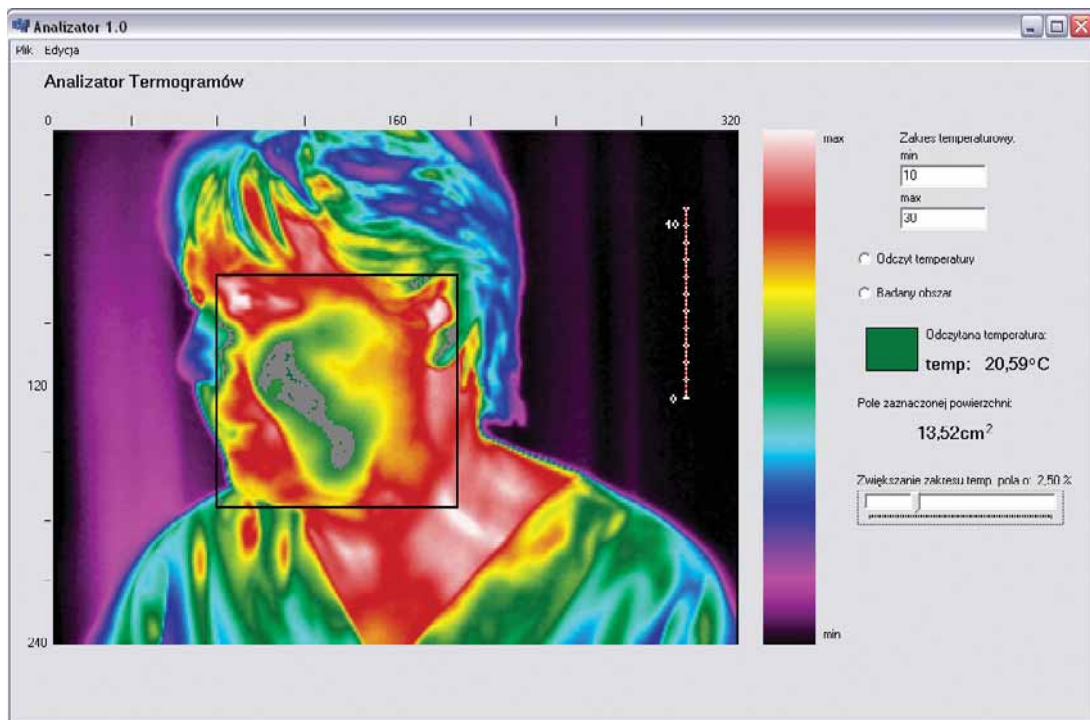




**Katedra Wytrzymałości Materiałów
i Metod Komputerowych Mechaniki**
Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechnika Śląska

Studencka Konferencja Naukowa

METODY KOMPUTEROWE 2009



Gliwice 2009

**Katedra Wytrzymałości Materiałów
i Metod Komputerowych Mechaniki**
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska

Studencka Konferencja Naukowa
„METODY KOMPUTEROWE – 2009”

Gliwice, maj 2009 r.

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Metod Komputerowych Mechaniki

Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska
44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18A
tel. 032 237 1204, fax 032 237 1282

Komitety Naukowy:

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Burczyński
Prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak
Dr hab. inż. Piotr Fedeliński, Prof. Pol. Śląskiej
Dr hab. inż. Antoni John, Prof. Pol. Śląskiej

Komitety Organizacyjny:

Dr hab. inż. Piotr Fedeliński, Prof. Pol. Śląskiej
Dr inż. Radosław Górski
Dr inż. Adam Długosz
Dr inż. Grzegorz Działkiewicz
Mgr inż. Jacek Ptaszny
Mateusz Warcholiński
Krzysztof Wawrzyniak
Paweł Gocyła

Komitety Redakcyjny:

Dr inż. Radosław Górski
Dr inż. Mirosław Dziewoński
Mgr inż. Piotr Wysota

Artykuły opublikowano na podstawie oryginałów dostarczonych przez Autorów.

Druk i oprawę wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach.
Nakład 120 egz. Druk ukończono w maju 2009 r.

Wstęp

Zeszyt naukowy zawiera 20 artykułów prezentowanych na trzeciej Studenckiej Konferencji Naukowej „Metody Komputerowe – 2009”, odbywającej się 29 maja 2009 roku w Centrum Edukacyjno-Kongresowym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Konferencję zorganizowali studenci i pracownicy Katedry Wytrzymałości Materiałów i Metod Komputerowych Mechaniki Politechniki Śląskiej. Artykuły, przygotowane pod opieką naukową pracowników Katedry, przedstawiają wyniki prac zarówno studentów działających w ramach Studenckiego Koła Naukowego „Metod Komputerowych”, jak i dyplomantów. Publikacje dotyczą zastosowania metod komputerowych w różnych dziedzinach techniki, takich jak:

- podstawy metod komputerowych w mechanice układów odkształcalnych,
- metody komputerowe w wytrzymałości materiałów i termomechanice,
- wspomaganie komputerowe prac inżynierskich,
- modelowanie komputerowe i analiza stanu układów biologicznych,
- grafika komputerowa,
- informatyka,
- badania operacyjne.

Duża liczba zgłoszonych prac świadczy o znacznej aktywności naukowej studentów i potrzebie organizacji tego rodzaju konferencji.

Dziękuję studentom za przygotowanie artykułów i prezentacji na konferencję, Komitetowi Naukowemu za troskę o poziom naukowy prac, Komitetowi Redakcyjnemu za przygotowanie zeszytu naukowego do druku i wersji elektronicznej materiałów konferencyjnych, a Komitetowi Organizacyjnemu za przygotowanie obrad konferencji. Życzę studentom owocnych dyskusji w czasie konferencji. Mam nadzieję, że udział w konferencji będzie inspiracją do dalszych badań naukowych i prezentacji wyników prac na konferencjach i w publikacjach naukowych.

Opiekun Naukowy Studenckiego Koła Naukowego
„Metod Komputerowych”

Dr hab. inż. Piotr Fedeliński, Prof. Pol. Śląskiej

Gliwice, maj 2009 r.

Studenckie Koło Naukowe „Metod Komputerowych”

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Metod Komputerowych Mechaniki (KWMiMKM)

Zarząd Koła w roku akademickim 2008/2009:

Przewodniczący: Mateusz Warcholiński, Automatyka i Robotyka, AB3, 4 rok

Wice-przewodniczący: Krzysztof Wawrzyniak, Automatyka i Robotyka, AB3, 4 rok

Sekretarz: Paweł Gocyla, Mechanika i Budowa Maszyn, MB4, 4 rok

Opiekun Naukowy: dr hab. inż. Piotr Fedeliński, Prof. Pol. Śląskiej

Opiekun ds. Organizacji: dr inż. Radosław Górski

Studenckie Koło Naukowe „Metod Komputerowych” zostało zarejestrowane w dniu 6.12.2001 r. Głównym celem Koła jest poszerzenie wiedzy studentów na temat metod komputerowych i ich zastosowań w technice.

Zakres merytoryczny działania Koła:

- poznanie nowych metod komputerowych i technik informatycznych, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań w dziedzinie mechaniki,
- zapoznanie się ze sprzętem i programami komputerowymi oraz ich obsługą,
- pogłębienie wiedzy z zakresu mechaniki układów odkształcalnych, termomechaniki, biomechaniki, analizy wrażliwości i optymalizacji, modelowania układów i procesów, metod sztucznej inteligencji.

Formy działalności Koła:

- udostępnianie członkom Koła sprzętu oraz programów komputerowych znajdujących się w Laboratorium Metod Komputerowych KWMiMKM,
- samokształcenie i prowadzenie badań własnych przez członków Koła,
- prezentacje przez członków Koła prac własnych, prac przejściowych i prac dyplomowych na zebraniach naukowych Koła i konferencjach,
- opieka naukowa pracowników KWMiMKM nad pracami własnymi członków Koła,
- referaty pracowników naukowych KWMiMKM oraz zaproszonych gości na zebraniach naukowych Koła,
- organizowanie kursów obsługi programów wspomagających prace inżynierskie oraz kursów programowania,
- uczestniczenie w wystawach i prezentacjach sprzętu i programów komputerowych,
- zapoznanie się z pracą biur projektowo-konstrukcyjnych, instytutów, szkół wyższych stosujących metody mechaniki komputerowej, przez organizowanie wycieczek,
- współpraca naukowa z innymi studenckimi kołami naukowymi.

Spis treści

Spis treści	
Nycz Paweł (referat zaproszony) Wybrane analizy wytrzymałościowe elementów kotła fluidalnego.....	1
Bawolek Adam Analiza statyczna suwnicy bramowej pod kątem zwiększenia nośności.....	11
Bednarz Paulina Zastosowanie metody różnic skończonych w analizie belek.....	15
Brodacka Anna Aplikacja wspomagająca bilansowanie diety u chorych na cukrzycę.....	19
Czepiec Kamil Symulacja rozkładu parametrów materiałowych odzwierciedlających zmiany osteoporotyczne	23
Ćmiel Szymon Oprogramowanie do procesorów jednoukładowych zastosowanych do rozszerzenia funkcjonalności hydraulicznej maszyny wytrzymałościowej MTS.....	27
Domagalski Mirosław Programowanie dynamiczne – rozwiązanie problemu załadunku	31
Fizia Andrzej Modelowanie rozkładu temperatury w tkance skórnej poddanej działaniu lasera.....	35
Głowacki Szymon Metoda elementów skończonych i różnic centralnych w analizie propagacji fali podłużnej w pręcie	39
Hirsz Michał Aplikacja wspomagająca planimetrię ran na podstawie termogramów	43
Kieltyka Jakub Gridy obliczeniowe, instalacja i weryfikacja poprawności działania	47
Kolasa Michał Opracowanie aplikacji wspomagającej budowę harmonogramów optymalnych	51
Konior Kamil Analiza układów sprężystych metodą bezsiatkową	55
Michniak Mateusz, Mucek Paweł, Słomka Piotr Programowanie kontrolera hydraulicznej maszyny wytrzymałościowej MTS z użyciem modułu MPT	59
Parylak Lech Analiza zmęczeniowa metodą elementów skończonych	63
Piątek Damian Analiza przepływu ciepła w obudowie zewnętrznej systemu telewizji przemysłowej.....	67

Płoneczka Michał

Interfejs www dla obliczeń numerycznych z wykorzystaniem bibliotek programistycznych
BLAS oraz LAPACK..... 71

Prządo Paweł

Aplikacja komputerowa do wspomaganie analizy ran oparzeniowych 75

Salwiczek Mateusz

Numeryczna i doświadczalna analiza modalna maszyny do testów wstrząsowych 79

Turchan Łukasz

Numeryczna realizacja zadania programowania kwadratowego 83

WYBRANE ANALIZY WYTRZYMAŁOŚCIOWE ELEMENTÓW KOTŁA FLUIDALNEGO

PAWEŁ NYCZ

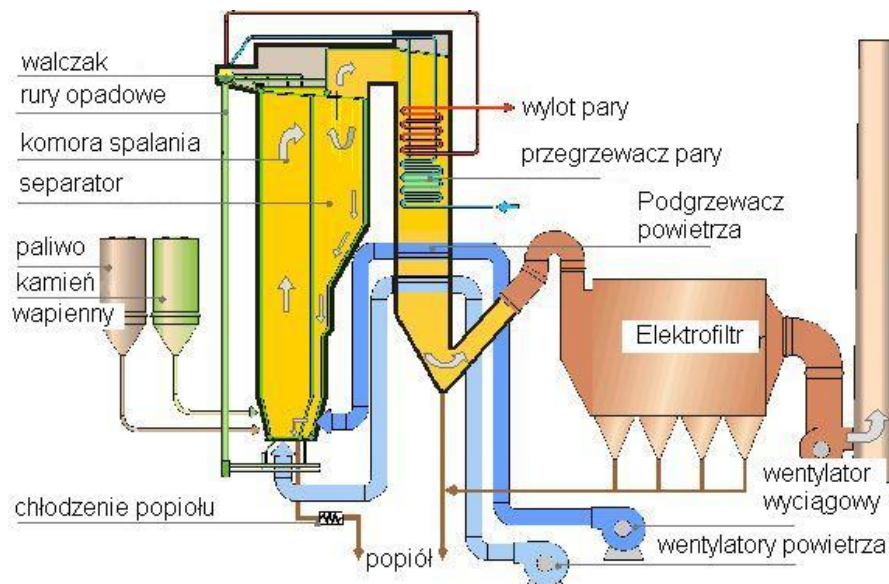
FOSTER WHEELER ENERGIA POLSKA Sp. z o.o.



Streszczenie. W artykule przedstawiono różne rodzaje analiz wytrzymałościowych elementów kotła fluidalnego (CFB). W analizach wykorzystano programy Ansys Professional 11.0 oraz Finnsap. W programie Finnsap wykonano analizę podatności głównego rurociągu parowego, natomiast w programie Ansys analizę mechaniczną i mechaniczno – termiczną skrzyni powietrznej oraz przedniej komory wylotowej separatora.

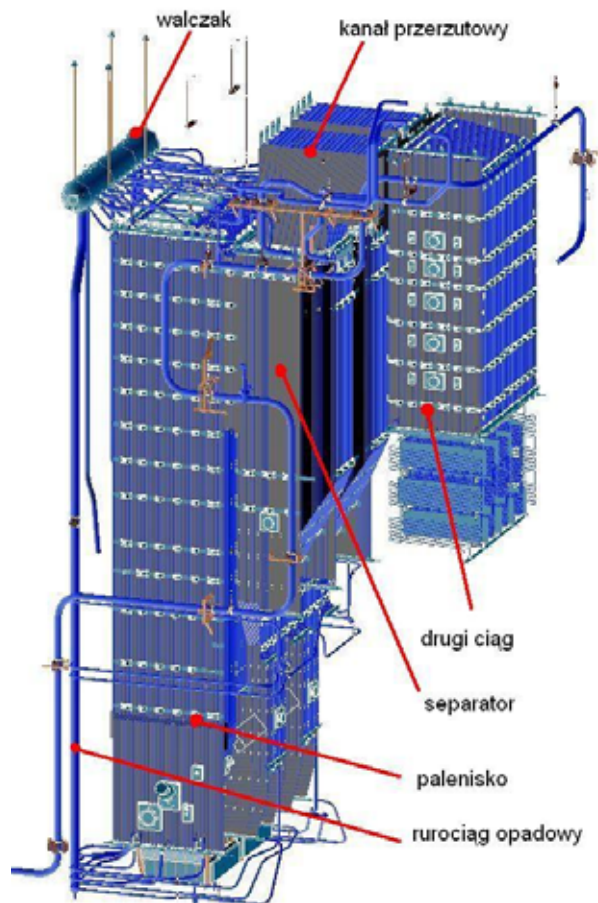
1. Wprowadzenie

W celu przybliżenia zjawisk zachodzących w kotle, omówiono poglądowo zasadę jego działania (rys.1). W kotłach fluidalnych temperatura spalania wynosi 750 do 950⁰C. Fluidyzację osiąga się poprzez wdmuchanie gorącego powietrza do materiału złoża leżącego na ruszcie (tj. na dnie komory spalania). W ten sposób ogrzewane są ściany komory spalania wewnątrz których znajduje się medium. W trakcie pracy kotła w walczaku gromadzi się mieszanka parowo – wodna. Woda spływa z walczaka z powrotem rurami opadowymi, natomiast para płynie do przegrzewacza pary. W przegrzewaczu para nasycona zamienia się w parę przegrzaną. Para przegrzana wykorzystywana jest następnie do napędzania turbiny.



