

WOJCIECH OKRASIŃSKI (Zielona Góra)

Dni Modelowania Matematycznego dla Przemysłu w Zielonej Górze

W dniach 25 i 26 czerwca 2001 roku zorganizowano w Instytucie Matematyki Politechniki Zielonogórskiej pierwsze w Polsce Dni Modelowania Matematycznego dla Przemysłu (*Industry Days*). Idea takich Dni narodziła się ponad dwadzieścia lat wcześniej w krajach Unii Europejskiej, a patronowało jej od początku powstałe w tym samym czasie *European Consortium for Mathematics in Industry* (ECMI). Zadaniem ECMI jest koordynacja współpracy między matematykami a przemysłem w skali europejskiej oraz przygotowanie wspólnego dla uniwersytetów w różnych krajach programu nauczania w zakresie tzw. *matematyki przemysłowej*, inaczej zwanej *technomatematyką*.

Matematyka przemysłowa, to nie to samo, co matematyka inżynierska nauczana na studiach technicznych. Specjalista z zakresu matematyki przemysłowej musi być nie tylko doskonale obeznany z ideami i zaawansowanymi metodami matematycznymi oraz komputerowymi, ale również znać zagadnienie od strony przedsiębiorstwa i posiadać umiejętność komunikowania się z przedstawicielami różnych dziedzin życia. Jak powiedział parę lat temu profesor Weule, dyrektor badawczy zakładów Daimler: *Żądanie maksymalnej wydajności w badaniach przemysłowych oraz dalszy rozwój mogą być osiągnięte tylko poprzez rosnące zastosowanie metod matematycznych [...] Metody symulacyjne w drastyczny sposób redukują badania laboratoryjne i konstrukcyjne stosowane przy opracowywaniu nowych technologicznie skomplikowanych produktów* ([1]). To właśnie matematyka może pomóc opracować technologie lepiej, szybciej, bezpieczniej i taniej poprzez modelowanie zjawisk złożonych, redukcję strumienia danych i wizualizację. Można podać wiele przykładów współpracy technomatematyków z różnymi gałęziami przemysłu o bardziej lub mniej zaawansowanych technologiach jak np. elektronika czy przetwórstwo spożywcze.

Od początku jedną z form współpracy matematyków z przemysłem były, organizowane pod patronatem ECMI, Dni Modelowania Matematycznego

dla Przemysłu. Dni odbywają się w tych regionach Europy, w których lokalny przemysł jest zainteresowany w poprawie swojej działalności produkcyjnej i wskaźników ekonomicznych przy pomocy matematyków. Dotychczas zostało zorganizowanych kilkudziesiąt imprez tego typu w różnych uniwersytetach. Idea takich Dni polega na tym, że z kilkumiesięcznym wyprzedzeniem przedstawiciele lokalnego środowiska technomatematyków kontaktują się z reprezentantami regionalnego przemysłu. W trakcie tych spotkań wyłaniają się różnorodne problemy, z którymi boryka się regionalny przemysł, a w rozwiązaniu których mogą pomóc nowoczesne metody matematyczne. Kilku wybranych ekspertów z różnych ośrodków ECMI przyjeżdża na dwa lub trzy dni do uczelni, która zebrała problemy nurtujące regionalny przemysł. Znowu dochodzi do wielogodzinnych spotkań z przedstawicielami lokalnego przemysłu, podczas których próbuje się znaleźć rozwiązania satysfakcjonujące zainteresowanych. Efekty takich spotkań przechodzą najśmielsze oczekiwania i przynoszą często znaczne korzyści materialne przedsiębiorstwom przemysłowym.

