁYWANIA QUASI-
USTALONYCH PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH NA
PRZEWODZĄCE ELEKTRYCZNOŚĆ CIAŁA LINIOWE WZGLĘDEM
WŁASNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNYCH**

W przyjętym ujęciu wpływ pola elektromagnetycznego (PEM) na rozważane procesy przewodnictwa ciepła w ciele przewodzącym elektryczność (o obszarze Ω ograniczonym powierzchnią S) i jego stan sprężysty uwzględnia się: przez czynniki oddziaływania PEM – produkcję cieplną Q_* i siły ponderomotoryczne \vec{F}_* , które odpowiednio określone są przez charakterystyki (parametry) opisujące PEM.

Dla ciał magnesujących się i polaryzujących się liniowo, czynnikami oddziaływania PEM w stosowanym ujęciu są: ciepło Joule'a oraz siły ponderomotoryczne. Są to odpowiednio siły działające na ładunki (siły Coulomba \vec{F}_{*C}), prądy (siły Ampere'a \vec{F}_{*A}), dipole elektryczne (siły Kelvina \vec{F}_{*E}), dipole magnetyczne (prądy molekularne – siły \vec{F}_{*M}) oraz momenty skracające elektryczne (\vec{M}_E^*) i magnetyczne (\vec{M}_M^*) oddziaływujące na dipole.

Przy równoległości odpowiednich wektorów przesunięcia i natężeń pól otrzymujemy, że ponderomotoryczne momenty skracające \vec{M}^* oddziaływania PEM w ciele przewodzącym są równe zero w każdej chwili czasu.

W konsekwencji wpływ PEM na procesy przewodnictwa ciepła i odkształcenia w ciele (zarówno dla niestacjonarnego jak i quasi-ustalonego PEM), sprowadza się do uwzględniania produkcji cieplnej Q_* (ciepło Joule'a) i sił ponderomotorycznych \vec{F}_* , czyli

$$Q_* \equiv Q_{*J}; \quad \vec{F}_* = \vec{F}_{*C} + \vec{F}_{*A} + \vec{F}_{*E} + \vec{F}_{*M}.$$

Rozpatrywane PEM wytwarzają w ciele stałym liniowym względem własności elektrycznych i magnetycznych ciepło Joule'a (produkcja cieplna od magnesowania i polaryzacji nie powstaje) i siły ponderomotoryczne (elektromotoryczne i magnetomotoryczne, które zależą od liniowego namagnesowania i polaryzacji).

Określono algebrę quasi-ustalonych wektorów oraz zapisano wyrażenia czynników oddziaływania quasi-ustalonego pola elektromagnetycznego

(QUPEM) przy pomocy składowych amplitud zespolonych natężeń pola elektrycznego i magnetycznego. Rozważano twierdzenie Poyntinga dla QUPEM oraz omówiono osobliwości przedstawień względem czasu energii elektromagnetycznej oraz czynników oddziaływania QUPEM: ciepła Joule'a i siły ponderomotorycznej.

Przy tym odpowiednio do struktury zespolonych amplitud natężeń pola elektrycznego i magnetycznego ciepło Joule'a oraz siły ponderomotoryczne otrzymujemy w postaci sumy dwóch składowych – wolno zmieniających się w okresie $U = \frac{2\pi}{\omega}$ i quasi-ustalonych (prawie okresowych (z okresem $U^* = \frac{U}{2}$)).

O. HACHKEYVYCH^{1,2}, R. MUSIY³, H. STASIUK¹,
R. TERLETSKII¹, D. TARLAKOVSKII^{4,5}

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ National University "L'vivska Polytechnika" (Ukraine)

⁴ Moscow Aviation Institute (State University of Aerospace), Russia

⁵ Institute of Mechanics Lomonosov Moscow State University (Russia)

MODEL WARSTWY PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ DLA PROGNOZY CIEPLNYCH I MECHANICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI WYROBÓW PRZY OBRÓBCE ELEKTROMAGNETYCZNEJ Z WYKORZYSTANIEM JEDNOSTKOWEGO IMPULSU ELEKTROMAGNETYCZNEGO

W obecnych procesach wytwórczych jest szeroko wykorzystywane oddziaływanie jednostkowego impulsu elektromagnetycznego (JIEM) jako efektywnego czynnika technologicznego.

Opis matematyczny procesów, powstających w wyrobach przy oddziaływaniu elektromagnetycznym jest dosyć złożony. W procesie tego oddziaływania różne właściwości (w tym ciepłne i mechaniczne) wyrobów, badane są z wykorzystaniem uproszczających modeli wyrobów. W literaturze znany jest model warstwy przewodzącej elektryczność dla opisu właściwości cieplnych i mechanicznych przy niejednorodnym niestacjonarnym technologicznym oddziaływaniu elektromagnetycznym i wyznaczania przy tym granicznej nośności warstwy, a również metoda rozwiązywania sformułowanych wyjściowych zagadnień fizyki matematycznej.

Z wykorzystaniem tych rezultatów i wyznaczonego ogólnego rozwiązania kompleksowego zagadnienia termomechaniki dla warstwy przewodzącej elektryczność przy oddziaływaniu JIEM, a również opracowanego odpowiedniego oprogramowania dla badania elektromagnetycznych, cieplnych mechanicznych parametrów warstwy, przeanalizowane są osobliwości jej cieplnych i mechanicznych właściwości w procesie oddziaływaniu JIEM oraz graniczna nośność.

W wyniku badań numerycznych otrzymano, że przy oddziaływaniu niejednorodnego względem współrzędnej podłużnej JIEM zachodzą:

– istotny wpływ okresowego względem podłużnej współrzędnej charakteru zmiany JIEM na technologiczne parametry warstwy, przy czym wpływ na maksymalne wartości intensywności naprężeń jest nieistotny;

– duże wartości intensywności naprężeń w warstwie stalowej w porównaniu z warstwą miedzianą;

– wartości badanych wielkości praktycznie pokrywają się z analogicznymi otrzymanyymi przy oddziaływaniu jednorodnego JIEM ze zmniejszeniem

wartości parametru opisującego okresowy względem podłużnej współrzędnej charakter zmiany JIEM.

Ujawnione prawidłowości mogą być wykorzystane przy opracowaniu racjonalnych przebiegów celowej elektromagnetycznej obróbki przewodzących elektryczność wyrobów realizowanej z zastosowaniem JIEM w różnych procesach technologicznych. One również pozwalają na ocenę wpływu charakteru zmiany takiego oddziaływania w podłużnym kierunku na ciepłe i mechaniczne właściwości wyrobów, a także ich graniczną nośność w konkretnym procesie produkcyjnym, opartym na wykorzystaniu JIEM.

B. CHORNYI¹, K. GHAZARYAN², R. MUSIY³,
A. STANIK-BESLER⁴, H. STASIUK⁵

¹ L'viv branch of Dnipro National University of Railway Transport (Ukraine)

² Institute of Mechanics ANA (Armenia)

³ National University "Lviv'ska Politechnika" (Ukraine)

⁴ Opole University of Technology (Poland)

⁵ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

**MODEL WARSTWY PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ DLA
PROGNOZY CIEPLNYCH I MECHANICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI
WYROBÓW PRZY OBRÓBCE ELEKTROMAGNETYCZNEJ
Z WYKORZYSTANIEM IMPULSOWEGO ODDZIAŁYWANIA
ELEKTROMAGNETYCZNEGO O PRZEBIEGU SINUSOIDY
TLUMIONEJ**

W obecnych procesach wytwórczych jest szeroko wykorzystywane impulsowe elektromagnetyczne oddziaływanie o przebiegu sinusoidy tłumionej (IEMO o PST), jak i omówione wyżej oddziaływanie jednostkowego impulsu elektromagnetycznego (OJEM).

Z wykorzystaniem modelu przewodzącej elektryczność warstwy przy niejednorodnym niestacjonarnym technologicznym oddziaływaniu elektromagnetycznym dla opisu cieplnych i mechanicznych właściwości oraz granicznej nośności w procesie oddziaływania, a również opracowanego na tej podstawie oprogramowania, przeanalizowano cieplne i mechaniczne właściwości warstwy i jej graniczną nośność, spowodowane IEMO o PST.

Badania numeryczne wykazały, że przy niejednorodnym (okresowym) względem podłużnej współrzędnej IEMO o PST:

– maksymalne wartości naprężeń w przybliżeniu o 2,5 razy większe, niż przy stosowanym w praktyce elektromagnetycznym oddziaływaniu w przebiegu o impulsowym sygnale modulującym (EMO o PISM);

– przebieg ustalony jest osiągnięty szybciej niż przy EMO o PISM;

– zjawiska rezonansowe ujawnione są przy czterech częstotliwościach, trzy z których zależą od wartości okresu zmiany elektromagnetycznego oddziaływania względem przestrzennej współrzędnej;

– przy zwiększeniu wartości okresu zmiany oddziaływania względem podłużnej współrzędnej rozwiązanie zagadnienia praktycznie pokrywa się z rozwiązaniem zagadnienia przy oddziaływaniu jednorodnym.

Ustalone prawidłowości mogą być korzystne przy opracowaniu teoretycznych podstaw rozbudowy procesów wytwórczych, wykonywanych z zastosowaniem EMO o PISM. Te prawidłowości pozwalają również na celową

ocenę wpływu charakteru zmiany w podłużnym kierunku takiego oddziaływania na ciepłe i mechaniczne właściwości wyrobów lub ich elementów w procesie omawianego oddziaływania.