Rys. 1. Zasada działania kotła fluidalnego [1]

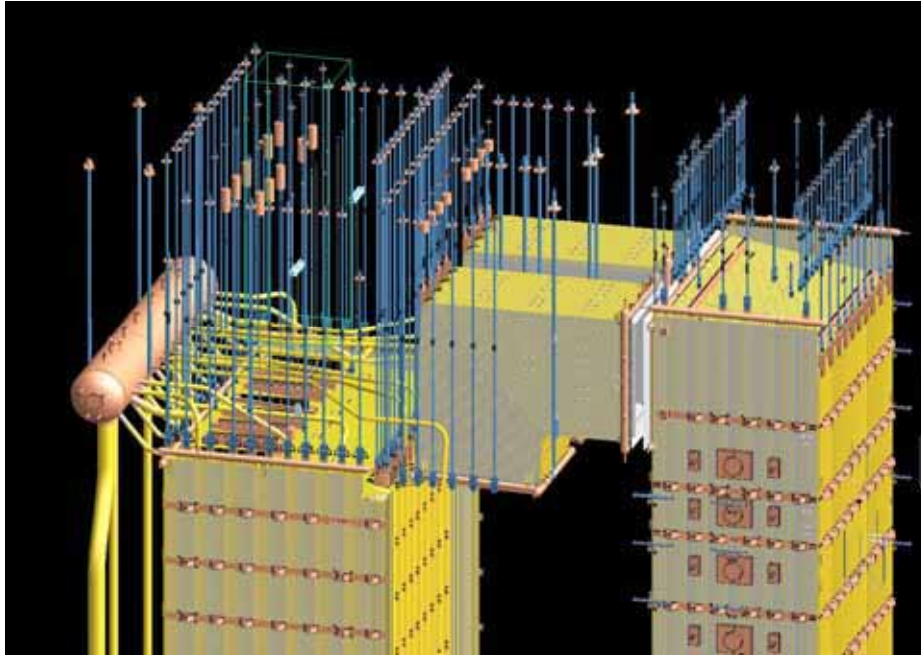
Wszystkie istotne elementy kotła modelowane są w programie PDMS firmy Bentley. Na rys. 2. przedstawiono model geometryczny kotła fluidalnego.



Rys. 2. Kocioł fluidalny CFB

2. Masa kotła

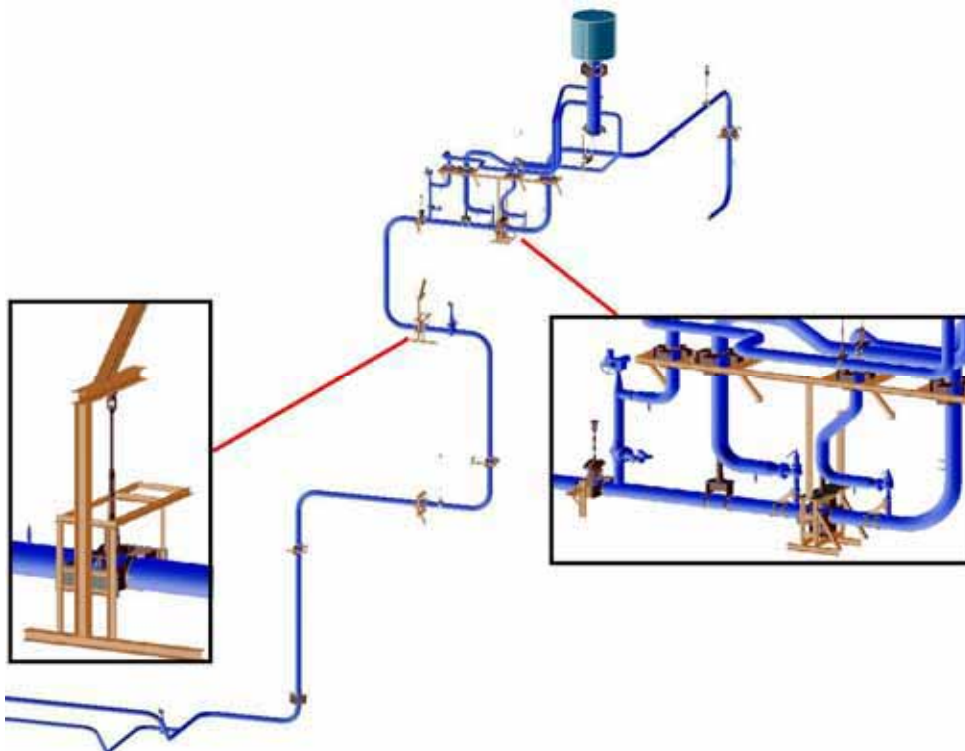
Palenisko, kanał przerzutowy oraz drugi ciąg wiszą na stalowych prętach (rys. 2 i 3). W celu doboru średnicy prętów obliczana jest masa poszczególnych elementów kotła. W obliczeniach należy wziąć pod uwagę zarówno normalny stan pracy kotła, jak i stan awaryjny (zasypanie materiałem złoża, piaskiem, popiołem i inne). Ostatecznie otrzymywane jest obciążenie przypadające na pojedynczy pręt. Wyniki służą do regulacji prętów na budowie. Ekipa monterów za pomocą tensometrów reguluje naciąg poszczególnych prętów stalowych. Całkowita masa kotła wynosi około 3000 ton.



Rys. 3. Zawieszenie kotła

3. Analiza głównego rurociągu parowego

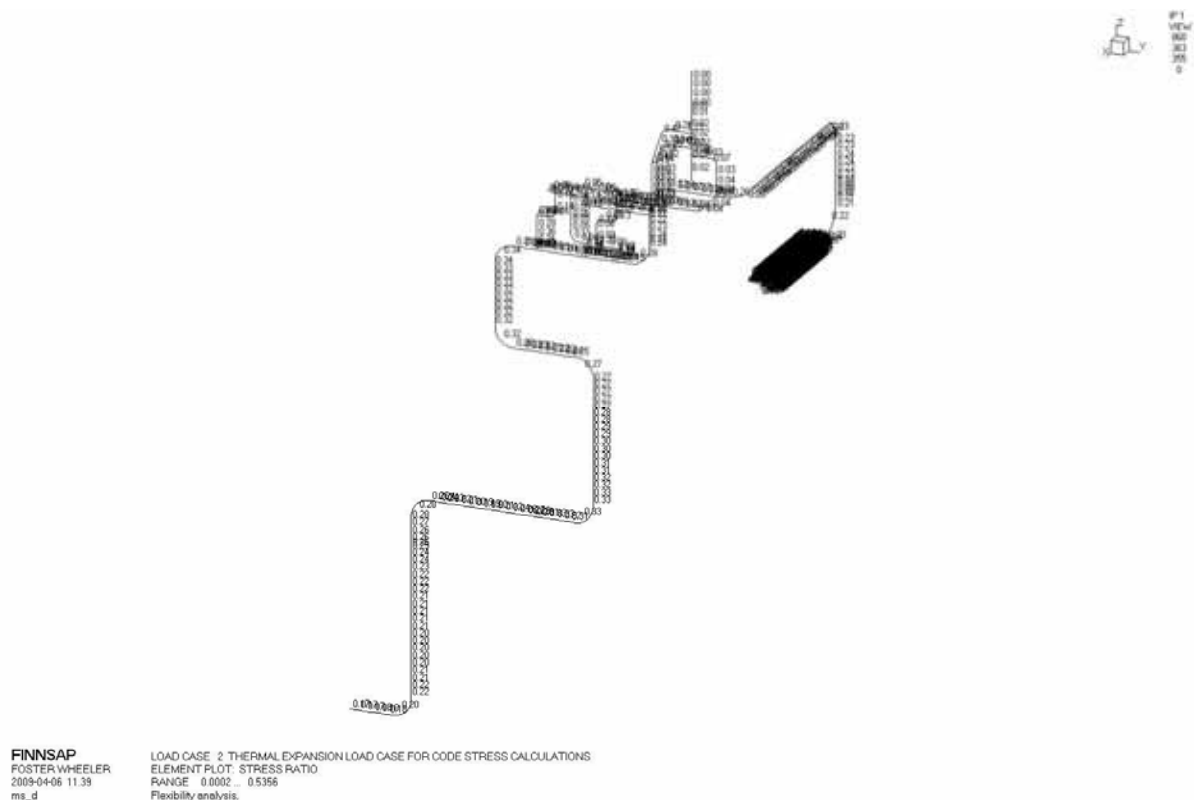
Jednym z najważniejszych rurociągów w kotle jest główny rurociąg parowy. Na rys. 4. przedstawiono model geometryczny w programie PDMS.



Rys. 4. Główny rurociąg parowy

Do weryfikacji rurociągu wykorzystano normę EN 13480-3 „Metallic industrial piping. Part 3: Design and calculation”. Do obliczeń rurociągów stosowane są różne specjalistyczne programy, które bazują na wspomnianej normie oraz wykorzystują metodę elementów skończonych. Analizę podatności rurociągu wykonano w programie Finnsap. Maksymalna temperatura w rurociągu wynosi 532 °C, a ciśnienie 13.7 MPa. W analizie sprawdzane są dopuszczalne wartości naprężeń oraz siły działające na podpory.

Jednym z przypadków obciążeń dla których sprawdzane są naprężenia jest przypadek uwzględniający obciążenia długotrwałe (od ciężar rurociągu, izolacji, medium, ciśnienia), oraz obciążenia termiczne (od ekspansji termicznej kotła). Wyniki dla tego przypadku przedstawiono na rys. 5. Miarą wyężenia rurociągu jest współczynnik (ang. stress ratio) będący ilorazem naprężeń rzeczywistych do naprężeń dopuszczalnych.



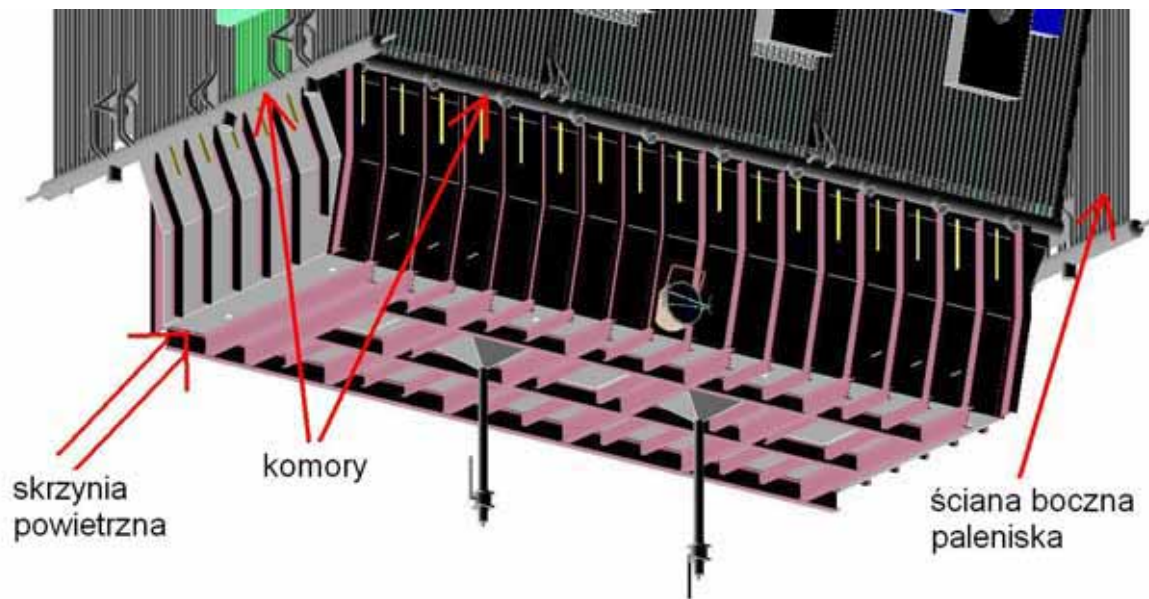
Rys. 5. Stosunek naprężeń rzeczywistych do dopuszczalnych
Wyężenie rurociągu wynosi 53%.

Ponadto w rurociągu sprawdzane są naprężenia wyłącznie od obciążeń długotrwałych, a także z powodu bardzo wysokiej temperatury naprężenia uwzględniające zjawisko pełzania. W analizowanym układzie zastosowano zawory bezpieczeństwa, które w przypadku otwarcia są źródłem sił dynamicznych. Na skutek tego rozpatrywano szczególne przypadki obciążeń dla których sprawdzono wartości naprężeń oraz siły działających na podpory.

Analiza rurociągów składa się z wielu przypadków obciążeń. Ich liczba zależy od charakteru pracy rurociągu, a nawet położenia geograficznego (sejsmika). W przypadku skomplikowanych rurociągów proces doboru podpór jest iteracyjny, a ostateczna konfiguracja zawieszzeń jest wynikiem pracy inżyniera budowy, projektanta rurociągów oraz inżyniera odpowiedzialnego za analizę wytrzymałościową rurociągu.

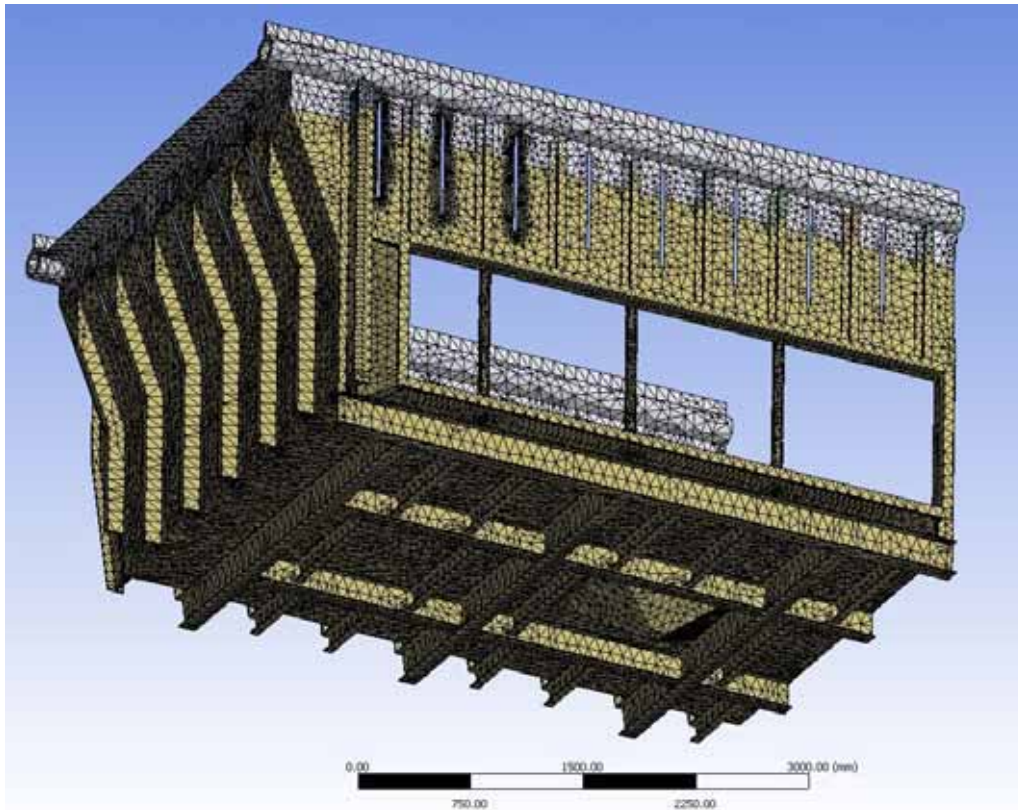
4. Analiza wytrzymałościowa skrzyni powietrznej

Na rys. 6. przedstawiono model geometryczny skrzyni powietrznej w programie PDMS. Górna krawędź skrzyni przyspawana jest do komór, które połączone są ze ścianami paleniska. Cały układ wzmocniono odpowiednimi profilami. Skrzynia powietrzna wykonana jest z materiału S235, natomiast komory z 16Mo3. Konstrukcja skrzyni jest szczelna. Wewnątrz znajduje się gorące powietrze o temperaturze 246 °C i ciśnieniu 21 kPa. W górnej części skrzyni umieszczone są dysze (tzw. ruszt), przez które przepływa powietrze. Na skutek tego ponad rusztem powstaje warstwa powietrza, która unosi żłóże.