Dwa lata temu czołowi przedstawiciele ECMI zasugerowali, aby podjąć próbę zorganizowania takich Dni w Zielonej Górze. Jak uczyło ich własne doświadczenie, wszędzie w przemyśle można znaleźć problemy, które mogą być rozwiązywane przy pomocy metod matematycznych, ale to matematycy muszą szukać kontaktów z przedsiębiorstwami. Idąc śladami kolegów z ECMI, zaczęto szukać kontaktów z różnymi zakładami ziemi lubuskiej. Pewną niespodzianką było, że niektórzy przedstawiciele odwiedzanych zakładów odczuwali wcześniej potrzebę kontaktu z matematykami, ale nie mieli odwagi do nich dotrzeć. W czasie tych spotkań okazało się, że i w Polsce są ciekawe problemy, których rozwiązanie metodami matematycznymi może przynieść wymierne efekty ekonomiczne. Po wielokrotnych, trwających nieraz po kilka godzin, rozmowach z przedstawicielami przedsiębiorstw udało się wstępnie sformułować kilka problemów, które mogłyby być rozważane w czasie planowanych Dni Modelowania. Zagadnienia te dotyczyły m. in. optymalnego gospodarowania zasobami leśnymi, kontroli procesów odlewniczych czy usprawnienia produkcji płyt wiórowych. Znamienici reprezentanci ECMI, z prof. Neunzertem na czele, postanowili przybyć do Zielonej Góry i pomóc w rozwiązywaniu wybranych problemów przemysłowych. W przygotowywanych przez Instytut Matematyki Politechniki Zielonogórskiej Dniach mieli brać udział także przedstawiciele zainteresowanych przedsiębiorstw.

Dni Modelowania Matematycznego dla Przemysłu odbyły się 25 i 26 czerwca 2001 roku. Do Politechniki Zielonogórskiej przybył prof. Helmut Neunzert z uniwersytetu w Kaiserslautern, prof. Robert Mattheij z uniwersytetu w Eindhoven, prof. Alistair Fitt z uniwersytetu w Southampton, reprezentujący centrum ECMI w Oxfordzie oraz prof. Andreas Neubauer z uniwersytetu w Linzu. Oprócz gości zagranicznych przybyli także matematycy z Warszawy, a wśród nich profesorowie Andrzej Palczewski i Dariusz

Wrzosek, oraz z Wrocławia, wśród których byli profesorowie Piotr Biler i Andrzej Krzywicki.

Pierwszego dnia rozważano problem pochodzący z Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych. Na początku przedstawiciele leśników przedstawili swój problem. Chodziło głównie o odpowiedź na pytanie, w jaki sposób przeprowadzać trzebieże lasów, aby przyrost biomasy drzew był optymalny. Matematycy odpowiedzieli próbą stworzenia matematycznego opisu wzrostu lasu uwzględniającego takie m.in. wielkości jak przyrost biomasy, wysokość drzew, zachodzenie koron drzew na siebie itp.. Dla opisania dynamiki przyrostu biomasy zasugerowano użycie równań różniczkowych. Jednakże trudność, którą, jak się wydawało, można pokonać, stanowiła postać tzw. funkcji wpływu na przyrost biomasy w przypadku, gdy korony drzew zaczynają na siebie zachodzić. Przy rozważaniach dotyczących tej funkcji pojawiły się sugestie uwzględnienia probabilistycznego charakteru zjawisk obserwowanych przy wzroście lasu. Tutaj prof. Neunzert wspomniał, że technomatematycy z Kaiserslautern próbowali, przy pomocy symulacji komputerowych, znaleźć kształt funkcji wpływu, jednakże te symulacje okazały się bardzo czasochłonne: symulacja wzrostu kilkudziesięciu drzew w ciągu trzydziestu lat zajęła około doby. W toku bardzo twórczej dyskusji między matematykami a leśnikami obie strony lepiej się zrozumiały. Pod koniec trzygodzinnych rozważań leśnicy wyjaśnili, że z ich praktycznego punktu widzenia oraz zmieniających się norm w zakresie ekologii pożądanymi byłyby modele uwzględniające jeszcze więcej parametrów, w tym także ekonomicznych i ekologicznych. Przedstawiciele Dyrekcji Lasów Państwowych zachęteni wstępnymi efektami Dni Modelowania postanowili kontynuować współpracę i spotykać się okresowo z matematykami.