O. HACHKEVYCH^{1,2}, O. HUMENCHUK², N. MELNYK^{2,3},
R. MUSIY^{2,3}, A. STANIK-BESLER¹

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³ National University "Lvivs'ka Politechnika" (Ukraine)

MODELOWANIE ELEKTROMAGNETYCZNYCH I TERMOMECHANICZNYCH PROCESÓW W DWUWARSTWOWYCH CIAŁACH PRZEWODZĄCYCH ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY ODDZIAŁYWANIU IMPULSOWYCH PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH O MODULACJI AMPLITUDY

W literaturze są opracowane dwa modele matematyczne termomechaniki przewodzących elektryczność ciał przy oddziaływaniu impulsowych pól elektromagnetycznych (IPEM), w tym o impulsowym sygnale modulującym. W pierwszym z nich uwzględnia się proces rozproszenia energii w ciele przewodzącym elektryczność spowodowany połączeniem pól deformacji i temperatury. Badania z wykorzystaniem tego modelu termomechanicznego zachowania przewodzącej elektryczność nieferromagnetycznej warstwy przy oddziaływaniu IPEM o charakternych typach pokazały, że za czas trwania realnych rozważanych IPEM wpływ powiązania pól deformacji i temperatury na wartości naprężeń i ich intensywności jest nieistotny. On ujawnia się tylko w kolejnym zanikaniu do zera amplitudy własnych mechanicznych drgań warstwy.

W drugim modelu uwzględnia się adiabaticzność procesu nagrzewania oraz odkształcania przewodzącego ciała przez IPEM, która eksperymentalnie jest dostrzegana przy oddziaływaniu IPEM o różnych typach. W ramach tego modelu zbadano stan termosprężysty (STS) i graniczną nośność jednorodnych ciał przewodzących elektryczność o formie kanonicznej, przy oddziaływaniu IPEM.

Analiza otrzymanych ilościowych oraz jakościowych rezultatów o deformacji jednorodnych przewodzących elektryczność ciał poprzez IPEM o charakternych typach na podstawie omówionych modeli wykazuje praktyczne pokrycie się wyników przy korzystaniu z obu modeli. W tym drugi model jest istotnie mniej złożony w matematycznym ujęciu co wykazuje na racjonalność jego stosowania przy rozwiązywaniu nowych zagadnień termomechaniki jednorodnych przewodzących elektryczność ciał przy oddziaływaniu IPEM.

Jednak że przy badaniach STS dwuwarstwowych przewodzących elektryczność ciał (DPEC) modele te nie mogą być bezpośrednio zastosowane na skutek konieczności spełnienia warunków elektromagnetycznego, cieplnego oraz mechanicznego kontaktu na powierzchni połączenia składowych DPEC.

Zaproponowany został model matematyczny określenia STS, oceny nośności oraz właściwości kontaktowego połączenia DPEC, wywołanych IPEM, przy

zadanych warunkach brzegowych na zewnętrznych powierzchniach i na powierzchni kontaktu składowych DPEC, a również znanych warunkach początkowych.

Zapisane są wyjściowe zależności odpowiedniego zagadnienia termomechaniki nieferromagnetycznych przewodzących elektryczność DPEC względem przemieszczeń jak i względem naprężeń. Dla zagadnienia kompleksowego sformułowane są wyjściowe zależności względem kluczowych funkcji za które wybrane są wektor natężenia pola magnetycznego, temperatura, wektor przemieszczeń lub tensor dynamicznych naprężeń.

L. HAYEVS'KA¹, N. MELNYK^{1,2}, R. MUSIY^{1,2},
M. SOLODYAK¹, A. STANIK-BESLER³

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² National University "Lvivs'ka Polytechnika" (Ukraine)

³ Opole University of Technology (Poland)

WARIANT MODELU BIMETALICZNEJ PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ NIEFERROMAGNETYCZNEJ WARSTWY PRZY ODDZIAŁYWANIU JEDNORODNEGO NIESTACJONARNEGO POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Matematyczny opis procesów, powstających w realnych wyrobach przy oddziaływaniach elektromagnetycznych jest dowoli złożony. W związku z tym w literaturze różne właściwości tych wyrobów w procesie oddziaływania oraz prawidłowości ich zmiany w zależności od charakterystyk materiału i parametrów oddziaływania poznają z wykorzystaniem upraszczających modeli takich wyrobów, czy ich elementów, w szczególności modelu przewodzącej elektryczność jednorodnej warstwy. Takie modele pozwalają na dokonanie szerokiej analizy rozpatrywanych właściwości, w tym cieplnych i mechanicznych, uzyskanie podstawowych prawidłowości ich zachowania oraz otrzymanie pewnych konkretnych wniosków, które mogą być wykorzystane przy opracowaniu technologicznych procesów wytwarzania i obróbki realnych wyrobów w produkcji.

Obecnie w praktyce inżynierskiej szeroko stosowane są bimetaliczne elementy oraz elektromagnetyczne oddziaływania jako technologiczny czynnik produkcji. Dla opisu cieplnych i mechanicznych właściwości bimetalicznej warstwy, wywołanych oddziaływaniem elektromagnetycznym i metodyki rozwiązywania powstających przy tym zagadnień fizyki matematycznej, konieczne jest opracowanie modelu przewodzącej elektryczność bimetalicznej warstwy przy oddziaływaniu niestacjonarnych pól elektromagnetycznych, w którym mogą być uwzględnione główne cechy rozważanych zjawisk przy takim oddziaływaniu. Na podstawie omówionego modelu mogą być przeanalizowane osobliwości cieplnych i mechanicznych właściwości warstwy w procesie rozważanych typów oddziaływań w celu otrzymania ogólnych prawidłowości zmiany tych właściwości, które mogą być wykorzystane przy rozbudowie racjonalnych przebiegów obróbki elektromagnetycznej konkretnych wyrobów w procesach wytwórczych.

Zaproponowany został model przewodzącej elektryczność nieferromagnetycznej bimetalicznej warstwy o płasko-równoległych podstawach przy oddziaływaniu jednorodnego niestacjonarnego pola elektromagnetycznego, z wykorzystaniem której można dokonać szerokiej analizy cieplnych oraz mechanicznych właściwości bimetalicznych elementów przy różnych typach

oddziaływania elektromagnetycznego, stosowanych w procesach wytwórczych prowadzonych z wykorzystaniem takich oddziaływań.

Sformułowane zostały odpowiednie początkowo-brzegowe zagadnienia, opisujące rozważane właściwości w procesie oddziaływania. Jako funkcje kluczowe wybrane: styczna (względem podstaw warstwy) składowa wektora natężenia magnetycznego pola, temperatura oraz normalne składowe tensora dynamicznych naprężeń. Przy wyznaczaniu tych funkcji wykorzystano ich kwadratową aproksymację względem grubościowej współrzędnej w każdej warstwie. Przy tym wyjściowe początkowo-brzegowe zagadnienia względem kluczowych funkcji sprowadzone zostały do odpowiednich zagadnień Cauchego na charakterystyki całkowe tych funkcji (przy dokładnym spełnieniu brzegowych, kontaktowych i początkowych warunków). Z wykorzystaniem całkowego przekształcenia Laplace'a uzyskano ogólne rozwiązania otrzymanych zagadnień Cauchego.

R. IVAS'KO¹, N. MELNYK², R. MUSIY²,
A. STANIK-BESLER³, A. TORS'KYI⁴

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² National University "Lvivska Polytechnika" (Ukraine)

³ Opole University of Technology (Poland)

⁴ Center of Mechanical Modeling Pidstryhach Institute for Applied Problems of
Mechanics and Mathematics NASU (Ukraine)

CIEPLNE I MECHANICZNE WŁAŚCIWOŚCI BIMETALICZNEJ WARSTWY PRZEWODZĄCEJ ELEKTRYCZNOŚĆ PRZY TECHNOLOGICZNYM ODDZIAŁYWANIU JEDNOSTKOWEGO IMPULSU ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Bimetaliczne elementy są szeroko wykorzystywane w urządzeniach o różnych technologicznych zastosowaniach. W procesie roboty taki urządzenia poddawane są oddziaływaniu wielu fizycznych czynników, w szczególności, impulsowych pól elektromagnetycznych (IPEM). Dla badania cieplnych i mechanicznych właściwości tych elementów w procesie oddziaływania konieczne jest matematyczne modelowanie bimetalicznych elementów przy pomocy elementów o klasycznej geometrii, przy którym istotnie upraszcza się matematyczna złożoność powstających zagadnień opisujących te właściwości za dostatecznej dokładności uwzględnienia głównych cech rozważanych zjawisk.

Na podstawie rozpatrywanego w poprzednim referacie modelu bimetalicznej warstwy przy oddziaływaniu jednorodnego niestacjonarnego IPEM otrzymane są wyrażenia, opisujące parametry, charakteryzujące cieplne i mechaniczne właściwości, graniczną nośność oraz właściwości połączenia kontaktowego składowych części bimetalicznej warstwy przy oddziaływaniu technologicznego jednostkowego impulsu elektromagnetycznego (JEMI). Z wykorzystaniem kwadratowej (przy pomocy wielomianu drugiego stopnia) aproksymacji rozkładów kluczowych funkcji względem grubościowej współrzędnej w każdej składowej warstwie zapisane zostały ogólne rozwiązania odpowiedniego zagadnienia termomechaniki dla bimetalicznej warstwy przy oddziaływaniu JEMI w zręcznej dla numerycznej analizy analitycznej postaci. Dokonano analizę temperatury, naprężeń i ich intensywności w zależności od czasowych parametrów JEMI. Otrzymano, że:

- ze wzrostem trwałości impulsu intensywność naprężeń liniowo maleje;
- wartości składowych naprężeń, wywołanych ciepłem Joule'a i siłą ponderomotoryczną, są wartościami jednego rzędu.