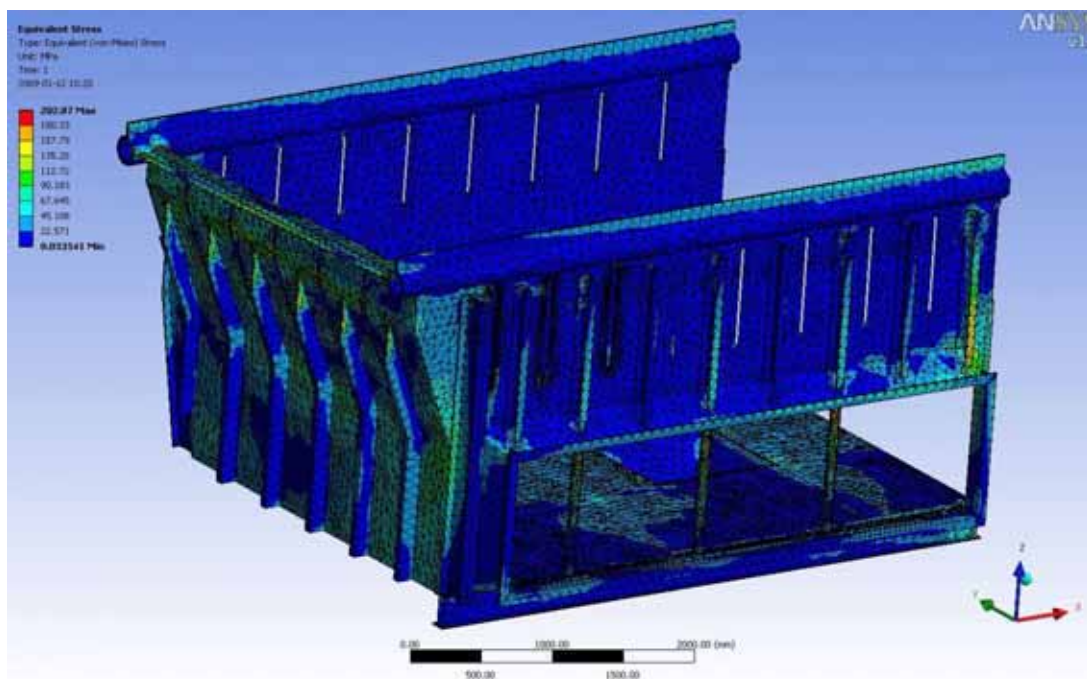
Rys. 6. Skrzynia powietrzna pod paleniskiem (PDMS)

Na rys. 7. przedstawiono siatkę elementów skończonych. W analizie zastosowano głównie 10-węzłowe elementy czworosienne.



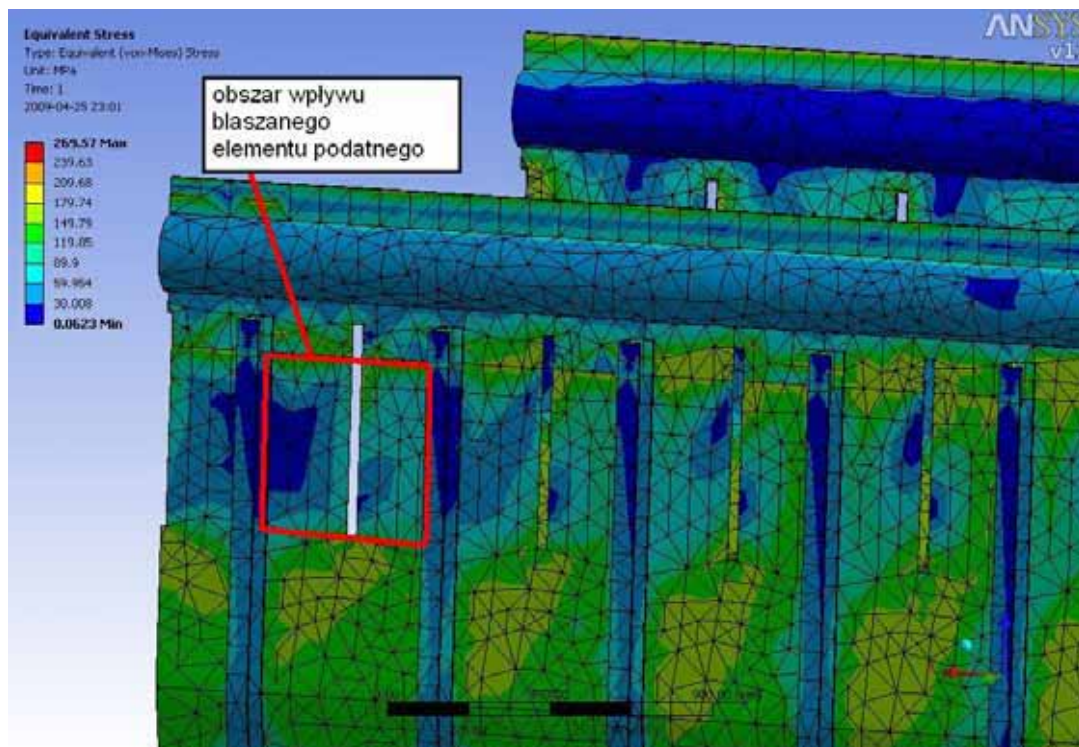
Rys. 7. Siatka elementów skończonych (Ansys 11.0 Professional)

Poniżej przedstawiono naprężenia zredukowane wg hipotezy Hubera – Misesa. Naprężenie dopuszczalne wynosi 170 MPa dla komór [2] oraz 161 MPa dla skrzyni powietrznej [4]. W przeważającej części układu naprężenia zredukowane są na poziomie 20-45 MPa. W kilku miejscach zaobserwowano lokalne spiętrzenia naprężeń, które można pominąć.



Rys. 8. Naprężenia zredukowane (von Mises)

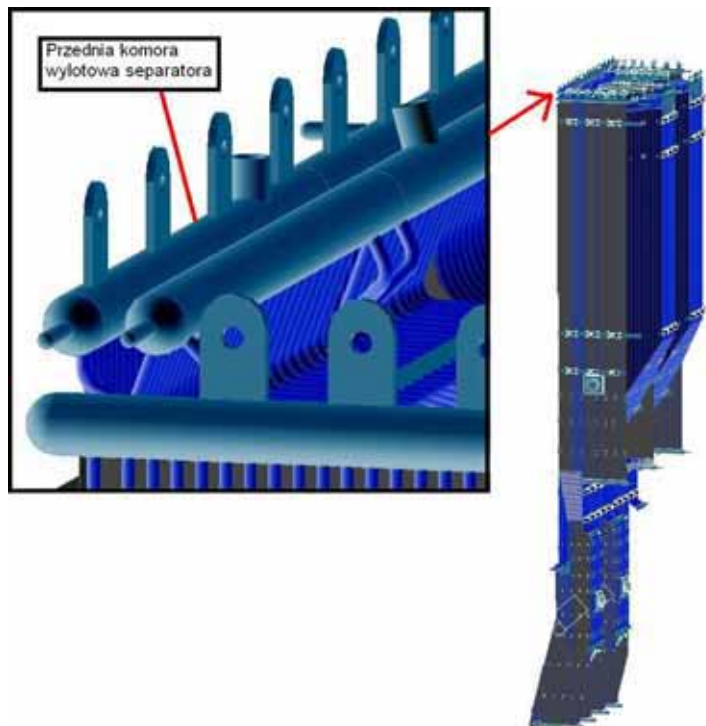
Podczas normalnej pracy wewnątrz komór znajduje się medium o temperaturze 356 °C, podczas gdy powietrze wewnątrz skrzyni powietrznej osiąga temperaturę 246 °C. Na skutek tego powstaje różnica w ekspansji termicznej komór oraz ścian skrzyni. W celu ograniczenia wpływu wspomnianego wyżej zjawiska zastosowano szczeliny zaślepione podatnymi blaszanymi elementami. Aby sprawdzić ich działanie wykonano sprzężoną analizę mechaniczno – termiczną. W celu uproszczenia modelu, uwzględniono wyłącznie szczeliny bez blaszanych elementów podatnych. Wyniki przedstawione poniżej wykazują, że zastosowanie szczelin znacznie redukuje wartości naprężeń w układzie.



Rys. 9. Naprężenia redukowane (von Mises) – sprzężona analiza mechaniczno – termiczna.

5. Analiza wytrzymałościowa przedniej komory wylotowej separatora

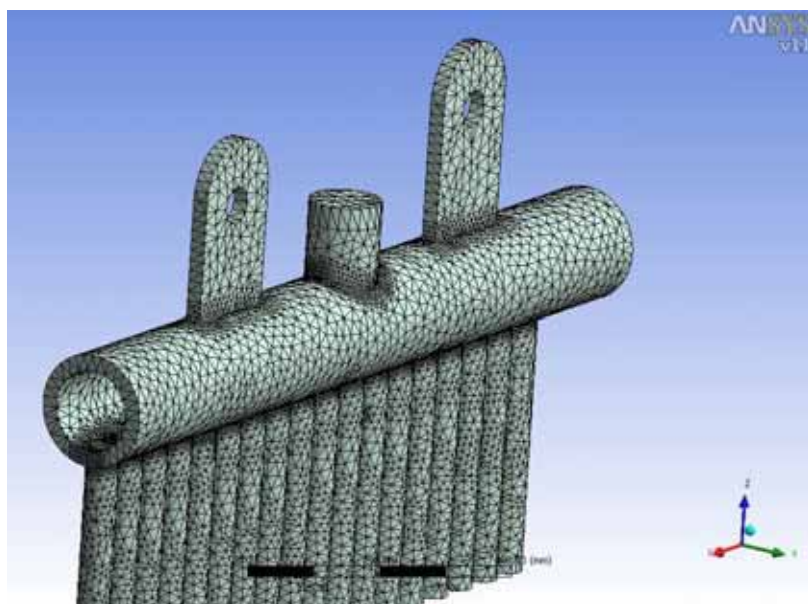
Na rys. 10 przedstawiono model geometryczny komory wylotowej separatora. Komora obciążona jest ciężarem ściany przedniej separatora. Ciężar przenoszony jest równomiernie poprzez uszy do których zamontowane są pręty stalowe (rys. 3).



Rys. 10. Przednia komora wylotowa separatora (PDMS).

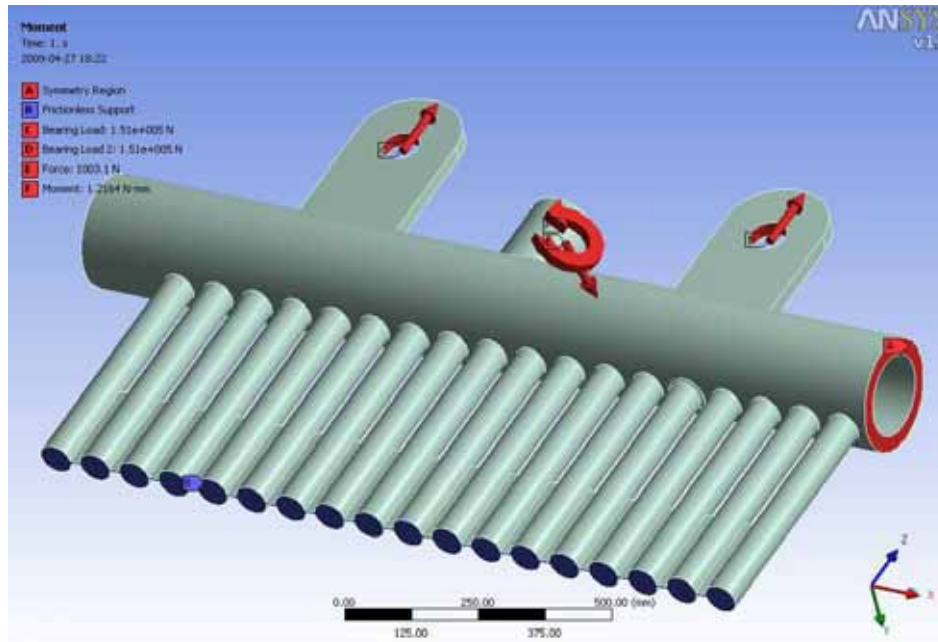
Wewnątrz komory znajduje się medium o temperaturze projektowej 356°C oraz ciśnieniu 13.7 MPa . Komorę wykonano z materiału 16Mo3 . W analizie nie zadawano temperatury medium. Kryterium wytrzymałościowym jest granica plastyczności w podwyższonej temperaturze [2] oraz odkształcenie plastyczne, które nie powinno przekroczyć 5% [3]. Zastosowano odpowiednie współczynniki bezpieczeństwa, uwzględniane w obciążeniach oraz własnościach materiałowych w zależności od stanu pracy układu [3].

Na rys. 11 przedstawiono siatkę elementów skończonych. Zastosowano 10 – węzłowe elementy czworościenne.



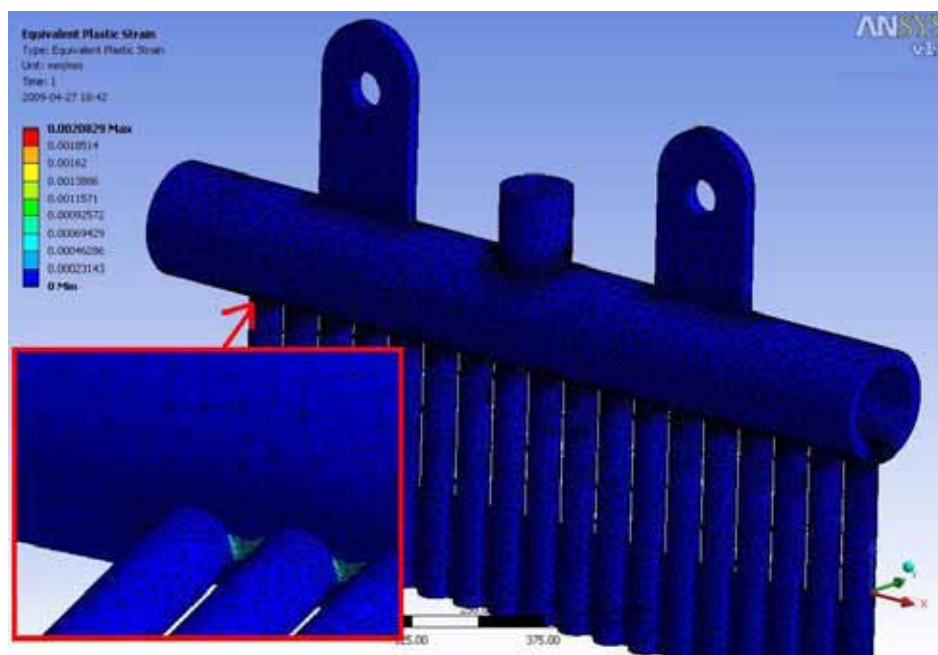
Rys. 11. Siatka elementów skończonych (Ansys 11.0 Professional)

Po przeanalizowaniu charakteru pracy układu, zastosowano warunki brzegowe jak na rys.12. Obciążenie pojedynczego ucha ciężarem przedniej ściany separatora wynosi 151 kN. Komora za pośrednictwem rurociągu połączona jest z walczykiem (rys. 1 i 2). W analizie uwzględniono oddziaływanie tego rurociągu na króciec komory. Obciążenie reprezentowane jest przez wypadkowe siły i momenty, otrzymane w analizie rurociągu w programie Finnsap.



Rys. 12. Warunki brzegowe i obciążenie

Miarą wyężenia komory są odkształcenia plastyczne. W miejscach połączenia komory z króćcami zaobserwowano uplastycznienie materiału o wartości maksymalnej 0.002 mm/mm.



Rys. 13. Odkształcenia plastyczne (wartość dopuszczalna 5%).

6. Podsumowanie

Współczesne kotły budowane są przy wykorzystaniu zaawansowanych programów obliczeniowych. Złożoność zjawisk oraz norm i przepisów wymusza stosowanie wielu narzędzi wspomagających prace inżynierów. Coraz częściej programy posiadają zaimplementowane normy. Szybki rozwój oprogramowania znacznie ułatwił modelowanie wielu zjawisk i procesów zachodzących w kotle.