Tego samego dnia po południu był rozważany następny problem, tym razem pochodzący z Zakładów Urządzeń Elektrycznych „Lumel”. Przedstawiciel zakładu zaprezentował uczestnikom Dni Modelowania formę odlewniczą i zagadnienie dotyczące stabilizacji temperatury stopów aluminium wewnątrz tej formy. Wysoka jakość produkcji odlewów ze stopów aluminium zależy w bardzo dużym stopniu od utrzymania stałej temperatury formy odlewniczej. W celu skuteczniejszego kontrolowania procesów odlewniczych potrzebny jest ich pełniejszy opis matematyczny. Model matematyczny powinien uwzględniać takie elementy jak kształt odlewu, rozkład kanałów chłodzących we wnętrzu formy itp. W trakcie dyskusji bardzo szybko udało się stworzyć prosty jednowymiarowy model matematyczny zjawiska, w którym wykorzystano równanie przewodnictwa cieplnego. Pojawiły się także sugestie, jak skonstruować modele dwu- i trójwymiarowe. Podczas dyskusji między matematykami a reprezentantami „Lumelu” postawiono także pytanie, jak rozmieścić czujniki w formie, aby na podstawie pochodzących z nich danych odtworzyć temperaturę wewnątrz odlewu. Profesor Neubauer,

który jest specjalistą od zagadnień odwrotnych, zasugerował pewne pomysły. W najbliższym czasie zaproponowane modele zostaną rozwiązane numerycznie z użyciem danych otrzymanych z zakładu, po czym te numeryczne wyniki będą przekonsultowane z inżynierami z „Lumelu”.

Drugi dzień Dni Modelowania Matematycznego dla Przemysłu rozpoczął się od wyjazdu uczestników autobusem do jednego z największych w kraju Zakładu Płyt Wiórowych „Kronopol” w Żarach. Po zwiedzeniu zakładu rozpoczęto rozmowy o dwóch zasadniczych problemach. Pierwszy dotyczył tzw. separatora talerzowego, służącego do segregacji wiórków z nałożonym klejem – na wiórki małe i duże. Urządzenie to składa się z kilkunastu obracających się wałów, na których umieszczono po kilkadziesiąt talerzy mających kształt zbliżony do koła. Wały usytuowane na początku separatora mają mniejsze prędkości obrotowe niż wały znajdujące się w końcu tego urządzenia. Na separator sypane są wszystkie wiórki pokryte klejem. Pod urządzeniem znajdują się komory zbierające wiórki różnej wielkości. W trakcie segregowania wiórki przesuwały się na separatorze i stopniowo spadają do komór segregujących, jednakże część wiórków oblepia niektóre z talerzy powodując w końcu awarię maszyny i jej przestój. Przedstawiciele zakładu byli zainteresowani tym, jak dobrać kształty talerzy i prędkości poszczególnych wałów, aby zminimalizować oblepianie ruchomych części separatora. Drugi problem związany był z równomiernym pokrywaniem wiórów poprzez klej w tzw. zaklejarkę. Jest to urządzenie mające kształt pochylonego bębna, który się obraca. Wewnątrz tego bębna są umieszczone dysze rozpylające klej. Wiórki są wrzucane do zaklejarki i przemieszczając się wzdłuż tego urządzenia pokrywają się kropelkami kleju. Problem polegał na dobraniu odpowiednich parametrów dla zaklejarki, jak np. kąt pochyleń, szybkość obrotów czy rozstawienie dysz rozpylających klej, aby wiórki były pokryte klejem równomiernie. W trakcie rozmowy z przedstawicielami „Kronopolu” pojawiły się także inne problemy, które mogłyby być interesujące dla matematyków. Przykładem zagadnienie dotyczące skrócenia czasu trwania testów jakościowych płyt. Rozwiązanie takiego zagadnienia pozwoliłoby na szybszą reakcję w przypadku zauważonych odchyłeń od norm produkcyjnych. Po powrocie do Zielonej Góry kontynuowano rozpoczętą w „Kronopolu” dyskusję nad modelami matematycznymi. Najpierw próbowano modelować osadzanie się zaklejonych wiórków na talerzach separatora. Rozpoczęto od zagadnienia jednowymiarowego. Przy pomocy systemu równań cząstkowych pierwszego rzędu stworzono model uwzględniający takie wielkości zależne od czasu i położenia na separatorze jak ilość wiórków małych i dużych oraz grubość warstwy kleju na talerzach. Przy opisie matematycznym wzięto pod uwagę także różne prędkości obrotowe wałów. Zagadnienie to będzie przedmiotem dalszych rozważań zielonogórskich studentów matematyki przemysłowej. Modelowanie pracy zaklejarki rozpoczęto od próby opisu trajektorii