Uzyskane krytyczne wartości czasowych parametrów JEMI oraz wartości naprężeń pola magnetycznego, przy których rozważana bimetaliczna warstwa traci nośność i wymagane właściwości kontaktowego złącza.

Zbadane prawidłowości mogą być korzystne przy prognozie odpowiednich

właściwości bimetalicznych elementów lub urządzeń, posiadających takie elementy, przy stosowaniu rozważanego oddziaływania jako czynnika technologicznego oraz opracowaniu racjonalnych reżimów obróbki elektromagnetycznej w procesach produkcyjnych, opartych na oddziaływaniu JEMI.

M. HACHKEYVICH¹, O. HACHKEYVICH^{1,2}, R. KUSHNIR¹,
V. MOZHAROVSKII³, A. STANIK-BESLER⁴

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ Gomel State University (Belarus)

**OPTYMALIZACJA WZGLĘDEM STANU TERMICZNYCH
NAPRĘŻEŃ REŻIMÓW TECHNOLOGICZNEGO NAGRZEWANIA
KAWAŁKAMI JEDNORODNYCH SZKLANYCH POWŁOK.
APPROKSYMACJA TEMPERATURY W ZAGADNIENIU PROSTYM
PRZY POMOCY WIELOMIANU**

Dla stosowanych w praktyce inżynierskiej szklanych kawałkami jednorodnych powłok, użytkowanych w warunkach podwyższonych temperatur przy jednorodnym nagrzewaniu dla praktycznie wszystkich realnych grubości takich powłok, wyjściowe zagadnienie przewodnictwa ciepła można rozważać jako dwuwymiarowe (z dokładnością przyjętej w teorii termomechaniki powłok). Przy tym wykorzystane jest przedstawienie temperatury względem grubościowej współrzędnej powłoki przy pomocy wielomianu trzeciego stopnia, współczynniki którego wyrażane są przez uśrednione charakterystyki pola temperatur względem grubości oraz zadane warunki brzegowe.

W takim podejściu upraszcza się rozwiązywanie odpowiedniego zagadnienia quasistatycznej termosprężystości dla cienkich powłok, w którym występują tylko uśrednione charakterystyki temperatury $T_1^{(k)}$, $T_2^{(k)}$ (gdzie k – numer składowej powłoki), co z kolei istotnie upraszcza matematyczne przekształcenia w wybranym algorytmie optymalizacji względem stanu naprężeń reżimu technologicznego nagrzewania szklanych kawałkami jednorodnych powłok. Algorytm ten oparty jest na wykorzystaniu rozwiązań zagadnień prostych termomechaniki na podstawie zależności termosprężystości cienkich powłok. W zależnościach tych uwzględniona jest tylko termoczułość współczynnika rozszerzalności cieplnej.

Zaproponowane podejście jest efektywne przy jego wykorzystaniu w algorytmach numerycznej optymalizacji względem różnych celowych kryteriów, w szczególności, poziomu stanu sprężystego, reżimów nagrzewania technologicznego zewnętrznym środowiskiem oraz źródłami ciepła cienkich kawałkami jednorodnych szklanych powłok, gdzie konieczne jest wielokrotne rozwiązywanie zagadnień prostych (zagadnień o wyznaczaniu stanu sprężysto-odkształcanego przy zadanym obciążeniu cieplnym). Przy tym istotne zmniejszenie komputerowych zasobów oraz złożoności matematycznych osiąga się w moc otrzymania analitycznych rozwiązań zagadnień prostych przy względnej prostocie ich przedstawienia przy dostatecznej dokładności.

I. CHUPYK¹, M. HACHKEVYCH¹, L. HAYEVS'KA¹,
V. MOZHAROVSKII², A. STANIK-BESLER³

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Gomel State University (Belarus)

³ Opole University of Technology (Poland)

METODA OPTYMALIZACJI WZGLĘDEM STANU TERMICZNYCH NAPRĘŻEŃ KAWĄLKAMI JEDNORODNYCH SZKLANYCH POWŁOK. APROKSYMACJA TEMPERTATURY ORAZ DEFORMACJI CIEPLNYCH W ZAGADNIENIU PROSTYM PRZY POMOCY WIELOMIANU

Wykorzystana została aproksymacja temperatury i odkształcenia cieplnego przy pomocy wielomianu względem grubościowej współrzędnej powłoki. W takim podejściu istotnie upraszcza się metodyka rozwiązywania osiowosymetrycznego zagadnienia termomechaniki w zagadnieniu prostym, otrzymywanym w algorytmie optymalizacji względem stanu naprężeń reżimów technologicznego nagrzewania szklanych kawałkami jednorodnych powłok przy pomocy temperatury środowiska zewnętrznego.

Opracowana metodyka rozwiązywania zagadnień prostych, oparta jest na quasistatycznej teorii sprężystości cienkich szklanych powłok (przy termoczołym tylko współczynnikiem liniowej rozszerzalności cieplnej oraz zaproponowanej aproksymacji względem grubościowej współrzędnej temperatury i odkształcenia cieplnego).

Rozważany jest szeroko stosowany w technologiach termoobróbki reżim praktycznie jednorodnego względem podłużnych współrzędnych konwekcyjnego nagrzewania kawałkami jednorodnych powłok od strony powierzchni zewnętrznej. Omówione są osobliwości stanu cieplnego oraz sprężonego w otoczeniu przekrojów połączeń składowych powłokowych części, wyprodukowanych z typów szkielek wykorzystywanych w produkcji.

Ustalono (z zastosowaniem elementu modelowego złożonej powłoki – cienkiej cylindrycznej powłoki, otrzymanej przez połączenie dwóch różnorodnych części), że dla wykorzystywanych w praktyce inżynierskiej szklanych kawałkami jednorodnych powłok, pracujących w podwyższonych temperaturach, przy praktycznie wszystkich realnych grubościach takich powłok, zaburzeniami temperatury w otoczeniu przekrojów sprężenia (połączenia składowych części) można pominąć. Przy tym zagadnienie przewodnictwa cieplnego przy jednorodnej temperaturze zewnętrznej powierzchni powłoki lub takiej temperatury środowiska zewnętrznego rozważać jako jednowymiarową względem grubościowej współrzędnej. Takie przybliżenie istotnie upraszcza procedurę otrzymania rozwiązania odpowiedniego zagadnienia przewodnictwa cieplnego. Przy konieczności wielokrotnego rozwiązywania zagadnień prostych

w algorytmie numerycznej optymalizacji reżimów nagrzewania technologicznego zewnętrznym środowiskiem cienkich kawałkami jednorodnych szklanych powłok takie podejście znacznie skraca trwałość obliczania odpowiednich przebiegów celowego nagrzewania.

S. BUDZ¹, M. HACHKEVYCH¹, O. HACHKEVYCH^{1,2},
A. KOZIARSKA², B. TRISHCH³

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ Ivan Franko National University of L'viv (Ukraine)

OPTYMALNE WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ REŻIMY NAGRZEWANIA TECHNOLOGICZNEGO SZKLANÝCH KAWÁLKAMI JEDNORODNYCH POWŁÓK PRZY POMOCY NIESTACJONARNEJ TEMPERATURY OTACZAJĄCEGO ŚRODOWISKA ZE STRONY ICH POWIERZCHNI ZEWNĘTRZNEJ

Zaprezentowana została metodyka otrzymania optymalnych względem stanu naprężeń termicznych reżimów celowego technologicznego nagrzewania szklanych kawałkami jednorodnych powłok przy pomocy często stosowanego w praktyce sposobu – nagrzewania otaczającym środowiskiem ze strony zewnętrznej powierzchni powłok. Przy tym temperatura tego środowiska jest jednorodną i zależną od czasu. Optymalizacja realizowana jest przez wybór temperatury zewnętrznego środowiska, która jest funkcją sterowania.

Przyjmuje się, że zmiana temperatury względem grubości powłoki opisuje się przy pomocy wielomianu trzeciego stopnia, a warunkiem optymalności jest minimum funkcjonu maksymalnych normalnych naprężeń. Dla opisu stanu termosprężystego wybrane są zależności niepowiązanej teorii termosprężystości cienkich powłok przy zależnym od temperatury współczynnikiem rozszerzalności cieplnej materiału. Rozwiązanie zagadnienia optymalizacji otrzymywane jest z wykorzystaniem na etapie poszukiwania warunkowego minimum funkcjonu iteracyjnej metody lokalnych wariacji.

Rozważany jest przypadek różnych warunków cieplnych na wewnętrznej powierzchni walcowej powłoki: izolacji cieplnej i wymiany ciepłem przez konwekcję ze środowiskiem wewnątrz powłoki (przy ograniczeniu powłoki bocznymi ściankami nieprzepuszczającymi ciepła i gazu), a również dwóch cieplnych przebiegów nagrzewania (przebieg bez etapu podtrzymywania stałej temperatury i z takim etapem). Oznaczono osobliwości matematycznego formułowania zagadnienia optymalizacji w rozważanych przypadkach w tym odpowiednich zagadnień prostych. Przy przebiegu bez etapu podtrzymania stałej temperatury rozciągające temperaturowe naprężenia wynikają na wewnętrznej powierzchni powłoki przy nagrzewaniu. Przy chłodzeniu one powstają na zewnętrznej powierzchni. Przy tym na wewnętrznej powierzchni wyznaczalnymi są naprężenia kołowe, a na wewnętrznej – merydionalne.

Podtrzymywanie stałej temperatury oraz rozważane warunki wymiany ciepła na wewnętrznej powierzchni powłoki nie zmieniają charakteru naprężeń rozciągających. One mogą zmieniać miejsce przekroju wyznaczalnego.

Rezultaty przy naturalnej konwekcyjnej wymianie ciepła ($Bi \leq 0,1$) na wewnętrznej powierzchni pokrywają się z analogicznymi otrzymywanymi przy izolacji cieplnej tej powierzchni.