Literatura

1. Materiały wewnętrzne Foster Wheeler Energia Polska Sp. z o. o.
2. PN – EN 10216-2:2002. Rury stalowe bez szwu do zastosowań ciśnieniowych – Warunki techniczne dostawy – Część 2: Rury ze stali niestopowych i stopowych z wymaganymi własnościami w temperaturach podwyższonych, s. 17, tab. 5.
3. EN 13445-3:2002. Unfired pressure vessels. Part 3: Design, s.543, tab. B.8-1; s. 547, rozdz. B.8.4.1
4. PN – EN 13084-7:2006. Kominy wolno stojące – Część 7: Wymagania dotyczące cylindrycznych wyrobów stalowych przeznaczonych na jednopowłokowe kominy stalowe oraz stalowe wykładziny, s. 8, tab. 1

ANALIZA STATYCZNA SUWNICY BRAMOWEJ POD KĄTEM ZWIĘKSZENIA NOŚNOŚCI

ADAM BAWOLEK

Automatyka i Robotyka, AB3, 5 rok

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Antoni John, Prof. Pol. Śląskiej



Streszczenie. W niniejszym artykule została przedstawiona analiza numeryczna belki poprzecznej suwnicy bramowej obciążonej statycznie. Zastosowano dodatkowe naprężenie ściskające w dolnej części belki w celu wyrównania rozkładu naprężeń a przez to zwiększenia nośności suwnicy. Całość obliczeń przeprowadzono w pakiecie programów MSC.Software.

1. Wprowadzenie

Zespół czynności, związanych z przemieszczaniem przedmiotów przerobu i osób przy użyciu odpowiednich środków, nazywamy transportem [1]. Do środków transportu bliskiego, wykonywanego na terenie zakładu pracy, zalicza się dźwignice. Dźwignice samodzielne, niepołączone w układy, nazywamy dźwignicami prostymi. Suwnicą nazywamy dźwignice prostą, złożoną z przejezdnego ustroju nośnego (rozpiętość 6 i więcej m) oraz z mechanizmu jazdy [1].

Analizę statyczną przeprowadzono za pomocą oprogramowania MSC.Software. Na potrzebę analizy wybrano najważniejsze obciążenia określone w normie[5]:

- obciążenie od masy własnej dźwignicy
- obciążenie wywołane masą wózka wraz z ładunkiem, ciągnami i chwytakiem
- obciążenia związane z zukosowaniem
- obciążenia od śniegu i wiatru [3,4]

Dodatkowo uwzględniono obciążenie od sił ściskających w dolnej części belki poprzecznej, oraz od masy własnej belki suwnicy.

2. Model geometryczny

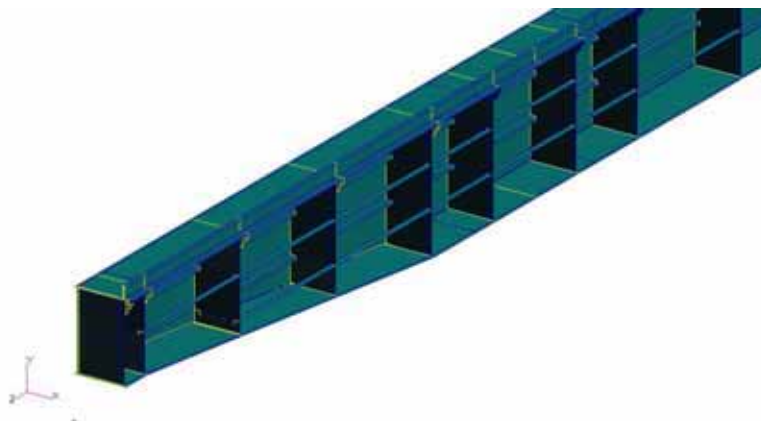
Ze względu na konstrukcję obiektu rzeczywistego wykonaną z blach spawanych, model został utworzony za pomocą elementów powierzchniowych, dwuwymiarowych. W celu zamodelowania geometrii przyjęto również inne uproszczenia:

- uwzględniono symetrię belki poziomej suwnicy
- pominięto połączenia zachowując ciągłość materiału
- pominięto elementy suwnicy związane z montażem i konserwacją, oraz inne elementy niewpływające zasadniczo na nośność konstrukcji

Model geometryczny przedstawiono na rys.1 i 2.



Rys. 1. Model belki poprzecznej suwnicy



Rys. 2. Widok żeber usztywniających

Grupom elementów powierzchniowych nadano własności odpowiadających im blach obiektu rzeczywistego.

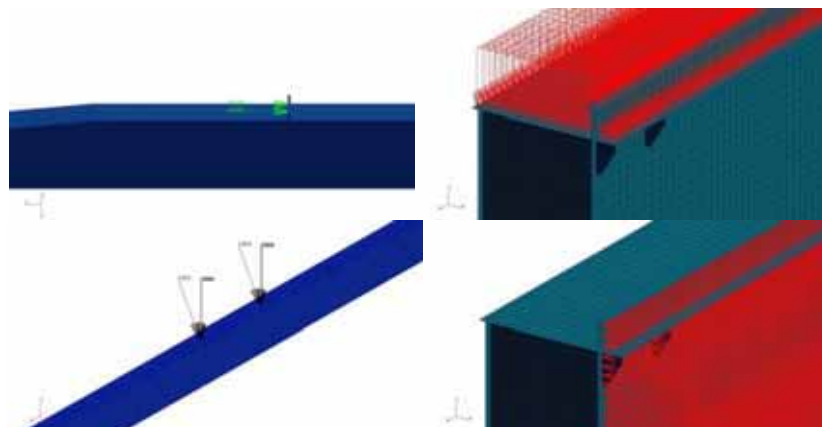
3. Model numeryczny

Dyskretyzacja geometrii została wykonana za pomocą elementów 4 węzłowych Quad4. Na siatkę elementów nałożono warunki brzegowe określone w tabeli 1.

Tabela 1. Wartości obciążeń modelu

Obciążenie	Wartość	Jednostka
masa wózka wraz z ładunkiem, elementami chwytynymi i cięgnami	2,739e05	N
zukosowanie, oś przednia	2,000e02	N
zukosowanie, oś tylnia	1,952e04	N
śnieg	2,580e-04	MPa
wiatr	9,180e-02	MPa
siła ściskająca	zmienna	N

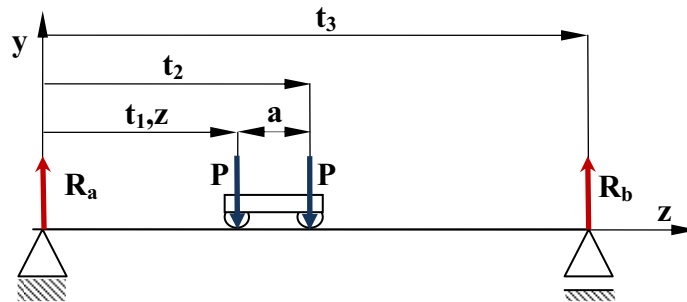
Sposób określenia warunków brzegowych przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Warunki brzegowe w modelu suwnicy

4. Dobór wartości siły ściskającej w zależności od pozycji wózka jeźdźnego

W celu określenia zależności wartości siły ściskającej od pozycji wózka jeźdźnego przypadek sprowadzono do prostego zginania (rys. 4), gdzie a - długość wózka jeźdźnego, L - długość części belki suwnicy pomiędzy podporami, P - obciążenie od masy własnej wózka, wraz z ciężkami, ładunkiem i elementami chwytynymi, z - położenie wózka jeźdźnego.

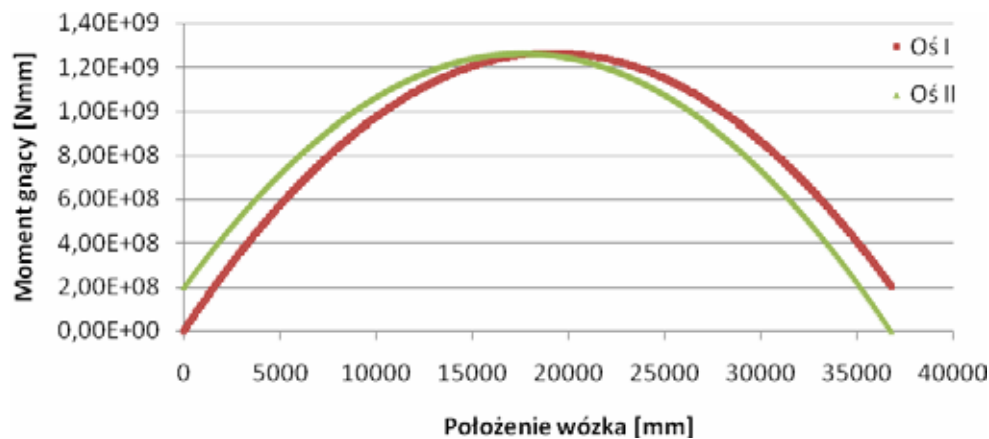


Rys. 4. Schemat belki zginanej

Zakładając równość naprężeń od dodatkowych sił ściskających i momentu gnącego, wyznaczono zależność siły sprężającej od położenia wózka (1). W_x - wskaźnik wytrzymałości na zginanie względem osi OX , wyznaczono analitycznie, A_p - pole powierzchni przekroju ściskanego, przyjęto przekrój dolnej płyty suwnicy.

$$F_H(z) = \frac{A_p}{W_x} M g(z), \quad (1)$$

Na wykresie (rys. 5) porównano wartości momentów gnących w miejscach nacisku kół dla kolejnych położzeń wózka.



Rys. 5. Wykres zależności momentów gnących od pozycji wózka

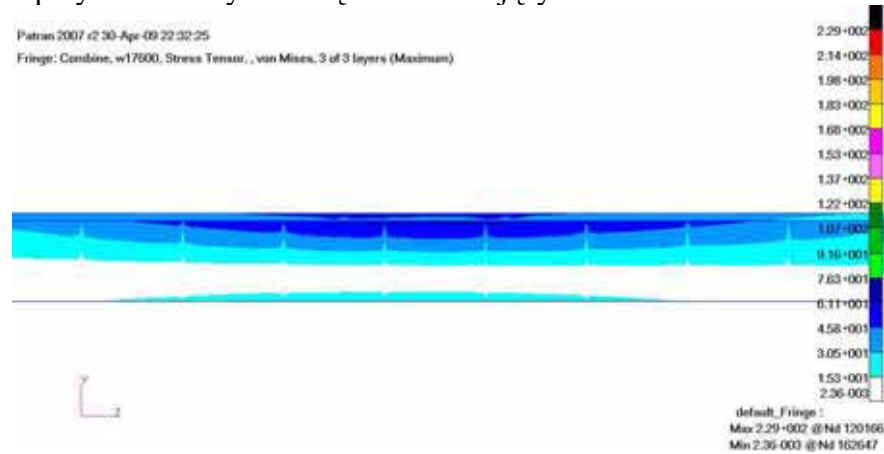
Różniczkując momenty gnące i przyrównując do zera, otrzymano położenia, dla których osiągają wartość maksymalną, dla osi pierwszej (2) i drugiej (3).

$$z = \frac{L}{2} - \frac{a}{4} \quad (2)$$

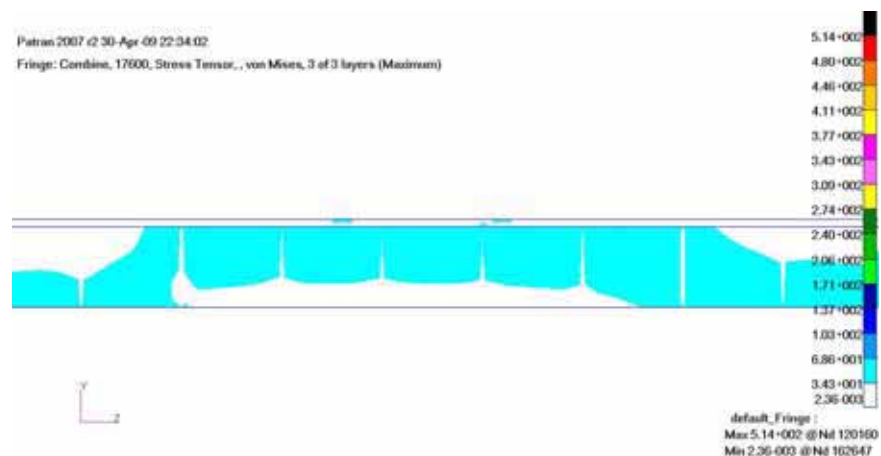
$$z = \frac{L}{2} + \frac{a}{4} \quad (3)$$

5. Wyniki i podsumowanie

Wyniki analizy otrzymano w postaci naprężeń i przemieszczeń w węzłach. Na rys.6 pokazano rozkład naprężeń zredukowanych w suwnicy dla wózka w pozycji $z=17,6m$ bez działania dodatkowego naprężenia ściskającego. Rys. 7 przedstawia rozkład naprężeń zredukowanych przy dodatkowym obciążeniu ściskającym.



Rys. 6. Rozkład naprężeń zredukowanych bez dodatkowej siły ściskającej



Rys. 7. Rozkład naprężeń po zastosowaniu dodatkowej siły sprężającej

Zastosowanie dodatkowego obciążenia ściskającego wyrównało rozkład naprężeń w belce poprzecznej suwnicy. Maksymalne naprężenia zredukowane na poziomie 100MPa zostały obniżone o 50MPa. Zmniejszenie wartości naprężeń pozwala zwiększyć nośność suwnicy.

Literatura

1. Piątkiewicz A., Sobolski R., Dźwignice. T. 1 Warszawa: WNT, 1977.
2. Dyląg Z., Jakubowicz A., Orłoś Z., Wytrzymałość materiałów. T. 1 Warszawa: WNT, 1996.
3. PN-80/B-02010. Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.
4. PN-80/B-02011. Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.
5. PN-ISO 8686-5. Dźwignice. Zasady obliczania i kojarzenia obciążeń. Suwnice pomostowe i bramowe.

ZASTOSOWANIE METODY RÓŻNIC SKOŃCZONYCH W ANALIZIE BELEK

PAULINA BEDNARZ

Edukacja Techniczno – Informatyczna, EC3, 5 rok

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Piotr Fedeliński, Prof. Pol. Śląskiej,

mgr inż. Jacek Ptaszny



Streszczenie. W niniejszym artykule przedstawiono równania ugięć belki i warunki brzegowe wyrażone za pomocą różnic skończonych. Metodę zastosowano do wyznaczenia ugięcia belki statycznie niewyznaczalnej.

1. Metoda różnic skończonych

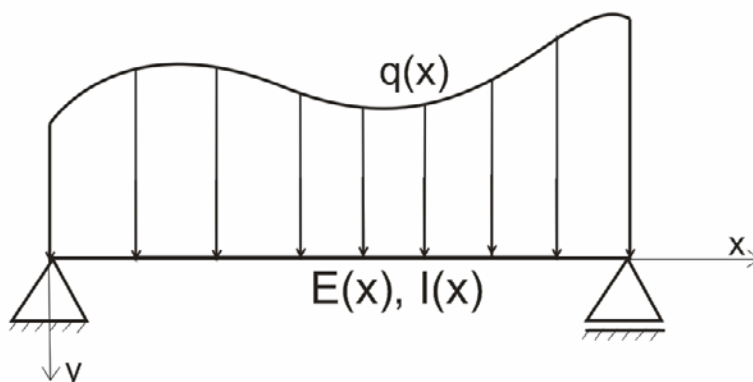
Koncepcja metody różnic skończonych polega na zastosowaniu przybliżeń, które pozwalają na zastąpienie równania różniczkowego przez równania różnic skończonych [1]. W wyniku tego zagadnienie rozwiązania równania różniczkowego sprowadza się do rozwiązania układu algebraicznych równań liniowych lub do problemu wartości i wektorów własnych macierzy. Rozwiązanie otrzymujemy w punktach dyskretnych analizowanego obszaru. Jest to więc metoda przybliżona.

Rozwiązanie problemu metodą różnic skończonych przedstawia następujący algorytm:

1. Podział belki na pewną liczbę równych odcinków.
2. Przybliżenie równania różniczkowego przez równoważne równanie różnicowe.
3. Zastosowanie warunków brzegowych.
4. Rozwiązywanie układu równań różnicowych lub obliczenie wartości i wektorów własnych macierzy.