jednego spadającego wiórka przy zadanych wartościach parametrów określających pracę urządzenia. Stwierdzono, że potrzebna jest znajomość gęstości prawdopodobieństwa z jakim następuje zderzenie spadającego wiórka z kropelkami kleju. Ustalono, że dysze rozpylające klej powinny być tak ustawione, aby największe prawdopodobieństwo było w pobliżu osi zaklejarki, a parametry pracy urządzenia winny być takie, aby trajektorie spadających wiórków przebiegały przez wspomniany obszar. Oczywiście ten model będzie wymagał jeszcze dopracowania, ale wstępne wskazówki już okazały się interesujące dla „Kronopolu”. Oprócz dwóch wspomnianych wyżej zagadnień zastanawiano się jeszcze nad modelem opisującym pęcznienie płyt pod wpływem wilgoci, co było związane ze skróceniem jednego z testów jakościowych. Próbowano modelować to zjawisko przy pomocy równań różniczkowych cząstkowych opisujących dyfuzję cieczy w ośrodkach porowatych. Zaproponowano również modele statystyczne. Ten ostatni problem będzie rozpatrywany przez studentów w ramach pracy magisterskiej. Należy podkreślić, że rozważania dotyczące wszystkich tutaj wymienionych problemów cechowała gorąca dyskusja między reprezentantami przemysłu a matematykami.

Dni Modelowania Matematycznego dla Przemysłu przełamały barierę nieufności przedstawicieli przemysłu co do możliwości zastosowań matematyki przy rozwiązywaniu rzeczywistych problemów, a matematyków przekonały, że wiedza przez nich posiadana jest nie tylko abstrakcyjna, ale doskonale nadaje się do opisywania otaczającego świata. O sukcesie tych Dni może świadczyć i to, że wszystkie zakłady w nich uczestniczące wyraziły gotowość stałej współpracy i dalszych kontaktów z zielonogórskimi matematykami. Studenci matematyki bywają teraz gośćmi lokalnych zakładów pracy, aby na własne oczy oglądać to, co potem opisują przy pomocy różnych metod matematycznych na seminariach z modelowania. Z kolei częstymi gośćmi tych seminariów są przedstawiciele różnych zakładów, którzy wnikliwie obserwują postępy studentów przy modelowaniu problemów przemysłowych i weryfikują powstałe modele ze względu na rzeczywiste potrzeby produkcyjne.