B. BOZHENKO^{1,2}, S. BUDZ², K. GHAZARYAN³,
M. HACHKEVYCH¹, L. KIT⁴

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³ Institute of Mechanics NAS of Armenia (Armenia)

⁴ Center of Mathematical Modeling Pidstryhach Institute for Applied Problems
of Mechanics and Mathematics NASU (Ukraine)

MODEL OPTIMALIZACJI WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ REŻIMÓW WYŻARZANIA TERMOCZUŁYCH SZKLANYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCJI

Szklany element, w którym przy wytwarzaniu (z wykorzystaniem spawania, ceramiczno-cementowego połączenia itp.) powstały szczątkowe naprężenia temperaturowe (które razem z eksploatacyjnymi mogą powodować zniszczenie elementu) wyżarzają w celu zniżenia poziomu tych naprężeń drogą relaksacji. Przy tym element jest nagrzewany od temperatury początkowej (naturalnej) do zadanej podwyższonej, przy której odbywa się maksymalna relaksacja naprężeń.

Rozważany jest wariant matematycznego formułowania oraz numeryczno-analitycznej metody rozwiązywania zagadnienia optymalizacji względem stanu naprężeń reżimów nagrzewania technologicznego przy wyżarzaniu termoczulych szklanych kawałkami jednorodnych elementów wyrobów. Elementy te są modelowane tarczą o stałej grubości.

Rozpatrywane są reżimy cieplne przy wyżarzaniu w celu poniżenia poziomu obecnych naprężeń szczątkowych drogą relaksacji przy pewnych temperaturach oraz ustalonej trwałości wytrzymania elementu (czy jego lokalnych podobszarów) przy tej temperaturze. Trwałość reżimu wyżarzania zależy od poziomu naprężeń szczątkowych, powstających w wyrobie (lub jego składowym elemencie) w procesie wytwarzania, a również od poziomu obecnych temperaturowych naprężeń przy wyżarzaniu oraz geometrycznych parametrów wyrobu. Temperatura, przy której obecna maksymalna relaksacja naprężeń, przyjęta jako znana. Jej wartość jest mniejsza od wartości temperatury rozmiękania szkła (gdy nie powstają jeszcze znaczne deformacji – większe dopuszczalnych). Wartość naprężeń dopuszczalnych ustala się z uwzględnieniem osobliwości rozważanego etapu reżimu nagrzewania-chłodzenia. Temperatura relaksacji i trwałość wytrzymania elementu przy tej temperaturze wyznaczane są na podstawie znanych eksperymentalnych i teoretycznych danych o procesie relaksacji naprężeń dla konkretnych typów szkła oraz rozpatrywanych wyrobów (lub ich elementów).

B. CHORNYI¹, M. HACHKEVYCH², E. IRZA²,
A. KOZIARSKA³, A. RAWKA-SKOTNICZNY³

¹ L'viv Branch of Dnipro National University of Railway Transport (Ukraine)

² Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

³ Opole University of Technology (Poland)

MODEL OPTIMALIZACJI WZGLĘDEM STANU NAPRĘŻEŃ REŻIMÓW WYŻARZANIA TERMOCZUŁYCH SZKLANYCH ELEMENTÓW WYROBÓW PRZY OGRANICZENIACH NA NAPRĘŻENIA ROZCIĄGAJĄCE

Zaproponowany w poprzednim referacie model optymalizacji względem stanu naprężeń reżimów wyżarzania szklanych elementów wyrobów w celu пониżenia poziomu naprężeń szczątkowych drogą ich relaksacji adaptowany został na przypadek reżimu przy ograniczeniach tylko na naprężenia rozciągające. Na podstawie analizy etapów reżimu wyżarzania: nagrzewanie, wytrzymanie przy stałej temperaturze, chłodzenie ustalono wartości temperaturowych naprężeń rozciągających na wszystkich etapach reżimu.

Skonkretyzowane są parametry optymalnego względem stanu naprężeń reżimu wyżarzania szklanych elementów przy obecności ustalonych ograniczeń na rozważane naprężenia rozciągające.

Otrzymano przebiegi, które zmniejszają maksymalne naprężenia rozciągające przy chłodzeniu (dwuetapowy przebieg chłodzenia). Przy tym wprowadzono ograniczenia względem dwóch poziomów rozciągających naprężeń: przy chłodzeniu do temperatury $330^{\circ}C$ (wyżej której możliwe powstanie strukturalnych przekształceń i konieczne są na tym etapie minimalne chwilowe rozciągające naprężenia) wartości dopuszczalnych cieplnych naprężeń przyjęte $\sigma_{**}^{+} = 1,7 MPa$ (małe wartości); w dalszym ciągu chłodzenie trwa bez ograniczeń do osiągnięcia przez naprężenia na powierzchni tarczy prawdziwych dopuszczalnych naprężeń σ_{*}^{+} (o większej wartości – rzędu $4 MPa$). Chłodzenie przy tych ograniczeniach trwa do temperatury końcowej (temperatury zakończenia procesu wyżarzania). Przy realizowanym podejściu trwanie procesu wyżarzania nieistotnie zwiększa się. Taki reżim przy wysokiej temperaturze, z której zaczyna się chłodzenie, praktycznie nie powoduje powstania dodatkowych szczątkowych deformacji.

Otrzymano również, że przy zwiększeniu czasu osiągnięcia maksymalnej temperatury (temperatury wyżarzania) w szklanej powłoce wzrastają wartości naprężeń ściskających. Przy tym przy ustalonej trwałości wytrzymania temperatury wyżarzania zmniejszają się wartości naprężeń rozciągających, co sumarycznie powoduje wzrost trwałości reżimu nagrzewania.

O. KULYK¹, I. LYTUVYN², I. MAHORKIN¹, M. MAHORKIN¹,
A. MARYNOWICZ³

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Lviv College State University of Telecommunications (Ukraine)

³ Opole University of Technology (Poland)

MODEL MATEMATYCZNY OPISU I OPTIMALIZACJI STANU CIEPLNEGO CYLINDRYCZNYCH ELEMENTÓW STAŁOWYCH PRZY LASEROWEJ TERMOBRÓBCE POWIERZCHNI

Wykorzystanie koncentrowanych strumieni energii (KSE), w szczególności, laserowego i elektronowego promieniowania, strumienia niskotemperaturowej plazmy itp., w celach naukowych i technologicznych oparte jest na wynikach badań możliwości otrzymania pożądanych fizycznych oraz fizyczno-chemicznych efektów, powstających na skutek oddziaływania KSE na materiał. Podstawowy problem przy takim oddziaływaniu polega w tym, że mechanizm zjawisk, spostrzeganych w strefie oddziaływania KSE, oparte są na silnym wzajemnym wpływie pól o różnej naturze fizycznej przy charakterystycznych dla nich przestrzenno-czasowych skalach. Tradycyjne podejście do rozwiązywania takiego zagadnienia polega na wykorzystaniu metod, opartych na modelu efektywnego ciepłego źródła, co pozwala dla różnych rodzajów promieniowania wydzielić ogólne prawidłowości oraz specyfikę. Na jego podstawę składają się rezultaty teoretycznego i eksperymentalnego badania ciepło-fizycznych zjawisk i interpretacja na zasadach doświadczalnych danych obecnej fizyczno-chemicznej analizy.

Zgodnie z koncepcją metody efektywnych ciepłych źródeł pole temperatur jest jedyną niezależną charakterystyką procesu, przy pomocy której wyznaczane są wszystkie pozostałe: powstanie stref strukturowo-fazowych przekształceń, skład i właściwości materii w nich, ruch granic fazowych, dyfuzja domieszek itp. W moc tego badanie działania KSE na ciało przy pomocy takich metod dokonywane jest w dwa etapy. Na pierwszym – opracowuje się model matematyczny efektywnego źródła ciepłego (formułowane jest odpowiednie zagadnienie przewodnictwa ciepłego), parametrami którego są ciepłno-fizyczne oraz geometryczne charakterystyki obiektu, charakterystyki procesu technologicznego i również KSE, a dalej rozwiązuje się postawione zagadnienie ciepłne (wyznacza się pole temperatur). Na drugim etapie przy już znanym polu temperatur obliczają się parametry krótkotrwałych procesów oraz procesów, które nie wpływają na rozkład temperatury.

Z wykorzystaniem przedstawionego wyżej podejścia zaproponowany został wariant modelu matematycznego (efektywnego ciepłego źródła) opisu ilościowego przestrzennych niestacjonarnych pól temperatury w ciałach walcowych przy powierzchniowej termobróbce KSE, w szczególności

laserowymi, wykorzystywanymi w procesach produkcyjnych. Rozwiązanie sformułowanego brzegowego zagadnienia przewodnictwa cieplnego zapisano w zamkniętej postaci analitycznej. W modelu uwzględniono: lokalność i reżim działania promieniowania laserowego, formę plamy nagrzewania oraz trajektorię jej postępowego ruchu, gabaryty wyrobu i jego wymiana ciepłem z środowiskiem otaczającym. Przytoczona inżynierska metodyka prognozy rezultatów, otrzymywanych w wyniku powierzchniowej laserowej obróbki detali, wyprodukowanych z węglowych i nierdzewnych stali.

Zbadane jest pole temperatur technologicznej strefy i dokonana prognoza jej stanu przy impulsowej obróbce laserowej bocznej powierzchni półnieskończonego walca (modelującego cylindryczny poncz) ze stali Y8.