2. Obliczanie ugięcia belek

Rozważmy belkę jednoprzęsłową [1], posiadającą moment bezwładności $I(x)$ oraz moduł Younga $E(x)$. Belka jest obciążona siłami dowolnie rozłożonymi na jej długości $q(x)$ (rys. 1).



Rys. 1. Belka obciążona siłami dowolnie rozłożonymi na jej długości

Równanie różniczkowe osi odkształconej belki określonej funkcją $y(x)$ ma postać:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left(E(x)I(x) \frac{d^2 y(x)}{dx^2} \right) = q(x). \quad (1)$$

Przy założeniu, że $E(x) = const$ oraz $I(x) = const$ równanie (1) przyjmuje postać:

$$\frac{d^4 y(x)}{dx^4} = \frac{q(x)}{EI}. \quad (2)$$

Po podzieleniu belki na przedziały o długości Δx dla węzła w punkcie „i” otrzymujemy następujące równanie różnicowe:

$$y_{i-2} - 4y_{i-1} + 6y_i - 4y_{i+1} + y_{i+2} = \frac{\Delta x^4}{EI} q_i. \quad (3)$$

Równanie (3) układamy dla wszystkich niepodporowych punktów podziału belki. Równania ułożone dla punktów leżących przy podporach lub dla punktu na swobodnym końcu belki będą zawierały wielkości fikcyjne ugięcie oraz sztywności w punktach leżących poza belką. Wielkości podporowe oraz fikcyjne wyznaczamy z warunków brzegowych.

Poniżej przedstawiono warunki brzegowe dla typowych przypadków podparcia:

a) podpora przegubowa (ugięcie i moment zginający są równe zero)

$$y(x) = 0, \quad \frac{d^2 y(x)}{dx^2} = 0 \quad (4)$$

W postaci różnicowej, dla podpory „i”

$$y_i = 0, \quad \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} = 0 \quad (5)$$

Skąd:

$$y_i = 0, \quad y_{i+1} = -y_{i-1} \quad (6)$$

b) podpora utwierdzona (ugięcie i kąt obrotu są równe zero)

$$y(x) = 0, \quad \frac{dy(x)}{dx} = 0 \quad (7)$$

W postaci różnicowej, dla podpory „i”:

$$y_i = 0, \quad \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} = 0 \quad (8)$$

Skąd:

$$y_i = 0, \quad y_{i+1} = y_{i-1} \quad (9)$$

c) koniec swobodny (moment zginający i siła poprzeczna są równe zero)

$$\frac{d^2 y(x)}{dx^2} = 0, \quad \frac{d^3 y(x)}{dx^3} = 0 \quad (10)$$

W postaci różnicowej, dla podpory „i”:

$$y_{i+1} = 2y_i - y_{i-1}, \quad y_{i+2} = 4y_i - 4y_{i-1} + y_{i-2} \quad (11)$$

Po ułożeniu równania różnicowego (3) dla wszystkich niepodporowych punktów podziału leżących na belce i po wyeliminowaniu wielkości fikcyjnych za pomocą warunków brzegowych (6), (9) lub (11) otrzymamy układ równań liniowych, w którym niewiadomymi będą wielkości ugięć w punktach niepodporowych leżących w belce.

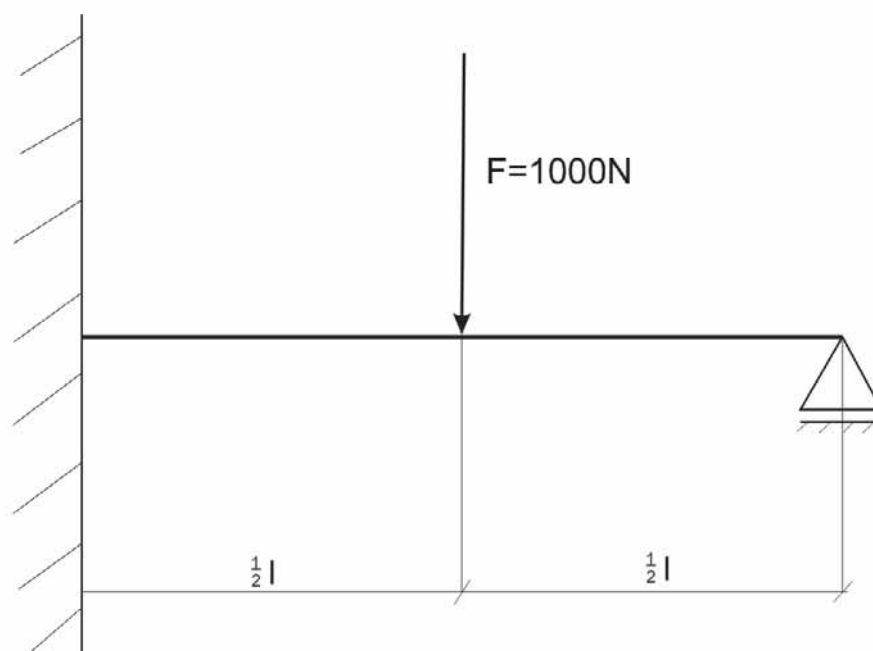
3. Opis programu komputerowego

Zadaniem programu komputerowego napisanego w języku Scilab jest wyznaczanie ugięć belki. Danymi do programu są: długość belki, moduł Younga, moment bezwładności belki, sposób podparcia, sposób obciążenia, liczba przedziałów.

Wynikiem działania programu jest wykres pokazujący ugięcie belki oraz tabela zawierająca ugięcie belki w poszczególnych węzłach.

4. Przykład numeryczny – ugięcia belki statycznie niewyznaczalnej

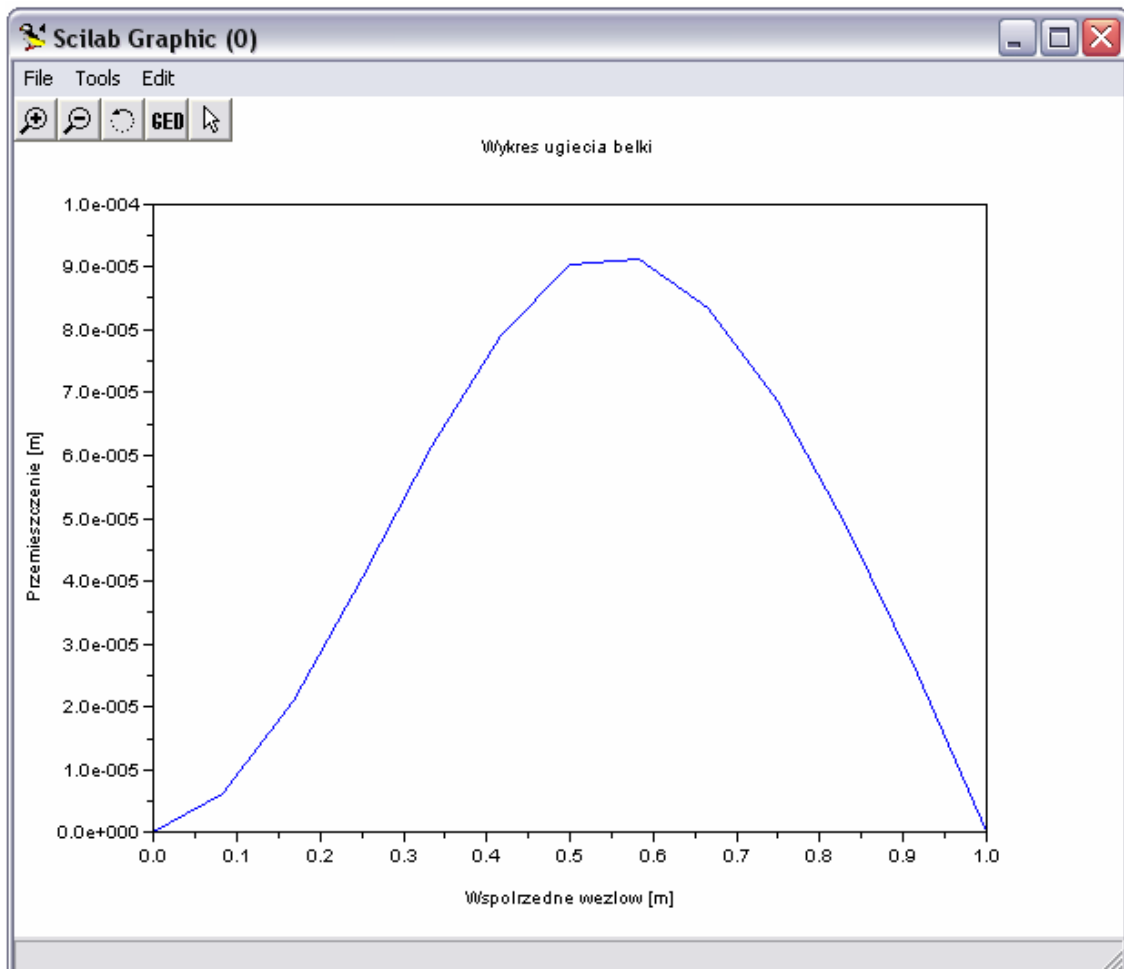
Za pomocą programu analizowano belkę podpartą jak na rys. 2. Długość belki $l = 1$ m, moduł Younga $E = 2.09 \cdot 10^{11}$ Pa, moment bezwładności $I = 50 \cdot 10^{-8} m^4$. Tabela 1 przedstawia wartości maksymalnego ugięcia dla analizowanej belki otrzymane za pomocą programu przy różnej dyskretyzacji. Wartość ta wynosi według obliczeń analitycznych 0.088995 mm. Rys. 3 przedstawia wykres otrzymany za pomocą programu przy podziale belki na 12 odcinków.



Rys 2. Belka statycznie niewyznaczalna

Tabela 1. Ugięcia otrzymane w programie dla analizowanej belki oraz błąd obliczeń

L.p.	Liczba przedziałów	Przemieszczenie [mm]	Błąd [%]
1	6	0.0998	12,14
2	12	0.0912	2,47
3	60	0.0893	0,34
4	90	0.0892	0,23
5	600	0.0892	0,23



Rys. 3. Linia ugięcia belki przy podziale na 12 przedziałów.

5. Wnioski

Metoda różnic skończonych pozwala w szybki i prosty sposób obliczyć ugięcie belki. Jest to jednak metoda przybliżona. Analizując otrzymane wyniki, można zauważyć, że ważny jest dobór odpowiedniej liczby przedziałów, na które dzieli się belkę. Zwiększanie liczby przedziałów do 60 powoduje znaczne polepszanie wyników. Powyżej tej wartości poprawa wyników jest znacznie mniej widoczna. Odpowiedni dobór liczby przedziałów pozwala na otrzymanie żądanej dokładności wyników oraz oszczędzenie czasu i pamięci komputera.

Literatura

1. Pietrzak J., Rakowski G., Wrześniowski K., Macierzowa analiza konstrukcji, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Poznań (1986).
2. Majchrzak E., Mochnacki B., Metody numeryczne: podstawy teoretyczne, aspekty praktyczne i algorytmy, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice (2004).
3. Niezgodziński M. E., Niezgodziński T., Wzory wykresy i tablice wytrzymałościowe, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa (1996).

APLIKACJA WSPOMAGAJĄCA BILANSOWANIE DIETY U CHORYCH NA CUKRZYCĘ

ANNA BRODACKA

Edukacja Techniczno - Informatyczna, EC3, 5 rok

Opiekunowie naukowci: prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak,
dr inż. Mirosław Dziewoński



Streszczenie. Korzyści płynące ze stosowania technik informatycznych stały się impulsem do tworzenia różnorodnych aplikacji usprawniających nasze życie zarówno na niwie zawodowej jak i prywatnej. Kierując się przede wszystkim komfortem i wygodą życia chorych na cukrzycę, opracowano program wspomagający bilansowanie diety diabetyka, stworzony za pomocą języka programowania C++. Aplikacja zawiera bazę produktów żywnościowych, moduł komunikacji z bazą danych, algorytm obliczenia indeksu glikemicznego oraz ogólny bilans posiłku złożonego z różnych produktów spożywczych.

1. Wprowadzenie

Cukrzyca (diabetes mellitus) jest przewlekłą chorobą spowodowaną brakiem lub nieprawidłowym działaniem hormonu nazywanego insuliną. Często określana jest mianem choroby cywilizacyjnej, tzn., że oprócz predyspozycji genetycznych sprzyjają jej złe nawyki żywieniowe, brak ruchu i nerwowy tryb życia. Osoby chore na cukrzycę powinny przestrzegać właściwej diety, która jest niezbędnym warunkiem skutecznego leczenia, podstawą utrzymania zdrowia i dobrego samopoczucia.

Menu chorych na cukrzycę powinno mieć określoną wartość energetyczną, jednak ich dieta nie powinna się różnić wiele od diety zdrowego człowieka. Niemniej, od chorych na cukrzycę wymagana jest pewna dyscyplina, konsekwencja oraz dostosowanie się do ściśle określonego jadłospisu. Posiłki winny być spożywane często, w niedużych ilościach, dzięki czemu chory uniknie uczucia głodu, a stężenie cukru we krwi będzie mniejsze (zalecane są 4 posiłki główne oraz 2 przekąski).

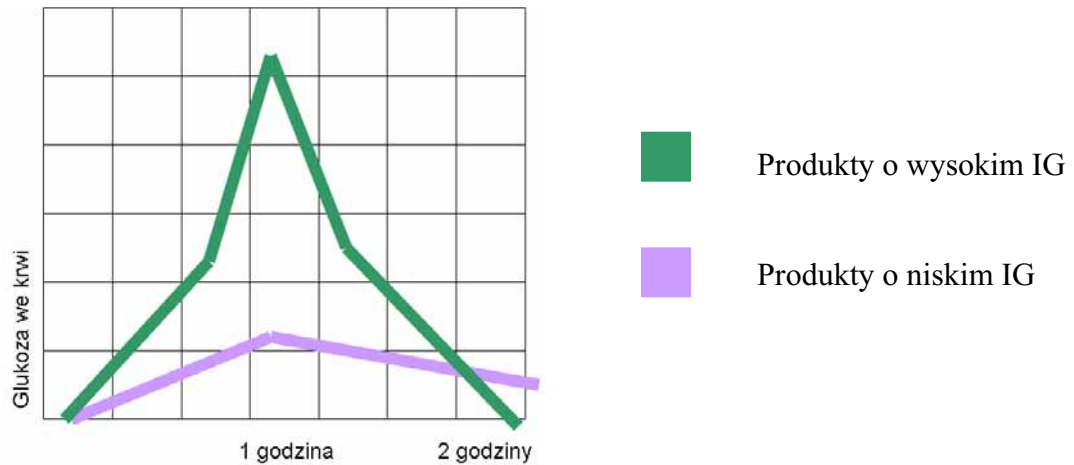
2. Indeks glikemiczny

Na podstawie przeprowadzonych badań, które wykazały wzrost poziomu glukozy we krwi niektórych produktów spożywczych zawierających węglowodany w stosunku do produktów z tej samej grupy, powstał system charakteryzujący wpływ żywności na glikemię poposiłkową, który nazwano indeksem glikemicznym (IG).

Indeks glikemiczny (IG) oblicza się dzieląc poziom glukozy we krwi po przeprowadzeniu testu żywnościowego z udziałem 50 gramów węglowodanów przez poziom glukozy uzyskany po spożyciu danego produktu. Aby go wyznaczyć, należy podać dany produkt konkretnej osobie. Badania przeprowadzane są na grupie osób, a następnie przez dwie godziny, co 15 minut, pobierana jest im krew i badany jest zawarty w niej poziom cukru (rys.1.). W ten sposób uzyskuje się przeciętną wartość IG produktu. Indeks glikemiczny dotyczy tylko produktów zawierających węglowodany i jest specyficzną właściwością każdego z tych produktów.

Zakresy wartości indeksu glikemicznego są następujące:

- niski Indeks glikemiczny = 55 lub mniej,
- średni Indeks glikemiczny = 56-69,
- wysoki Indeks glikemiczny = 70 lub więcej.