Wydaje się, że warto zacytować (w wersji oryginalnej) opinie przedstawicieli ECMI uczestniczących w Dniach Modelowania, nadesłane już po powrocie do ich krajów macierzystych. Profesor Neunzert z Kaiserslautern napisał: „*The two days in Zielona Góra were quite exhausting and enjoying at the same time. I hope that we achieved what we should – at least our messages were clear enough. It will be a long and slow process to establish a really good industrial mathematics group there. But I am also sure that we and ECMI will help them*”. Z kolei profesor Fitt, reprezentujący centrum ECMI w Oksfordzie tak opisał swoje odczucia: „*My impression of the Zielona Gora Industrial Days was that there is enormous scope for industrial mathematics*

in Zielona Gora. It was clear from industrial representatives that we spoke to that there was general interest in using mathematics to help industry optimise its processes and procedures. Both they and the mathematicians who worked on problems were very enthusiastic, and I believe that the meeting signalled the start of a long-term and very valuable industrial/academic collaboration in Poland. It is to be hoped that the subject of industrial applied mathematics can be developed in the Technical University of Zielona Gora as they are obviously at the forefront of the subject in Poland at present". Opinia profesora Neubauera z Linzu była następująca: „*I had the impression that there are now mathematicians at your university who really want to do applied industrial mathematics and that they really want to cooperate with industry. On the other hand, I had impression that not all companies, who were attending the Industry Days, were convinced that you can really help them in improving their processes and solving their problems. Therefore, I wish you that you will succeed in at least one of the problems with industry. This will be a great step then to be able to convince other companies that you can really solve problems for them*". Profesor Mattheij z Eindhoven tak scharakteryzował swój pobyt w Zielonej Górze: „*I enjoyed the meeting indeed, and wish you all the best with a futher pursuing of industrial maths. Certainly, also from our side, I am willing to help you to reach your goals, within the realm of my possibilities*".

Podsumowując zielonogórskie Dni Modelowania profesor Neunzert stwierdził, że, podobnie jak to zauważono wcześniej w innych krajach Europy Zachodniej, również polski przemysł i przedsiębiorstwa potrzebują pomocy matematyków, a przygotowywanie przez uczelnie absolwentów w zakresie technomatematyki staje się koniecznością. Matematykę przemysłową można obecnie studiować na ponad dwudziestu uniwersytetach w Europie Zachodniej, wśród których należy wymienić ośrodki w Eindhoven, Kaiserslautern, Linzu, Mediolanie czy Oxfordzie. Programy studiów matematyki przemysłowej na wspomnianych wyżej uniwersytetach mają certyfikaty ECMI, co oznacza, że każda uczelnia zapewnia ten sam standard nauczania, a dyplomy są równoważne. Ponieważ poszczególne ośrodki specjalizują się we współpracy z różnymi dziedzinami przemysłu, więc też program studiów ECMI przewiduje, że każdy student technomatematyki powinien studiować co najmniej pół roku w innej uczelni mającej certyfikat. Ponadto co roku pod patronatem ECMI inna uczelnia organizuje tzw. tydzień modelowania, podczas którego spotykają się studenci z różnych krajów, aby w międzynarodowych zespołach rozwiązywać problemy przedstawione bezpośrednio przez przedstawicieli przemysłu. Absolwenci technomatematyki nie mają żadnego problemu z zatrudnieniem. Można przytoczyć tutaj żartobliwą wypowiedź dotyczącą zatrudnienia, a usłyszaną w Kaiserslautern. Najmniej zaradni absolwenci pozostają na uczelni, trochę bardziej zaradni znajdują zatrudnienie w przemyśle, a najbardziej zaradni nie robią nic. Są bowiem zatrudnieni

przez ważne instytucje i tylko szukają różnego typu słabych punktów, których usunięcie może zwiększyć skuteczność działania tychże instytucji. Zagraniczni goście uczestniczący w czerwcowych Dniach Modelowania uznali, że poprzez unowocześnienie sposobów nauczania komputerowych metod obliczeniowych program studiów dla matematyki przemysłowej na zielonogórskiej uczelni osiągnie standardy ECMI i wówczas specjalność może uzyskać certyfikat tej europejskiej organizacji.

Literatura

- [1] H. Neunzert, *Mathematics as a key to key technologies*, Berichte des Institut für Techno- und Wirtschafts Mathematik 16 (1999).