V. ASTASHKIN¹, B. BOZHENKO^{2,3}, L. ONYSHKO⁴,
O. ONYSHKO¹, A. STANIK-BESLER²

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ Center of Mathematical Modeling Pidstryhach Institute for Applied Problems
of Mechanics and Mathematics NASU (Ukraine)

⁴ Karpenko Physico-Mechanical Institute NASU (Ukraine)

MODELOWANIE TERMOSPREŻYSTEGO ZACHOWANIA WARSTWY Z NITINOLU PRZY TERMOMECHANICZNYM OBCIĄŻENIU

W obecnej technice szeroko stosowane są detali maszyn i mechanizmów wyprodukowane z wykorzystaniem stopów, w których zachodzą twardefazowe martenzytyczne przekształcenia w pewnych zakresach temperatur. Takie materiały w literaturze przyjęto nazywać „materiały z efektem pamięci kształtu”. W medycynie, w szczególności, chirurgii i ortopedii, urządzenia dla fiksacji, wykorzystywane przy leczeniu różnego rodzaju przełomów, wykonane z takich materiałów (zwykle, z nitinolu), dają możliwość istotnie skrócić proces leczenia przy podniesieniu jego jakości.

Przekształcenie fazowe polega w tym, że krystaliczna gratka wysokotemperaturowej (austenistycznej) fazy przekształca się w gratkę niskotemperaturowej (martenzytycznej) fazy, która posiada istotnie inną rozbudowę. Przekształcenie może zachodzić w skutek nagrzewania lub chłodzenia, jak i w wyniku działania naprężeń mechanicznych. Przy łącznym termosiłowym obciążeniu obraz istotnie komplikuje się. Ważną charakterystyką takich przekształceń jest obecność histerezy: z reguły przekształcenie austenitu w martenzyt zachodzi przy istotnie niższych temperaturach niż przekształcenie odwrotne.

W opracowaniu badane są stany fazowy oraz sprężysty warstwy, wyprodukowanej z nitinolu przy zginaniu i nagrzewaniu-chłodzeniu. Badania te oparte są na opracowanej przez autorów, z wykorzystaniem metod mechaniki ośrodka ciągłego i termodynamiki procesów nierównowagowych, modelu ilościowego opisu zachowania ciał, wyprodukowanych z materiałów z efektem pamięci kształtu. Obliczenia przeprowadzono dla różnych wariantów mechanicznego obciążenia i temperatury. Ustalono, że przy takich warunkach w warstwie powstaje zmieniający się względem grubości rozkład martenzytu, wynikiem którego jest kształtowanie niejednorodnego szcążkowego stanu sprężysto-odkształcalnego.

V. ASTASHKIN¹, B. BOZHENKO^{2,3}, L. ONYSHKO⁴,
O. ONYSHKO¹, A. STANIK-BESLER²

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

³ Center of Mathematical Modeling Pidstryhach Institute for Applied Problems
of Mechanics and Mathematics NASU (Ukraine)

⁴ Karpenko Physico-Mechanical Institute NASU (Ukraine)

MODELOWANIE I BADANIE STANU SPRĘŻYSTEGO PRZESYCONEGO ROZCZYNU TWARDEGO PRZY ROZPADZIE

Przy rozpadzie przesyconych rozczyń twardych, otrzymanych na bazie metali w nowopowstałych cząstkach oraz przylegających do nich obszarach, kształtuje się i zmienia się stan sprężysto-odkształcalny, który ma istotny wpływ na fizyczno-mechaniczne właściwości materiału i odpowiednio na eksploatacyjne parametry elementów maszyn i mechanizmów, wyprodukowanych z takich materiałów. Przy przekształceniach fazowych wpływ na stan sprężysty mają różne czynniki: najpierw dyfuzyjne procesy redystrybucji rozczyńnianych składników oraz procesy powstania i wzrostu nowych faz. Naprężenia te uwarunkowane są różnicą jednostkowych objętości wyjściowej i nowej fazy, a również nierównomiernym rozkładem koncentracji rozczyńnianych składników w otoczeniu nowopowstałych cząstek.

Zaproponowany został model obliczeniowy naprężeń powstających przy rozpadzie oraz przeprowadzono badania wkładu w wartość tych naprężeń dyfuzyjnej oraz fazowej składowych. Rozważany jest przypadek, gdy nowopowstałe cząstki mają kulistą formę, którą zachowują wzdłuż całego czasu kształtowania nowej struktury. Przyjmuje się, że początkowa koncentracja rozczyńnianego składnika oraz jego koncentracja w granicach cząstki nowej fazy są stałymi. Dla wyznaczania deformacji i naprężeń w otoczeniu zarodka nowej fazy wykorzystane jest równanie równowagi, które uwzględnia nierównomierność rozkładu rozczyńnianego składnika.

Na podstawie wykorzystywanych założeń oraz równań otrzymane są liczbowe dane o wartości i rozkładzie naprężeń w twardym roztworze węgla w żelazie. Obliczenia wypełniono dla roztworu posiadającego 0,06% węgla. Ustalono, że przy rozpadzie takiego stopu wartość intensywności naprężeń spowodowana najpierw efektem przekształcania fazowego. Maksymalne naprężenia, spowodowane powstaniem cząstki nowej fazy o rząd większe od maksymalnych powstałych na skutek nierównomiernego rozkładu dyfundującego składnika.

I. CHUPYK¹, M. GAJEK², O. HACHKEYVCH^{1,2},
A. STANIK-BESLER², R. TERLETSKII¹

¹ Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
NASU (Ukraine)

² Opole University of Technology (Poland)

MODELOWANIE SZCZĄTKOWYCH NAPRĘŻEŃ W TYTANOWEJ POWŁOCE OBROTOWEJ PRZY NAGRZEWANIU LOKALNYM, UWARUNKOWANYCH PRZEKSZTAŁCENIAMI FAZOWYMI

W obecnej budowie maszyn szeroko stosowane są elementy, wykonane z wysokomocnych materiałów. Takie elementy zaznają wpływu różnych rodzajów nagrzewania technologicznego, w rezultacie którego w lokalnych podobszarach zmienia się skład fazowy. Powoduje to powstanie naprężeń szczątkowych, co może być przyczyną zniszczenia rozważanych elementów. Dla tego aktualnym i ważnym wydaje się problem modelowania i optymalizacji reżimów celowego technologicznego nagrzewania detali i węzłów maszyn, wykonanych z wysokomocnych materiałów, w szczególności, szeroko używanych w praktyce inżynierskiej stopów tytanu.

Celem rozważań jest modelowanie matematyczne oraz badanie stanu sprężystego obrotowych powłok, wykonanych z tytanowego stopu BT-22 przy lokalnym kołowym osiowosymetrycznym nagrzewaniu. Przyjmuje się, że powłoka jest nieobciążona. Temperatura nagrzewania znajduje się w zakresie od 20^0C do 720^0C . Temperatura zmienia się względem tworzącej i jest stałą po grubości powłoki. Przy tym pole temperatur w powłoce określa zależność $t = t(t_1, t_0, z_0, z)$ (tu: t_0 – temperatura środowiska zewnętrznego; t_1 – maksymalna temperatura w centrum strefy nagrzewania; z_0 – połowa szerokości lokalnej strefy nagrzewania; z – bieżąca współrzędna), a naprężenia szczątkowe – zależność:

$$d\sigma_{ij} = \frac{E}{1+\nu} \left(de_{ij} + \frac{1}{1-2\nu} [\nu de - (1+\nu) de_{\Xi}] \delta_{ij} \right)$$

(tu: $d\sigma_{ij}$ – przyrosty składowych tensora naprężeń; de_{ij} – przyrosty składowych tensora odkształceń; E – moduł Younga; ν – współczynnik Poissona, $e = e_{ii} + e_{22} + e_{33}$; δ_{ij} – delta Kroneckera; $ij = \overline{1, 3}$; $de_{\Xi} = 3\beta d\xi$, β – liniowy współczynnik dylatacji struktury, ξ – stopień spełnienia przekształcenia fazowego). Zaznaczmy, że naprężenia szczątkowe po nagrzewaniu wyznaczone są na podstawie ostatniej zależności, tak jak powstanie naprężeń szczątkowych w rozważanym przypadku powiązane jest z deformacją na skutek niejednorodnego stanu fazowego, który ustala się przy szybkim chłodzeniu (a nie z deformacją termoplastyczną).

Jako przykład opracowano reżim lokalnego nagrzewania walcowej powłoki przy takich geometrycznych i fizycznych parametrach: promień powierzchni środkowej powłoki $R = 0,0245$ m, grubość $2h = 0,001$ m, $E = 106$ MPa, $\nu = 0,3$. Ustalono, że rozkład chwilowych i szczytkowych naprężeń istotnie zależy od istniejącego fazowego składu materiału.

III. INŻYNIERIA BEZPIECZEŃSTWA W PROCESACH WYTWÓRCZYCH



M. BARTOSZUK, A. NOSOL, P. WINIARSKI

Opole University of Technology (Poland)

ANALIZA ZAGROŻEŃ WYNIKAJĄCYCH Z STOSOWANIA CIECZY OBRÓBKOWYCH W OBRÓBE SKRAWANIEM

W przemyśle mimo upływu czasu bardzo ważną rolę odgrywa obróbka skrawaniem. Jest to podstawowa technologia kształtowania i wytwarzania części maszyn. W celu zwiększenia efektywności procesów skrawania dąży się do maksymalizacji parametrów skrawania. W wyniku tego w strefie skrawania wzrasta temperatura i zwiększa się tarcie powodując zmniejszenie trwałości ostrza. Aby temu zapobiec stosuje się ciecze obróbkowe, które są najczęściej mieszaninami złożonymi zawierającymi substancje organiczne, mineralne i syntetyczne. W takich cieczach łatwo rozwijają się mikroorganizmy, które w istotny sposób wpływają na funkcjonalność i żywotność chłodziwa. Przeciwdziałanie występowaniu nadmiernej ilości bakterii i grzybów w cieczach obróbkowych wymaga zastosowania produktów biobójczych. Niniejszy artykuł przedstawia przegląd oraz analizę możliwych zagrożeń i negatywnych oddziaływań różnych sposobów chłodzenia na środowisko i operatora.