Rys. 1. Zmiany stężenia glukozy we krwi.

3. Dieta IG

Stałe spożywanie produktów o niskim IG nie szkodzi organizmowi, lecz po pewnym czasie może zostać uznane za monotonne. W diecie opartej na IG żaden produkt nie został całkowicie zakazany. Zatem można komponować posiłki zestawiając w odpowiednich proporcjach produkty o wysokim IG z produktami o niskim IG. Tak też powstała metodyka obliczania indeksu glikemicznego dla posiłku:

- ustalenie zawartości węglowodanów w przeznaczony do potrawy ilości produktu,
- ustalenie całkowitej zawartości węglowodanów w posiłku,
- obliczenie procentowego udziału węglowodanów z poszczególnych składników w stosunku do ogółu węglowodanów (uznanych za 100 %),
- odczytanie IG poszczególnych składników potrawy,
- obliczenie udziału poszczególnych produktów w wartości IG całego posiłku,
- ustalenie IG całego posiłku.

Wzór na wypadkowy indeks glikemiczny posiłku jest następujący:

$$IG(W) = \frac{w_a \cdot i_a + w_b \cdot i_b}{w_a + w_b} \quad (1)$$

gdzie:

$IG(W)$ - wypadkowy indeks glikemiczny,

a, b - składniki posiłku,

i_a - indeks glikemiczny składnika a ,

i_b - indeks glikemiczny składnika b ,

w_a - zawartość (waga) czystych węglowodanów składnika a ,

w_b - zawartość (waga) czystych węglowodanów składnika b .

Istotne zasady przy ustalaniu posiłków na podstawie tradycyjnej piramidy żywieniowej są następujące:

- białe pieczywo, ryż, ziemniaki, słodczyce takie jak ciastka i herbatki, nabiał (1-2 porcje dziennie – najlepiej niskotłuszczowe),
- czyste białka, takie jak mięso, ryby, drób, jajka (do 2 porcji dziennie, czerwone mięso nie częściej niż 1-2 razy na tydzień),
- orzechy, nasiona i warzywa strączkowe (1-3 razy dziennie) i oleje sporządzone z nich (1-2 razy dziennie),
- owoce (2-3 razy dziennie),
- chleb razowy pełnoziarnisty, ziarna zbożowe, makaron i inne zawierające węglowodany o niskim IG (3-6 porcji dziennie),
- warzywa (co najmniej 5 porcji dziennie),
- nie należy posiłku o niskim IG popijać słodzonymi napojami gazowanymi i owocowymi.

4. Aplikacja wspomagająca bilansowanie diety u chorych na cukrzycę

Problemem stosowania diety opartej na indeksie glikemicznym jest przede wszystkim trudność, jaką sprawia chorym na cukrzycę obliczenie IG każdego produktu, umiejętny wybór artykułów spożywczych i ich komponowanie w zestawy posiłków. Stąd też celem eliminacji powyższych niedogodności dla diabetyków została utworzona aplikacja w środowisku Borland C++ Builder wspomagająca bilansowanie opisanej powyżej diety.

W pierwszej kolejności opracowano bazę produktów żywnościowych składającą się z ponad 200 pozycji, z czego każda zawiera: nazwę, podstawowe wartości odżywcze (białko, węglowodany, tłuszcze) oraz kaloryczność (przy masie produktu 100 g), a także indeks glikemiczny (IG) produktu (rys. 2). Następnie opracowano moduł komunikacji z bazą danych, algorytm obliczenia indeksu glikemicznego oraz ogólny bilans posiłku złożonego z różnych produktów spożywczych.

produkt	białko	tłuszcze	węglowodany	kalorie	ig
Agrest	0.6	0.2	11.8	52.2	22
Ananas	0.4	0.2	13.6	57.8	60
Arbuz	0.6	0.1	8.4	36.9	75
Awokado	2.0	15.3	7.4	175.3	30
Baran	1.0	0.3	22.5	100.7	65
Brzośliwnia	1.0	0.2	11.9	53.4	30
Czarne jagody	0.9	0.6	12.3	57.8	25
Czeremcha	1.0	0.3	14.3	63.9	22
Grejpfrut	0.6	0.2	9.8	43.4	22
Gruska	0.6	0.2	14.4	61.8	35
Jabłko	0.4	0.4	12.1	53.6	30
Kiwi	0.9	0.5	13.9	63.7	50
Malina	1.3	0.3	12.0	55.8	25
Mandarynki	0.6	0.2	11.2	49.0	35
Melon	0.9	0.3	8.4	39.9	65
Morele	0.9	0.2	11.9	53.0	20

Rys. 2. Baza produktów

W aplikacji utworzono zakładki: „ograniczenia”, „kompozycja posiłku”, „posiłki”, „baza produktów”, „dieta tygodniowa”. Zakładka „ograniczenia” z wyznacznikami typu: dzienna liczba posiłków, płeć, waga, wiek, daje impuls do dalszej modyfikacji pracy programu. W „kompozycji posiłku” istnieje możliwość utworzenia posiłku składającego się z różnorodnych produktów, zmiany ich wagi oraz zapamiętania jego kompozycji (rys. 3.). Zakładka „posiłki” zawiera: liczbę i skład posiłków oraz ich dzienny bilans. W celu ustalenia diety na cały tydzień, została utworzona zakładka o nazwie „dieta tygodniowa”, w której wyświetlane są dane z zakładki „posiłki”. W „bazie produktów” znajduje się: lista produktów, opcjonalna forma dodawania i usuwania produktu oraz zapisywanie zmian w bazie (przez naciśnięcie przycisku). Wszystkie te czynności możliwe są dzięki stworzonemu modułowi komunikacji z bazą danych.

wybierz produkt
Brzoskwinia

waga produktu 100 [g]

białko 1.0 tłuszcz 0.2 węglowodany 11.9 kalorie 53.4 indeks glikemiczny 30

dodaj produkt
usuń produkt

Zapisz jako
posiłek

Edytuj
posiłek

produkt	białko	tłuszcz	węglowodany	kalorie	g	waga
Agrest	0.8	0.2	11.8	52.2	22	100
Ananas	1	0.5	24	144.5	60	250
Banan	3	0.9	70.5	302.1	85	300
Brzoskwinia	1.0	0.2	11.9	53.4	30	100
razem	5.8	1.8	128.2	552.2	96	750

Rys. 3. Kompozycja posiłku

5. Podsumowanie

Praktyczne wykorzystanie zaproponowanej aplikacji wspomagającej bilansowanie diety możliwe jest nie tylko przez samych chorych na cukrzycę, ale także dietetyków i inne osoby zajmujące się projektowaniem żywienia w zakresie diet indywidualnych i zbiorowych.

Literatura

1. Polskie Towarzystwo Diabetologiczne, Zalecenia kliniczne dotyczące postępowania u chorych na cukrzycę, 2008.
2. Sylwanowicz W., Michajlik A., Ramotowski W., Anatomia i fizjologia człowieka, PZWL, Warszawa (1985).
3. Łukasiak J., Kuchnia odchudzająca, Wydawnictwo Spółdzielcze, Warszawa (1991).
4. Foster H., Łatwa dieta IG, ZYSK I S-KA (2004).
5. Leeds A., Miller J., Powell K., Colagiuri S., Nie musisz liczyć kalorii, wystarczy, że poznasz Indeks Glikemiczny, Amber, Warszawa (2002).

SYMULACJA ROZKŁADU PARAMETRÓW MATERIAŁOWYCH ODZWIERCIEDLAJĄCYCH ZMIANY OSTEOPOROTYCZNE

KAMIL CZEPIEC

Mechanika i Budowa Maszyn, MB4, 5 rok

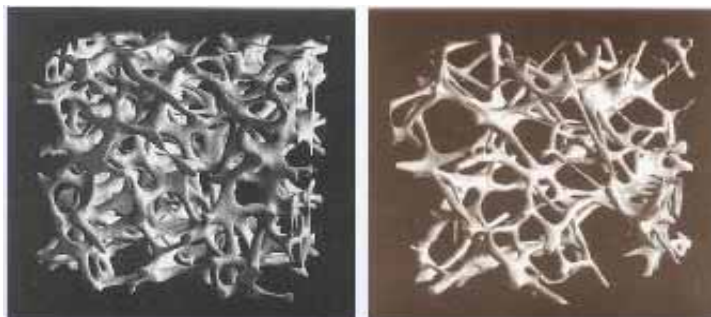
Opiekun naukowy: dr hab. inż. Antoni John, Prof. Pol. Śląskiej



Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienie rozkładu parametrów materiałowych odzwierciedlających zmiany osteoporotyczne oraz zbadanie wpływu tego zjawiska na rozkłady przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w modelu kości miednicy człowieka. Program symulujący rozkłady osteoporozy napisany został w języku C++ natomiast obliczenia i wizualizacja wyników odbywała się przy pomocy pakietu programów MSC.Patran/Nastran.

1. Wprowadzenie

Osteoporoza to choroba polegająca na osłabieniu układu kostnego człowieka. Wbrew powszechnym przekonaniom, choroba ta nie dotyczy tylko i wyłącznie kobiet w okresie przekwitania, ale także mężczyzn, a nawet młodych ludzi. Według jednej z definicji, schorzenie to charakteryzuje się niską masą kostną, upośledzoną architekturą kości, a to z kolei prowadzi do ich osłabienia i większej podatności na złamania. Z biegiem czasu ten ubytek staje się na tyle poważny, że może uniemożliwić spełnianie przez kość jej funkcji w organizmie. Na Rys. 1. przedstawiono porównanie w strukturze kości zdrowej (a) oraz podczas występowania osteoporozy (b). Można zauważyć, że w drugim przypadku komórki kostne są przerzedzone, co prowadzi do osłabienia kości i zwiększenia jej podatności na złamania. W skrajnych przypadkach może dojść do sytuacji, kiedy to obciążenie wynikające jedynie z fizjologii organizmu może spowodować złamanie [2].



Rys. 1. Struktura kości: a) zdrowej, b) ze zmianami osteoporotycznymi

Istotnym czynnikiem wpływającym na pomyślność leczenia jest wczesne rozpoznanie choroby. Niestety nie jest to łatwe gdyż osteoporoza przebiega bezobjawowo. Często zdarza się, że pierwszymi zauważalnymi oznakami choroby są złamania. Wtedy to chorzy dowiadują się, że cierpią na osteoporozę i rozpoczynane jest leczenie. Niestety w tak zaawansowanym stadium jest ono mało efektywne.

Działania, jakie są podejmowane na tym polu, zmierzają do ułatwienia rozpoznania osteoporozy możliwie we wczesnym stadium, gdyż zwiększa to szanse na przywrócenie kościom ich prawidłowej struktury. Taki jest też cel tej pracy.

Żeby zdiagnozować osteoporozę wykonuje się testy biochemiczne (badanie poziomu wapnia we krwi, poziomu fosforu we krwi, poziomu wapnia w moczu oraz poziomu fosfatazy

zasadowej we krwi) oraz badania obrazowe (zdjęcia przeglądowe kości, osteodensytometria, ilościowa ultrasonografia, biopsja tkanki kostnej, ilościowa tomografia komputerowa) [3].

2. Model numeryczny

Aby przyjrzeć się bliżej problemowi osteoporozy w kości miednicy człowieka i zbadać relacje pomiędzy zmianami własności kości, a stanem wyężenia, przeprowadzono analizę wytrzymałościową kości miednicy człowieka. Modelowany układ składał się z trzech głównych części:

- kości miednicy człowieka (kość korowa i kość gąbczasta),
- endoprotezy stawu biodrowego (warstwa cementu, panewka z tworzywa sztucznego, panewka metalowa),
- głowy kości udowej.

Model został podzielony na podobszary o następujących początkowych zakresach modułu Younga:

a) Kość korowa (Rys.2):

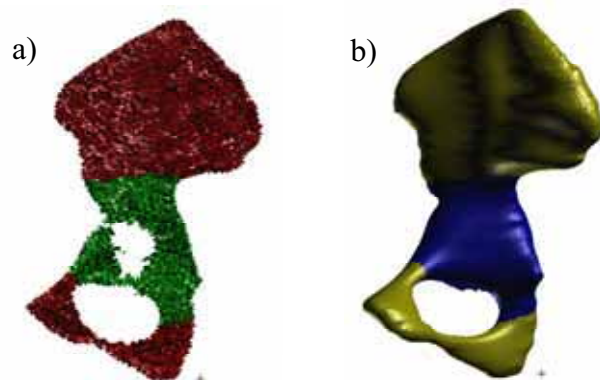
- Okolice warunków brzegowych (15000-15600 MPa) - kolor różowy
- Okolice głowy kości udowej (13000-13500 MPa) - kolor czerwony
- Górna część kości (12000-12600 MPa) - kolor brązowy
- Środkowa część kości (13500-14000MPa) - kolor żółty
- Dolna część kości (14000-14500 MPa) - kolor niebieski



Rys. 2. Podobszary kości korowej

b) Kość gąbczasta (Rys.3):

- Zewnętrzna warstwa kości (2000-2600 MPa):
 - Okolice głowy kości udowej - kolor niebieski
 - Pozostała część kości - kolor żółty
- Wnętrze kości:
 - Okolice głowy kości udowej (250-300MPa) - kolor zielony
 - Pozostała część kości (200-250 MPa) - kolor czerwony



Rys. 3. Podobszary kości gąbczastej:
a) warstwa zewnętrzna, b) warstwa wewnętrzna

W każdym z tych podobszarów wyznaczano wartość modułu Younga w poszczególnych elementach skończonych.

3. Generowanie rozkładu parametrów materiałowych w kości miednicy

Do symulacji rozkładu parametrów materiałowych odzwierciedlających zmiany osteoporotyczne wykorzystany został program napisany w języku C++ [1]. Program powinien tak modyfikować plik wejściowy do programu Nastran, aby:

- każdy z elementów skończonych kości korowej i gąbczastej posiadał swoją właściwość,
- każdej właściwości kości korowej i gąbczastej odpowiadał inny materiał,
- stałe materiałowe były przydzielane na podstawie:
 - obszaru, w którym występuje element skończony,
 - procentowego ubytku masy kostnej,
 - stałych materiałowych określonych dla zdrowej kości.

Do wyznaczenia stałych materiałowych wykorzystane zostały następujące zależności [4]:

- dla kości gąbczastej według koncepcji Mow i Hayes 1991:

$$E = 2.195 \cdot \rho^3 \quad (1)$$

- dla kości korowej według koncepcji Weinans 2001:

$$E = 4.249 \cdot \rho^3 \quad (2)$$

gdzie:

E – moduł Younga

ρ – gęstość pozorna

4. Obliczenia

Obliczenia te mają na celu sprawdzenie, w którym obszarze ubytek masy kostnej ma największy wpływ na rozkłady przemieszczeń, odkształceń i naprężeń. Obliczenia zostały wykonane dla 30% ubytku masy kostnej kolejno w każdym z podobszarów (tylko dla kości korowej). Wyniki zostały zamieszczone w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki obliczeń dla 30% ubytku masy kostnej

Miejsce ubytku	Przemieszczenie max [mm]	Odkształcenie max	Naprężenie max [MPa]	Naprężenie w miejscu ubytku [MPa]
1	1,38	8,82-003	157	-
2	1,49	9,28-003	166	27,6
3	1,79	2,0-002	130	130
4	1,89	9,02-003	144	98,8
5	1,53	9,53-003	170	66,9
6	1,51	9,48-003	169	28,6

gdzie: 1 – brak ubytku, 2 - okolice głowy kości udowej, 3 - okolice warunków brzegowych, 4 - górna część kości, 5 - środkowa część kości, 6 - dolna część kości

Na podstawie powyższych obliczeń można wywnioskować, iż największy wpływ na rozkłady przemieszczeń i naprężeń ma ubytek masy w górnej części kości i w okolicach warunków brzegowych. Dlatego dalsze obliczenia dotyczą ubytku masy kostnej właśnie w tych podobszarach.

Wpływ ubytku masy kostnej w górnej części kości i w okolicach warunków brzegowych na rozkład przemieszczeń, naprężeń i odkształceń zamieszczono w Tabelach 2 i 3.

Tabela 2. Wyniki obliczeń dla ubytku masy kostnej w górnej części kości

ubytek masy [%]	max przemieszczenia [mm]	max naprężenia [MPa]
0	1,38	157
10	1,51	149
20	1,68	140
30	1,89	144
40	2,16	154
50	2,49	164

Tabela 3. Wyniki obliczeń dla ubytku masy w okolicach warunków brzegowych

ubytek masy [%]	max przemieszczenie [mm]	max naprężenia [MPa]	odkształcenie max
0	1,38	157	8,00E-03
10	1,49	148	1,14E-02
20	1,62	137	1,50E-02
30	1,79	130	2,00E-02
40	1,98	144	2,70E-02
50	2,22	162	3,67E-02

5. Wnioski

- Największy wpływ na rozkłady przemieszczeń i naprężeń ma ubytek masy w górnej części kości (na brzegu talerza miednicy) i w okolicach warunków brzegowych.
- Zależność między ubytkiem masy kostnej a maksymalnym przemieszczeniem nie jest liniowa – prędkość wzrostu przemieszczenia maksymalnego jest tym większa im większy jest ubytek masy.
- Wraz ze wzrostem ubytku masy rośnie prędkość wzrostu odkształcenia.
- Sytuacja, w której ubytek masy występuje w obszarze spiętrzenia naprężeń jest szczególnie niebezpieczna, gdyż wraz ze wzrostem ubytku wzrasta wyężenie i kość jest bardziej narażona na uszkodzenia.

Literatura

1. Grębosz J., Symfonia C++, Kraków 1999.
2. Lee D., Obręcz biodrowa. DB Publishing, Warszawa 2001.
3. Pruszyński B., Radiologia: diagnostyka obrazowa. Wydawnictwo PZWL, Warszawa 2005.
4. Rho J.Y., M.C. Hobatho M.C., Ashman R.B., Relations of mechanical properties to density and CT number in human bone bone, Medical Engineering & Physics, vol. 17, pp. 347-355, 1995.

OPROGRAMOWANIE DO PROCESORÓW JEDNOUKŁADOWYCH ZASTOSOWANYCH DO ROZSZERZENIA FUNKCJONALNOŚCI HYDRAULICZNEJ MASZYNY WYTRZYMAŁOŚCIOWEJ MTS

SZYMON ĆMIEL

Automatyka i Robotyka, AB3, 5 rok

Opiekunowie naukowci: prof. dr hab. inż. T. Burczyński, dr inż. W. Kuś

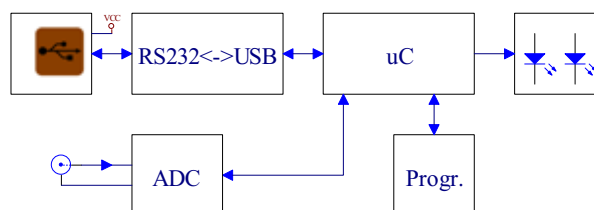


Streszczenie. W artykule przedstawiono programy dla mikrokontrolerów urządzeń zwiększających funkcjonalność maszyny wytrzymałościowej MTS. Urządzenia te to: a) przetwornik cyfrowo-analogowy przesyłający dane z wideoekstensometru do kontrolera maszyny wytrzymałościowej MTS, b) przetwornik analogowo-cyfrowy do rejestracji danych z wyjścia analogowego kontrolera MTS, c) sterownik zaworów elektro-hydraulicznych (Hydraulic Service Manifold HSM) maszyny wytrzymałościowej wraz z wyświetlaczem ostrzegawczo-kontrolnym.

1. Wprowadzenie

Mikrokontrolery zastosowane w urządzeniach to Atmega8 [5] i Atmega16, ośmiobitowe układy rodziny AVR produkowane przez firmę Atmel. Oprogramowanie dla mikrokontrolerów AVR napisano w języku C [3].

2. Przetwornik analogowo-cyfrowy i cyfrowo-analogowy

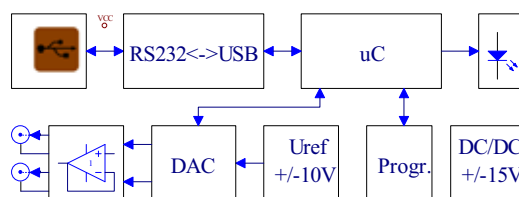


Rys. 1. Schemat blokowy przetwornika analogowo-cyfrowego

Program urządzenia analogowo-cyfrowego, którego schemat przedstawiono na Rys. 1, obsługuje scalony 16-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy MX7841. Układ ten posiada ośmiobitową szynę danych. Odczyt wyniku odbywa się w dwóch cyklach [1], najpierw, po zanegowaniu sygnału HBEN, na szynę wystawiana jest 8 młodszych bitów wyniku, a po ustawieniu sygnału HBEN starsze 8 bitów.

Urządzenie sterowane jest przez program nadrzędny z komputera, który nadaje żądanie konwersji analogowo-cyfrowej. Mikrokontroler wymusza proces konwersji przetwornika ADC. Zakończenie akwizycji wykrywane jest poprzez niski stan sygnału EOC, co pozwala na odczyt wyniku. Rezultat przeliczany jest następnie na postać dziesiętną i umieszczany w tablicy wyniku. Pierwszym elementem tablicy jest znak '*'. Wszystkie znaki są w kodzie ASCII. Tablica ta jest przesyłana do komputera. Komunikacja odbywa się w standardzie RS232C poprzez port USB, dane wysyłane i odbierane są z wykorzystaniem modułu UART mikrokontrolera. Transmisję taką umożliwia zastosowanie układu FT232BM [4]. Ramka

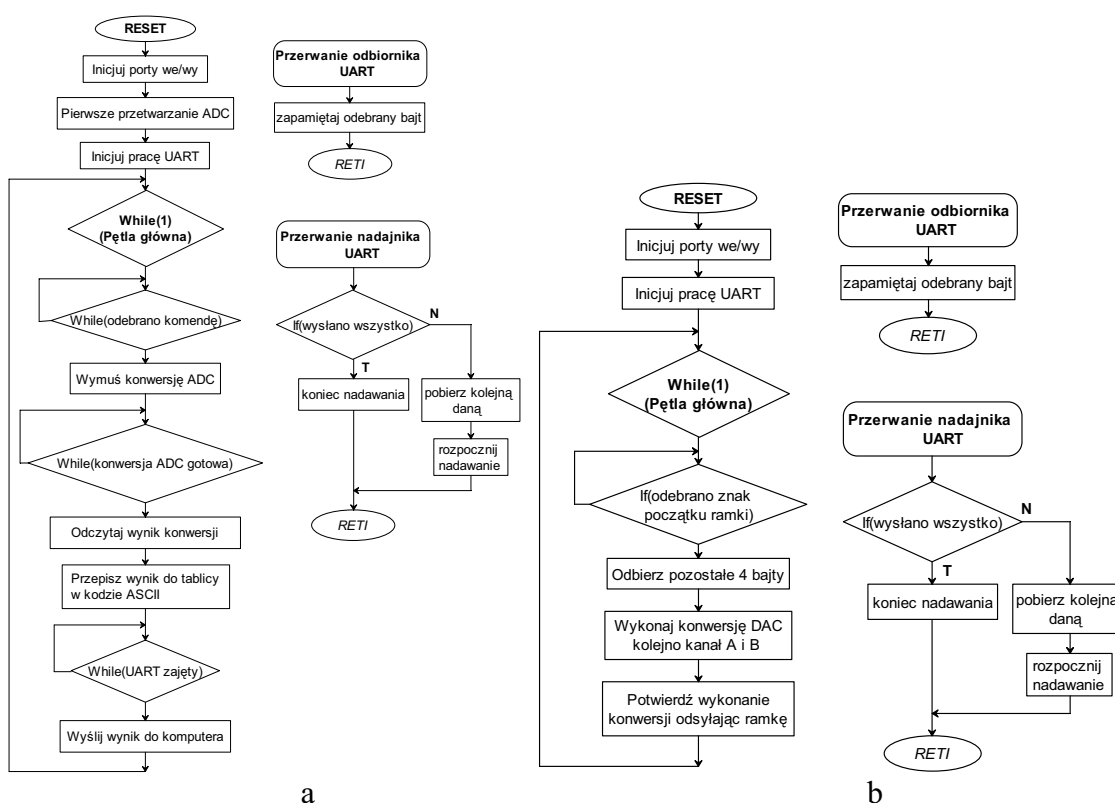
składa się z ośmiu bitów danych i jednego bitu stopu, nie sprawdza się parzystości, prędkość transmisji jest ustalona na 38400 bit/s. Schemat blokowy programu przedstawiono na Rys. 3a.



Rys. 2. Schemat blokowy przetwornika cyfrowo-analogowego

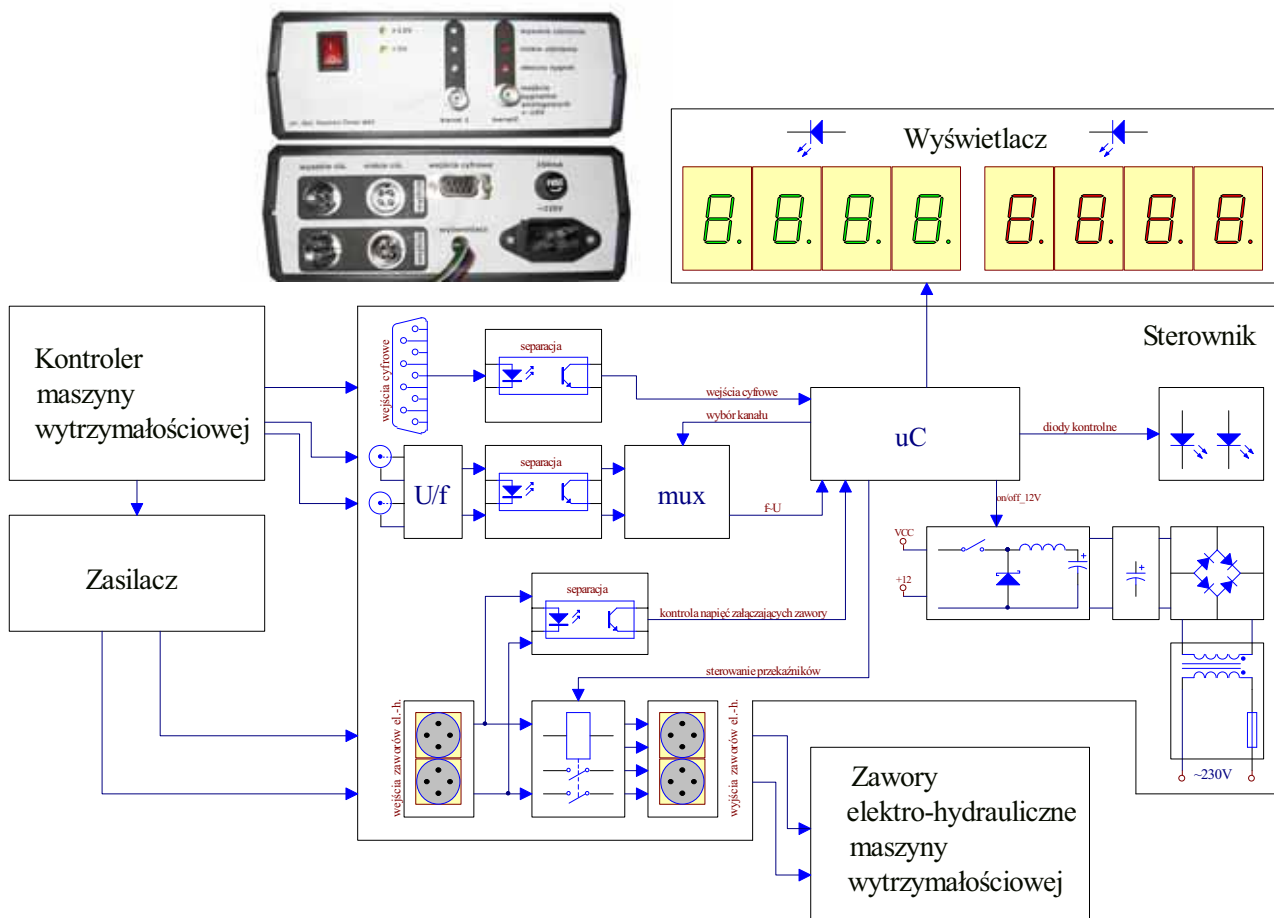
Program przetwornika cyfrowo-analogowego, którego schemat przedstawia Rys. 2, obsługuje scalony przetwornik 14-bitowy MAX1188 [2]. Przetwornik ten posiada równoległą szynę danych. Układ ten jest sterowany poprzez nadrzędny program w komputerze, także komunikacja rozwiązana jest w ten sam sposób jak w przypadku przetwornika ADC.

Program zapewnia przesył danych pomiarowych z wideoekstensometru do kontrolera maszyny wytrzymałościowej. Układ obsługuje dwa kanały - odkształcenia względem osi poziomej i pionowej. Ramka transmisyjna składa się tylko z pięciu znaków, znaku początku w postaci '*' dwóch bajtów dla kanału pierwszego i kolejnych dwóch dla drugiego. Tak krótką ramkę uzyskano dzięki zastosowaniu przesyłu danych w kodzie binarnym, a nie ASCII. Mikrokontroler po odebraniu poprawnej ramki, wystawia na szynie danych wartość dla kanału pierwszego i wymusza konwersję cyfrowo-analogową. Następnie powtarza czynność dla kanału drugiego. Po zakończeniu konwersji oczekuje na odbiór kolejnej ramki. Schemat blokowy programu przedstawia Rys. 3b.



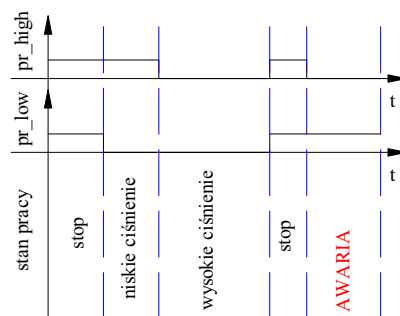
Rys. 3. Uproszczone schematy blokowe programów na mikrokontrolery układu przetwornika analogowo-cyfrowego (a) i cyfrowo-analogowego (b)

3. Sterownik elektro-zaworów (HSM) maszyny wytrzymałościowej MTS



Rys. 4. Schemat blokowy sterownika wraz z otoczeniem, oraz panel przedni i tylny wykonanej obudowy

Schemat układu kontrolera przedstawia Rys. 4. Program mikrokontrolera steruje zaworami, wyświetlaczem, diodami sygnalizacyjnymi oraz dokonuje przeliczeń napięć przetwornika analogowo-cyfrowego.

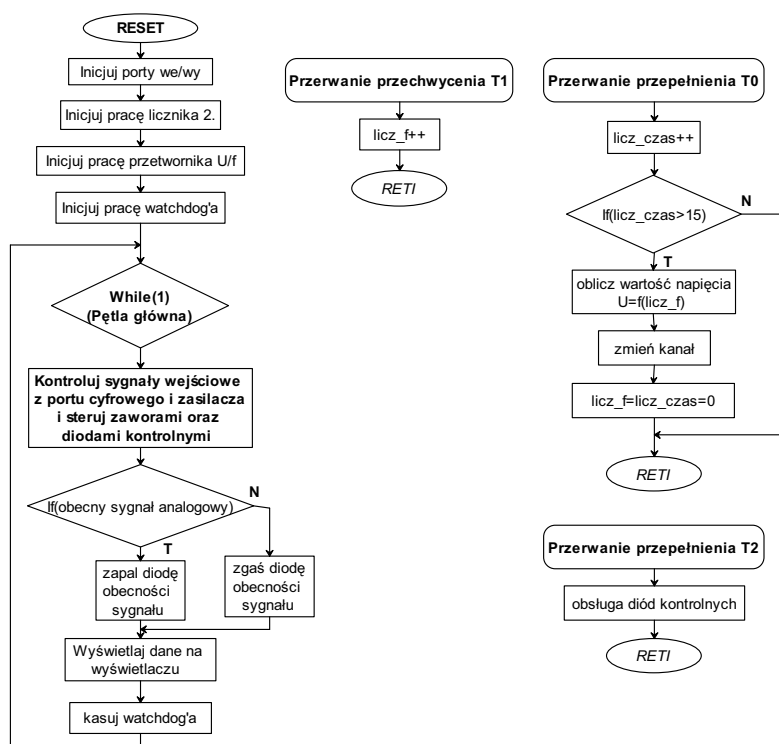


Rys. 5. Przebiegi ciśnień roboczych maszyny wytrzymałościowej

W oparciu o przebieg pracy maszyny przedstawiony na Rys. 5. oraz dodatkowe sygnały cyfrowe z kontrolera, zbudowany został moduł części pętli głównej programu. Działanie programu przedstawiono w Tabeli 1. Schemat blokowy programu pokazano na Rys. 6.