W. MACEK, I. ŁAPUŃKA, K. MAREK-KOŁODZIEJ

Opole University of Technology (Poland)

ROZWÓJ PRODUKTU Z ZASTOSOWANIEM PODEJŚCIA PROJEKTOWEGO W ŚRODOWISKU CEE

Do wprowadzenia do praktyki przemysłowej rozwiązań opartych o paradygmaty zarządzania projektami istotnie przyczynił się wzrost znaczenia inżynierii współbieżnej w procesach rozwoju nowych wyrobów. Powszechnie w produkcji stosowane są strategie projektowania współbieżnego ewoluujące w stronę strategii CEE, które kompleksowo integrują działania o charakterze biznesowym z działaniami inżynierskimi. Odejście od tradycyjnego projektowania sekwencyjnego na rzecz projektowania współbieżnego spowodowało konieczność poszukiwania efektywnych metod planowania procesów przygotowania produkcji. Podejście projektowe i metody planowania dedykowane zarządzaniu projektami doskonale wpisują się w operatywne plany technicznego przygotowania produkcji (TPP). Głównymi wskaźnikami oceny sprawnego zarządzania projektem TPP są: (1) skrócenie czasu przygotowania produkcji nowego wyrobu, (2) racjonalne wykorzystanie zasobów, (3) ograniczenie ryzyka niepowodzenia. Osiągnięcie tych wskaźników jest zdeterminowane właściwą estymacją czasu oraz niezbędnych zasobów, szczególnie w warunkach ograniczonej dostępności do nich. Z problemem tym w projektach realizowanych w środowisku CEE w wymierny sposób radzi sobie metoda łańcucha krytycznego (CCPM). W pracy zidentyfikowano łańcuch krytyczny dla projektu technicznego przygotowania produkcji obrabiarki zadaniowej oraz wyznaczono lokalizacje i wielkości buforów czasu, co w rezultacie przyczyniło się do uzyskanie nowego, krótszego harmonogramu realizacji projektu, przy zachowaniu zbliżonego poziomu szans na dotrzymanie terminu dyrektywnego. Ponadto, wskazano na bezpieczeństwo estymat agresywnych w planowaniu procesów technicznego przygotowania produkcji oraz na ich znaczenie jako koncepcji zarządzania czasem, zasobami oraz ryzykiem w oparciu o restrykcyjne zasady CCPM.

W. MACEK, L. WOJTYNEK

Opole University of Technology (Poland)

BEZPIECZEŃSTWO PRACY W POLSKICH KOPALNIACH

Ryzykowne zachowania pracowników kopalni i pracowników firm usługowych, realizujących prace na zasadzie outsourcingu, niewłaściwa koordynacja i organizacja prac w kopalni są przyczynami wypadków. Istotnym wyznacznikiem poziomu bezpieczeństwa pracy w górnictwie jest liczba wypadków śmiertelnych. W artykule przedstawiono stan bezpieczeństwa pracy w kopalniach w Polsce. Analizowany okres obejmuje lata 2015-2017. Uwzględniono wypadkowość w górnictwie ogółem, z wyszczególnieniem górnictwa: węgla kamiennego, rud miedzi, odkrywkowego, otworowego i zakładów wykonujących prace geologiczne oraz innego górnictwa. Analizowano liczbę wypadków ciężkich i śmiertelnych, zbiorowych i innych, dotyczących osób zatrudnionych w kopalni i w firmach usługowych, a także przyczyny wypadków. Wskazano na podjęcie działań, zmierzających do zminimalizowania liczby wypadków w kopalniach w Polsce.

I. MULICKA

Opole University of Technology (Poland)

BEZPIECZEŃSTWO JAKO WARTOŚĆ W ŻYCIU CZŁOWIEKA

Powszechne w życiu codziennym i w pracy pojęcie „bezpieczeństwo” jest terminem, który może być różnie interpretowany. Większość definicji słownikowych wskazuje na znaczenie – brak zagrożenia. W zakres bezpieczeństwa wchodzi zatem również profilaktyka i ochrona przed niebezpieczeństwami. Etymologia angielskiego słowa security, które oznacza bezpieczeństwo pochodzi od łacińskiego terminu sine cura, co oznacza „bez obawy, bez lęku”. Słowo bezpieczeństwo było kojarzone z przymiotnikiem „bezpieczny”, co mogło oznaczać, „taki, któremu nic nie grozi”. Współcześnie oznacza „stan niezagrożenia, spokoju”, natomiast słownik bezpieczeństwa narodowego określa bezpieczeństwo jako „nietrwały stan, który wymaga ciągłej troski, ale daje poczucie pewności, gwarantuje jego zachowanie oraz daje szansę na przyszły rozwój”. Przez bezpieczeństwo rozumie się proces, w którym stan bezpieczeństwa i jego organizacja podlegają permanentnym, dynamicznym zmianom stosownie do naturalnych oddziaływań i uwarunkowań czy to w środowisku pracy czy w życiu codziennym.

Z pojęciem bezpieczeństwa nierozdzielnie związany jest subiektywny stan „poczucia bezpieczeństwa”. Przyjmuje się, że poczucie bezpieczeństwa wykonywanej pracy oparte jest na posiadaniu:

- wiedzy pracownika, ale i pracodawcy dotyczącej bezpieczeństwa i higieny pracy,
- czuwaniu nad tym, aby wszystkie działania były zgodne z przepisami bezpieczeństwa pracy,
- świadomości, dotyczącej postrzegania istoty bezpieczeństwa i higieny pracy,
- ciągłej uwagi ukierunkowanej na sposób wykonywania pracy a szczególnie na to, aby była prowadzona w warunkach bezpiecznych i ergonomicznych.

Potrzeba bezpieczeństwa, należy do najważniejszych potrzeb człowieka, zaraz po potrzebach fizjologicznych. Aby człowiek funkcjonował muszą zostać zaspokojone potrzeby podstawowe określone jako niższego rzędu – pragnienie, głód, oddychanie, które są nieodzownym warunkiem utrzymania homeostazy na stałym poziomie i warunkiem przetrwania organizmu. Tworzą one podstawę do zapewnienia bezpieczeństwa, czyli poczucia pewności i wolności od zagrożeń. Zaspokojenie tej potrzeby pozwala na przejście do zaspokajania potrzeb wyższego rzędu. Bezpieczeństwo bowiem dotyczy wielu aspektów życia – bezpieczeństwa fizycznego, ekonomicznego lub społecznego w tym emocjonalnego itd.

Stąd bezpieczeństwo stało się wartością niezwykle istotną we współczesnym

świecie, gdy obok zagrożeń, które człowiek znał od setek lat dochodzi zagrożenie aktami terroryzmu.

Przez „wartość” rozumiemy wszelki przedmiot posiadający empiryczną treść, dostępną członkom danej grupy społecznej oraz znaczenie, wskutek którego jest on lub może być obiektem działalności członków tej grupy.

Wartości zgodne, z którymi ludzie kierują swoim życiem to nie tylko wartości ostateczne (autoteliczne), ale i szereg wartości instrumentalnych. Do wartości ostatecznych zaliczyć można prawdziwą przyjaźń, pokój na świecie czy równość i wolność. Wartości instrumentalne to np. miłość, odwaga cywilna, czy odpowiedzialność. Do wartości konkretnych zalicza się wartości dnia codziennego (praca zawodowa, rodzina, odpoczynek itd.). Do abstrakcyjnych należą te, które mają charakter jednostkowy, osobisty wymiar a związane są z dążeniami i celami życiowymi człowieka (sława, władza, prestiż, kariera itd.).

Stąd wartości są jednym z elementów socjalizacji człowieka. Przyjmuje się, że wartości spełniają funkcje motywacyjne a aspiracje, stanowią egzemplifikację wartości, ponieważ występują w postaci względnie konkretnych celów działania.

Każdy człowiek kieruje się w życiu określonym systemem wartości w tym niewątpliwie jedną z ważniejszych jest bezpieczeństwo a wraz z nim poczucie bezpieczeństwa, które ma wpływ na realizację celów życiowych.

A. ROTKEGEL¹, Z. ZIOBROWSKI²

¹ Opole University of Technology (Poland)

² Institute of Chemical Engineering of the Polish Academy of Sciences,
Gliwice, Poland

BEZPIECZNE USUWANIE CO₂ Z WODNYCH ROZTOWRÓW AMIN POPRAZ ZASTOSOWANIE RUROWYCH MEMBRAN PDMS

Obecnie w przemyśle do usuwania ditlenku węgla z gazów spalinowych najczęściej wykorzystuje się proces absorpcji CO₂ w wodnych roztworach amin. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość desorpcji CO₂ w wyższych temperaturach za pomocą pary wodnej. Wadami są: niska pojemność sorpcyjna CO₂, utrata absorbentu w wyniku parowania, niestabilność termiczna, wysoka korozyjność i toksyczność i słaba biodegradowalność.

Zastosowanie membran polidimetylosiloksanowych (PDMS) w procesie desorpcji może pozwolić na wyeliminowanie wad procesów usuwania ditlenku węgla opartych na wodnych roztworach amin.

W pracy przebadano proces desorpcji ditlenku węgla z wodnego roztworu monoetanolaminy (MEA) za pomocą hydrofobowych rurowych membran PDMS osadzonych na podłożu ceramicznym. Określono wpływ temperatury i natężenia przepływu cieczy oraz stężenia MEA w wodnym roztworze na strumienie masowe desorbowanego CO₂. Transport masy ditlenku węgla z fazy ciekłej do gazowej obliczano korzystając z wielowarstwowego modelu filmu, gdzie opór membrany wyznaczono w oddzielnych eksperymentach. Natężenia strumieni masowych obliczane według opracowanego modelu wykazały dobrą zgodność z danymi doświadczalnymi. Badania wykazały konieczność dalszych poszukiwań nowych wysoko selektywnych materiałów do opracowania bardziej sprawnych i przyjaznych dla środowiska technologii usuwania CO₂ z gazów.

J. RUT

Opole University of Technology (Poland)

KOMPUTEROWY SYSTEM NADZORU PROCESU PRODUKCJI

Prawidłowe funkcjonowanie przedsiębiorstw przede wszystkim zależy od sprawnego zarządzania, przepływu informacji w czasie rzeczywistym oraz od zdolności dostosowania się do ciągłych zmian w otoczeniu. Złożoność procesów produkcyjnych zachodzących w przedsiębiorstwach produkcyjnych pociąga za sobą konieczność stosowania narzędzi informatycznych, które w sprawny sposób nadzorują przebieg procesów produkcyjnych. Szeroko wykorzystywane są systemy typu SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), których głównym zadaniem jest nadzorowanie przebiegu procesów technologicznych i produkcyjnych, zbieranie, przetwarzanie oraz archiwizacja danych, a także raportowanie, wizualizacja przebiegu procesu, generowanie alarmów, wypracowywanie danych dla warstwy sterowania i zarządzania. Zastosowanie systemu SCADA w przedsiębiorstwach produkcyjnych przynosi wiele korzyści. Nowoczesne systemy komputerowe nadzoru procesu produkcji obecnie są jednym z najskuteczniejszych narzędzi osiągnięcia przez przedsiębiorstwa zadowalających wyników. Komputerowe systemy informatyczne spełniają bardzo ważne funkcje, a ich brak uniemożliwia prawidłowe funkcjonowanie przedsiębiorstw.

J. RUT

Opole University of Technology (Poland)

SYSTEM AKWIZYCJI DANYCH Z OBSZARÓW PRODUKCYJNYCH

W dzisiejszych czasach komputerowe systemy informatyczne stanowią najważniejszy klucz do sukcesu i mają fundamentalne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania przedsiębiorstw. Akwizycja stanowi istotny element rozproszonych systemów czasu rzeczywistego. Pozyskiwanie danych z warstwy produkcyjnej i zarządzanie nimi jest bardzo istotne. Systemy MES (Manufacturing Execution System) stanowią źródło rzetelnej wiedzy z linii produkcyjnych, pozwalając na śledzenie procesów produkcyjnych. Umożliwiają uzyskanie informacji o stopniu wykonania produkcji, wspomagając podejmowanie na bieżąco właściwych decyzji oraz umożliwiają właściwe reagowanie na nieprawidłowości pojawiające się w czasie procesu produkcyjnego. Zastosowanie systemu klasy MES w przedsiębiorstwie umożliwia uzyskanie szeregu korzyści. Usprawniają wzrost możliwości obsługi zdarzeń realizacji procesu produkcji, zarządzanie produkcją w czasie rzeczywistym oraz spójny przepływ danych produkcyjnych. Obecnie systemy klasy MES określane są jako najważniejszy element warstwy produkcyjnej przedsiębiorstw, ponadto systemy MES są uważane za kluczowy czynnik technologiczny poprawy efektywności produkcji. Przedsiębiorstwa chcąc utrzymać lub też wzmocnić swoją pozycję na rynku, powinny docenić rolę i znaczenia komputerowych systemów informatycznych oraz korzyści jakie mogą osiągnąć po ich wdrożeniu.

J. RUT, T. WOŁCZAŃSKI

Opole University of Technology (Poland)

RFID – AUTOMATYCZNY SYSTEM REJESTRU PRZEPLYWU PRODUKTÓW

RFID (Radio Frequency Identification) jest nowoczesną i najszybciej rozwijającą się technologią automatycznej identyfikacji, która niesie ze sobą szybko odczuwalne korzyści finansowe i biznesowe. System RFID umożliwia realizację komunikacji bezprzewodowej. Technologia RFID posiada szerokie możliwości funkcjonalne, umożliwiając między innymi rejestr przepływu produktów, zarządzanie towarami, śledzenie przepływów materiałów, półproduktów i gotowych wyrobów. Ponadto RFID jest niezwykle efektywny przy zarządzaniu procesami produkcyjnymi w przedsiębiorstwach, ułatwiając monitorowanie przebiegu poszczególnych procesów produkcji, w obrębie wielu linii produkcyjnych (często zlokalizowanych w wielu halach produkcyjnych). Dzięki technologii RFID można uzyskać znacznie większą przejrzystość danych w procesach technologicznych, lepsze wykorzystaniu zasobów oraz zmniejszenie kosztów. Szerokie możliwości technologii RFID zwiększają rozwój przedsiębiorstw, przyczyniając się do usprawnienia wielu procesów w przedsiębiorstwie, w tym do wzrostu produktywności w całym procesie wytwórczym oraz efektywności i konkurencyjności. Zastosowanie technologii RFID pozwala przedsiębiorstwom na automatyczne zarządzanie przepływem produktów pozyskując dane w czasie rzeczywistym. Obecnie RFID jest technologią bardzo intensywnie rozwijającą się, posiadającą duży potencjał aplikacyjny.

J. RUT, T. WOŁCZAŃSKI

Opole University of Technology (Poland)

WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH W ORGANIZACJI PROCESÓW WYTWÓRCZYCH

Przedsiębiorstwa obecnie działają w warunkach ostrej konkurencji, co związane jest z większymi wymaganiami dotyczącymi jakości, szybkości i terminowości. Coraz częściej przedsiębiorstwa, optymalizują procesy wytwórcze poprzez zastosowanie nowoczesnych technologii informatycznych obejmujących, automatyzację stanowisk roboczych i linii technologicznych. Zastosowanie technologii informatycznej w działalności przedsiębiorstw produkcyjnych, wspomaga i zwiększa efektywność funkcjonowania procesów wytwórczych. Technologia informatyczna zaimplementowana w proces wytwórczy przedsiębiorstwa, obejmuje sterowanie, wizualizację oraz diagnostykę maszyn i urządzeń. Technologia informatyczna umożliwia także szerokie spektrum działań w zakresie funkcjonalności procesów wytwórczych, koncentrując się na przygotowaniu i wspomaganiu produkcji, przesyłaniu rzetelnych danych z linii produkcyjnych, wspierając jednocześnie procesy decyzyjne. Wdrażanie i stosowanie zaawansowanej technologii informatycznej w przedsiębiorstwach, obecnie stanowi podstawę organizacji procesów wytwórczych. Nowoczesne rozwiązania informatyczne są obecnie jednym z najskuteczniejszych narzędzi zwiększania zysków przedsiębiorstwa.

J. TREMBACZ, J. CIEŚLA

Opole University of Technology (Poland)

**BEZPIECZEŃSTWO PRACY AUTOMATYCZNEJ LINII
PRODUKCYJNEJ W WYBRANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE BRANŻY
MOTORYZACYJNEJ**

W niniejszej pracy przeprowadzono inwentaryzację automatycznej linii produkcyjnej, która obejmowała zakresem techniczne środki bezpieczeństwa stosowane na zrobotyzowanej linii produkcyjnej w branży motoryzacyjnej. W celu poprawy stanu bezpieczeństwa zaproponowano ulepszenia, które Przedsiębiorstwo powinno zastosować, by poprawić stan bezpieczeństwa podczas pracy. Następnie wykonano analizę informacji nt. wypadkowości w przedsiębiorstwie oraz przedstawiono analizę wyników ankiety na temat świadomości pracowników linii zautomatyzowanych przemysłu motoryzacyjnego w zakresie BHP. Badanie wykonano na grupie pracowników wykonujących szereg prac w rejonie i bezpośrednio przy zautomatyzowanych liniach produkcyjnych Przedsiębiorstwa.

J. TREMBACZ, P. MAĆKÓW

Opole University of Technology (Poland)

OCENA STANU BEZPIECZEŃSTWA WYBRANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA BRANŻY GASTRONOMICZNEGO

W niniejszej pracy wykonano ocenę stanu bezpieczeństwa poszczególnych stanowiska pracy w przedsiębiorstwie branży gastronomicznej. Wykonano również ocenę wydatku energetycznego poprzez ocenę każdej czynności z osobna na poszczególnym stanowisku pracy. Zaproponowano zmiany, które znacząco zmniejszą ryzyko. Następnie wykonano ocenę ryzyka, karty oceny ryzyka dla wybranych stanowisk pracy. Zaobserwowane zagrożenia i źródła obciążeń zostały uwzględniono w zaproponowanej korekcie zmian.

Zaproponowano zmiany uwzględniające m.in. urządzenia komunikacyjnego, zmiany organizacji przestrzennej i innych zmian mniej inwazyjnych, zmniejszających ryzyko na stanowisku pracy. W analizie badanego przedsiębiorstwa uwzględniono również aspekt ergonomii pracy.

T. WOŁCZAŃSKI, J. RUT, G. ADAMOWICZ, W. JASINIOK

Opole University of Technology (Poland)

PRZYCZYNY I SKUTKI WYPADKÓW PRZY PRACY ORAZ ICH ANALIZA W WYBRANYM ZAKŁADZIE PRZEMYSŁOWYM

Współcześnie istniejące przedsiębiorstwa powinny zapewnić maksymalne bezpieczeństwo swoim pracownikom, czyli ich zadaniem jest stworzenie pracownikowi, jak najlepszych warunków pracy, aby mógł on w pełni czuć się bezpiecznie na zajmowanym stanowisku, wykonywać prace w sposób racjonalny i pożyteczny, bez narażania go na nieuzasadnione ryzyko wypadku przy pracy, bądź choroby zawodowej, a nawet na nadmierne obciążenie fizyczne, czy też psychiczne. Dlatego istotnym celem identyfikacji zagrożeń jest przeanalizowanie stanowisk pod względem wszystkich możliwych zagrożeń. W owej kwestii pomocne będą listy kontrolne zawierające pytania identyfikujące odchylenia od normy dotyczące wymagań w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy, rodzaju zagrożeń, zdarzeń niebezpiecznych itp., których głównym założeniem jest zdobycie podważonej wiedzy na temat warunków panujących w miejscu wykonywania pracy. Coraz więcej przedsiębiorstw dąży do zaczerpnięcia informacji od pracowników, pracujących na stanowiskach, które są badane. Badanie i rejestrowanie wypadków przy pracy, analiza ich okoliczności i przyczyn, a także analiza wypadkowości w przedsiębiorstwie mają na celu wyciągnięcia wniosków i zastosowania przez pracodawcę środków profilaktycznych, pozwalających uniknąć w przyszłości podobnych zdarzeń. Zła organizacja prac zbiorowych, czy też nieostrożność i brak zachowania należytej uwagi na wykonywanych czynnościach, to popularne przyczyny powodujące powstawanie wypadków. Wiele czynności wykonywanych w zakładzie, wymaga od pracownika dużego doświadczenia, a przede wszystkim dokładnego zapoznania się z wszelką dokumentacją taką jak: instrukcje bezpieczeństwa obsługi, oceny ryzyka oraz wiele innych wykazów obowiązkowych w badanym zakładzie.

T. WOŁCZAŃSKI, J. RUT, G. ADAMOWICZ, M. JĘDRZEJCZYK

Opole University of Technology (Poland)

SZKOLENIA OKRESOWE WYBRANEJ GRUPY PRACOWNIKÓW W PRZEDSIĘBIORSTWIE ORAZ ICH EFEKTYWNOŚĆ

Bezpieczne funkcjonowanie współczesnego przedsiębiorstwa powinno opierać się na przeprowadzaniu szkoleń okresowych BHP, które są znaczące dla jakości i efektywności firmy, ponieważ wpływają na produktywność, a ta z kolei jest jednym z czynników jakie wpływają na rentowność przedsiębiorstwa. Podczas trwania szkoleń uczestnicy zapoznają się z czynnikami niebezpiecznymi, uciążliwymi i szkodliwymi, które mogą powodować zagrożenia dla życia i zdrowia oraz które mogą napotkać w zakładzie pracy, poznają zasady BHP panujące na terenie zakładów pracy dotyczące konkretnych stanowisk, uzyskują informację na temat tego jak zachować się w wypadku wystąpienia zagrożenia życia swojego jak i innych pracowników Podczas szkoleń okresowych wpajane są procedury jakie powinny mieć miejsce, gdy w zakładzie pracy wystąpi wypadek oraz jak powinno udzielić się pierwszej pomocy. Szkolenie okresowe ma na celu uaktualnienie oraz utrwalenie wiadomości, a także umiejętności z dziedziny BHP pracowników oraz zaznajomienie ich z nowymi rozwiązaniami techniczno-organizacyjnymi w tym zakresie. Szkolenia w dziedzinie BHP mogą być znaczące dla jakości i efektywności firmy, a także powinny uświadamiać, że to od pracownika zależy czy ta praca będzie bezpieczna, czy też nie. Z bezpiecznego świadectwa pracy korzyść płynie dla pracodawcy jak i pracownika: bezpieczeństwo pracy wpływa na produktywność, a ta z kolei jest jednym z czynników jakie wpływają na rentowność przedsiębiorstwa. Szkolenie jest efektywne jeśli zostanie dopasowane do potrzeb szkolonych pracowników i przeprowadzone w taki sposób, aby wzbudzała zainteresowanie wśród szkolonej grupy. Pracownicy również mają wpływ na efektywność szkolenia poprzez indywidualną motywację, zainteresowaniem samym szkoleniem oraz pozyskiwaniem nowych informacji.

T. WOŁCZAŃSKI, J. RUT, G. ADAMOWICZ, A. KADECKA

Opole University of Technology (Poland)

**STAN TECHNICZNY, BEZPIECZEŃSTWO ORAZ WYMOGI
TECHNICZNE DLA MASZYN WYKORZYSTYWANYCH
W WYBRANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE**

Obecnie pracodawcy w swoich przedsiębiorstwach produkcyjnych w bardzo dużym stopniu powinni zwrócić uwagę na dostosowanie urządzeń technicznych do stawianych im wymagań minimalnych. Właściwe oprzyrządowanie miejsc pracy w pełnosprawne przyrządy, kierowanie pracą w bezpieczny i higieniczny sposób, tworzenie ergonomicznych stanowisk dla pracowników w bardzo dużej mierze wpływa na poprawę jakości pracy, a przede wszystkim minimalizuje ilość wypadków związanych z wykonywaną pracą. Większość wypadków zaistniałych podczas wykonywania pracy, ma związek z maszynami i innymi urządzeniami technicznymi (sprzętem roboczym). Współczesne przedsiębiorstwa, aby być konkurencyjnymi powinny stosować takie maszyny, które będą spełniały wymagania zasadnicze. Obecnie wzrost produktywności coraz częściej wiąże się z właściwym i zapewniającym pracę w bezpieczny i higieniczny sposób oprzyrządowaniem miejsc pracy w sprawnie działające przyrządy. Środki bezpieczeństwa maszyn i urządzeń, które umożliwią ich zrozumiałe eksploataowanie i nie utrudnią korzystania zgodnie z przeznaczeniem oraz przeprowadzenie kontroli okresowych maszyn umożliwią przedsiębiorstwom optymalizację procesów produkcyjnych. Stan bezpieczeństwa technicznego maszyn i urządzeń technicznych stanowią dziś ważny element poprawy jakości pracy i minimalizuje ilość wypadków związanych z wykonywaną pracą. Warto pozyskać cenne uwagi pracowników na temat poprawy sytuacji wiążącej się z bezpieczeństwem w zakładzie pracy.

T. WOLCZAŃSKI, J. RUT, G. ADAMOWICZ, A. MACHOŚ

Opole University of Technology (Poland)

BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE WYBRANEGO OBIEKTU

Jednym z podstawowych aspektów bezpieczeństwa każdej placówki jest zapewnienie ochrony przeciwpożarowej. Aby ochrona ta była skuteczna, konieczne jest określenie indywidualnej dla każdego obiektu budowlanego charakterystyki zagrożenia pożarowego, warunków ochrony przeciwpożarowej oraz zasad postępowania w razie powstania pożaru. Istotny wpływ na stan bezpieczeństwa placówki mają warunki techniczno- budowlane ochrony przeciwpożarowej, techniczne środki zabezpieczenia pożarowego, przeglądy techniczne i konserwacje, warunki ewakuacyjne, a także wiedza pracowników z zakresu ochrony przeciwpożarowej i postępowania w czasie pożaru. Obecne konstrukcje budynków powinny być odporne na niszczące działanie ognia.

W każdym obiekcie powinien być zapewniony odpowiedni sprzęt gaśniczy w dostatecznej ilości i z odpowiednim do możliwego w budynku pożaru środkiem gaśniczym. Oprócz gaśnic rozmieszczonych w widocznych miejscach bezpieczeństwo budynków powinno być zapewnione przez hydranty wewnętrzne oraz zewnętrzne. Okresowa kontrola instalacji oraz sprzętu gaśniczego jest podstawą zachowania bezpieczeństwa pożarowego, a przeprowadzanie regularnych prób ewakuacji zgodnie z planem ewakuacji placówki są warunkiem sprawnego i bezpiecznego funkcjonowanie placówki. Wpływ na stan bezpieczeństwa pożarowego obiektu ma także wiedza pracowników w zakresie ochrony przeciwpożarowej i postępowania w razie pożaru. Istotą bezpieczeństwa pożarowego placówki w głównej mierze są odpowiednie warunki ewakuacji, oznakowanie dróg ewakuacji oraz stosowanie znaków przeciwpożarowych.

T. WOŁCZAŃSKI, E. BURKIEWICZ-JANIK, K. LACH

Opole University of Technology (Poland)

ANALIZA STANU BEZPIECZEŃSTWA I HIGIENY PRACY PODCZAS ZAJĘĆ SZKOLNYCH W WARSZTATACH GASTRONOMICZNYCH

Korzystając z usług restauracji zwracamy uwagę na smak i wygląd potrawy, porządek w sali konsumenckiej o profesjonalną obsługę. Na aspekty te wpływają warunki w jakich jedzenie jest przygotowywane. Ostre narzędzia, gorący mikroklimat czy prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń biologicznych sprawiają, że w branży gastronomicznej obowiązek przestrzegania zasad bezpieczeństwa i higieny pracy staje się szczególnie ważny. Dla prawidłowego funkcjonowania systemu bezpieczeństwa żywności w zakładzie niezwykle ważna jest edukacja i szkolenie przyszłych pracowników w tym zakresie. W publikacji przedstawiono analizę bezpieczeństwa i higieny pracy w wybranych warsztatach gastronomicznych. Opisano charakterystyczne zagrożenia w branży gastronomicznej, które mają znaczący wpływ na stopień bezpieczeństwa wykonywanych przez pracowników i uczniów czynności. Zostały również przedstawione działania związane z zapewnieniem odpowiedniego stanu bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładzie, w tym systemu HACCP.