Tabela 1. Tablica stanów pracy maszyny wytrzymałościowej w oparciu o sygnały z portu cyfrowego kontrolera (dig_in_1 i 2) oraz kontroli napięć wejściowych, zasilających cewki zaworów elektro-hydraulicznych (pr_high i low)

dig_in_1	dig_in_2	pr_high	pr_low	Stan pracy	Ciśnienie	
					Siłownik 1	Siłownik 2
x	x	0	1	AWARIA	-	-
x	x	1	1	brak napięć, nie da się załączyć	-	-
0	0	0	0	oba siłowniki pracują	wysokie	wysokie
0	0	1	0		niskie	niskie
0	1	0	0	pierwszy siłownik pracuje	wysokie	-
0	1	1	0		niskie	-
1	0	0	0	drugi siłownik pracuje	-	wysokie
1	0	1	0		-	niskie
1	1	x	0	oba siłowniki stop, napięcie obecne	-	-
1	1	1	1	oba siłowniki stop	-	-



Rys. 6. Uproszczony schemat blokowy programu mikrokontrolera sterownika maszyny wytrzymałościowej

Literatura

1. Nota układu MX7841 <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MX7841.pdf>
2. Nota układu MAX1188 <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX1178-MAX1188.pdf>
3. Doliński J., Mikrokontrolery AVR w praktyce, BTC, Warszawa 2004.
4. Nota układu FT232 http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS_FT232BM.pdf
5. Nota układu Atmega8 http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf

Układy sponsorowała firma **FE ANALYSIS**

PROGRAMOWANIE DYNAMICZNE – ROZWIĄZANIE PROBLEMU ZAŁADUNKU

MIROSŁAW DOMAGALSKI

Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, ZC6, 5 rok
Opiekunowie naukowci: prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak,
dr inż. Alicja Piasecka Belkhayat



Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę rozwiązania problemu załadunku, który potocznie nazywany jest również zagadnieniem plecakowym. Omówiono algorytm rozwiązania oraz autorski program komputerowy opracowany w języku C++. Pokazano rozwiązania przykładowych zadań uzyskane za pomocą stworzonego oprogramowania.

1. Wprowadzenie

W działalności gospodarczej niejednokrotnie spotyka się sytuacje, w których należy podejmować decyzje wieloetapowe. Klasycznym przykładem jest zagadnienie załadunku, w którym do dyspozycji mamy przysłowiowy „plecak” o pojemności W oraz zbiór N elementów $i, i=1, 2, \dots, N$, przy czym każdy z nich ma określoną wagę (wartość) R_i oraz pojemność w_i . Problem polega na takim upakowaniu posiadanego „plecaka”, aby suma wartości elementów znajdujących się wewnątrz była możliwie jak największa, a zarazem pojemność „plecaka” maksymalnie wykorzystana. Wbrew pozorom, rozwiązanie tego problemu nie jest łatwe i w literaturze można znaleźć szereg algorytmów dotyczących rozwiązania tego zagadnienia np. algorytmy zachłanne, ale tylko metody programowania dynamicznego zapewniają wyznaczenie rozwiązania optymalnego. Programowanie dynamiczne wykorzystuje się również do określenia optymalnych trajektorii, alokacji zasobów, sterowania zapasami i produkcją oraz w zagadnieniach odnowy majątku.

2. Problem załadunku – dyskretne zagadnienie plecakowe

Niech W oznacza pojemność „plecaka”, i – rodzaj przedmiotu o wartości R_i oraz pojemności $w_i, i=1, 2, \dots, N$, przy czym W, R_i, w_i są liczbami naturalnymi. Zakładamy, że liczba przedmiotów poszczególnego rodzaju jest nieograniczona, a przedmioty można zapakować tylko w całości (1) lub nie pakować ich wcale (0).

Niech x_i oznacza liczbę przedmiotów i -tego rodzaju. Funkcja celu ma następującą postać

$$Z = \sum_{i=1}^N R_i x_i \rightarrow \text{MAX} \quad (1)$$

Uzupełniają warunek ograniczający

$$\sum_{i=1}^N w_i x_i \leq W \quad (2)$$

oraz warunki brzegowe

$$x_i \geq 0, \quad x_i \in \mathbb{C} \quad (3)$$

Należy znaleźć takie wartości x_i , które maksymalizują funkcję celu (1) i spełniają warunki (2), (3).

3. Algorytm rozwiązania

Optymalizacja wieloetapowa pozwala na znalezienie optymalnej kombinacji przedmiotów znajdujących się w „plecaku”. Sposób postępowania przedstawimy na następującym przykładzie.

Pewna firma transportowa musi dostarczyć przesyłki do odbiorców. Firma ta posiada jeden samochód dostawczy o ładowności 10 ton. Dostępny samochód należy wypełnić trzema rodzajami przesyłek, których jednostkowe wagi oraz wartości zostały przedstawione w tabeli 1. Należy określić, jakie przesyłki powinien zabrać kurier, aby ładowność samochodu dostawczego była maksymalnie wykorzystana, a zarazem wartość przesyłek była jak największa.

Tabela 1. Wagi jednostkowe i wartości przesyłek

i	1	2	3	W [t]
w_i [t]	2	1	3	10
R_i [tys.zł]	25	15	50	

Etap pierwszy polega na optymalnym wypełnieniu samochodu przesyłkami pierwszego rodzaju. Niech $j=0, 1, 2, \dots, W$ oznacza „rosnącą” pojemność samochodu. Obliczamy

$$P_{1,j} = \text{int} \left(\frac{j}{w_1} \right), \quad j = 0, 1, \dots, W \quad (4)$$

a następnie

$$f_1(j) = P_{1,j} R_1 \quad (5)$$

W etapie drugim wyznaczamy

$$P_{2,j} = \text{int} \left(\frac{j}{w_2} \right), \quad j = 0, 1, \dots, W \quad (6)$$

oraz

$$f_2(k) = \max_j \{ jR_2 + f_1(k - jw_2) \}, \quad k = 0, 1, \dots, W, \quad j = 0, 1, \dots, k, \quad jw_2 \leq k \quad (7)$$

Podobne obliczenia wykonujemy dla trzeciego etapu, czyli

$$P_{3,j} = \text{int} \left(\frac{j}{w_3} \right), \quad j = 0, 1, \dots, W \quad (8)$$

oraz

$$f_3(k) = \max_j \{ jR_3 + f_2(k - jw_3) \}, \quad k = 0, 1, \dots, W, \quad j = 0, 1, \dots, k, \quad jw_3 \leq k \quad (9)$$

Wyniki wszystkich etapów przedstawiono w tabeli:

W	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{1,j}$	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
$f_1(j)$	0	0	25	25	50	50	75	75	100	100	125
$P_{2,j}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$f_2(j)$	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
$P_{3,j}$	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
$f_3(j)$	0	15	30	50	65	80	100	115	130	150	165

Strategia optymalna ma zatem postać:

$$\begin{aligned}
 x_3 &= P_{3,10} = 3 \\
 m &= W - w_3 x_3, & x_2 &= P_{2,m} = P_{2,1} = 1 \\
 m &= W - w_3 x_3 - w_2 x_2, & x_1 &= P_{1,m} = P_{1,0} = 0
 \end{aligned} \tag{10}$$

Tak więc, dostawca powinien zabrać trzy przesyłki trzeciego rodzaju oraz jedną przesyłkę rodzaju pierwszego, wówczas wartość przesyłek będzie najwyższa, a ładowność samochodu dostawczego będzie maksymalnie wykorzystana.

W ogólnym przypadku, algorytm rozwiązania składa się z następujących etapów:

- etap pierwszy – wykorzystujemy wzory (4), (5),
- następne etapy – obliczamy

$$P_{i,j} = \text{int} \left(\frac{j}{w_i} \right), \quad j = 0, 1, \dots, W, \quad i = 1, 2, \dots, N \tag{11}$$

oraz

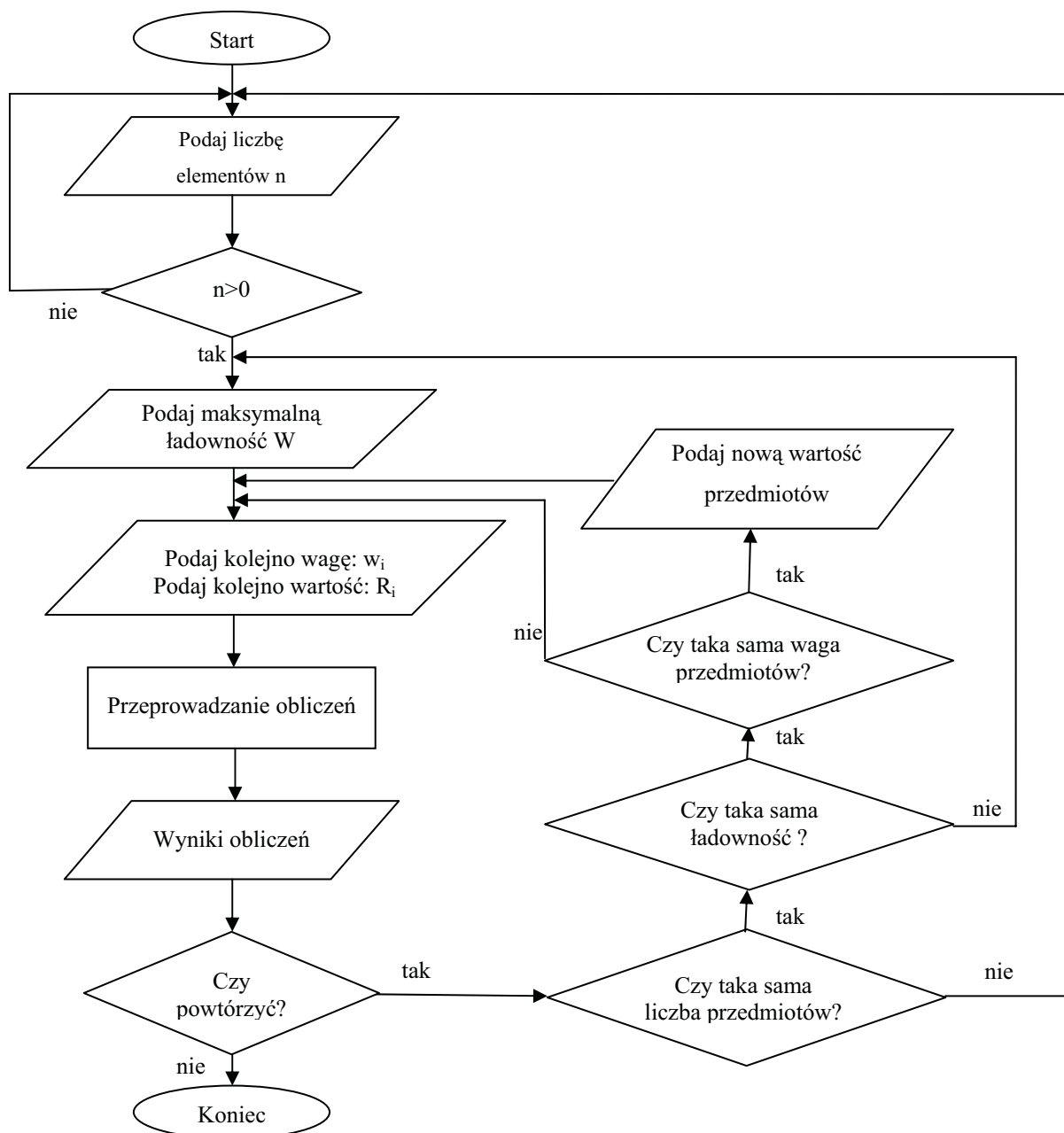
$$f_i(k) = \max_j \{ jR_i + f_{i-1}(k - jw_i) \}, \quad k = 0, 1, \dots, W, \quad j = 0, 1, \dots, k, \quad jw_i \leq k, \quad i = 2, 3, \dots, N \tag{12}$$

- strategia optymalna to

$$\begin{aligned}
 x_N &= P_{N,W} \\
 m &= W - \sum_{s=i+1}^N w_s x_s, \quad x_i = P_{i,m}, \quad i = N-1, N-2, \dots, 1
 \end{aligned} \tag{13}$$

4. Program komputerowy

Powyższy algorytm został zaimplementowany za pomocą kompilatora Dev-C++ Version 4.9.9.0. w języku C++. Na rysunku 1 pokazano schemat blokowy programu autorskiego, który rozwiązuje problem załadunku zgodnie z wcześniej przedstawionymi zasadami programowania dynamicznego.



Rys. 1. Schemat blokowy programu.

5. Wnioski

Opracowany program pozwala rozwiązać zagadnienie plecakowe za pomocą metod programowania dynamicznego, które zapewniają otrzymanie optymalnego rozwiązania. Program można rozbudować o interfejs graficzny, który umożliwi bardziej czytelne wprowadzanie danych oraz przejrzystą prezentację wyników obliczeń.

Literatura

1. Bellman R., Dreyfus S., Programowanie dynamiczne, PWE, Warszawa (1967).
2. Kaczorek T., Teoria sterowania Tom II, PWN, Warszawa (1981).
3. Siudak M., Badania operacyjne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej (1998).

MODELOWANIE ROZKŁADU TEMPERATURY W TKANCIE SKÓRNEJ PODDANEJ DZIAŁANIU LASERA

ANDRZEJ FIZIA

Automatyka i Robotyka, AB3, 5 rok

Opiekun naukowy: prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak



Streszczenie. Artykuł dotyczy modelowania zjawisk cieplnych zachodzących w tkance skórnej poddanej działaniu lasera. Przedstawiono matematyczny opis procesu nagrzewania tkanki wywołanego laserem, algorytm rozwiązania za pomocą metody różnic skończonych oraz krótkie omówienie autorskiego programu komputerowego służącego do wyznaczania rozkładu temperatury. Pokazano przykładowe wyniki obliczeń.

1. Wprowadzenie

Lasery posiadają trzy ważne własności, które odróżniają je od tradycyjnych źródeł światła, a mianowicie: monochromatyczność, kierunkowość i możliwość działania w trybie impulsowym [1]. Od 1960 roku próbuje się wykorzystać te cechy w medycynie. Pod wpływem działania lasera na tkankę biologiczną pojawiają się efekty cieplne. Oddziaływanie lasera na tkankę prowadzi do jej denaturacji lub miejscowego zniszczenia. Odpowiednio dobrane parametry lasera (długość fali, moc, czas i tryb emisji, profil wiązki, średnica plamki świetlnej) umożliwiają kontrolowane leczenie lub miejscową destrukcję tkanki. Działanie cieplne wiązki laserowej może być opisane jako jeden z trzech typów, zależnych od stopnia i czasu trwania ogrzewania tkanki: *przegrzanie (hipertermia)* oznacza umiarkowany wzrost temperatury tkanki o kilka stopni, odpowiadający zakresowi od 41°C do 44°C, który trwa kilkadziesiąt minut; *koagulacja (ścinanie)* oznacza nieodwracalną martwicę tkanki, następuje gdy temperatura tkanki osiąga wartość od 50°C do 100°C i stan ten trwa kilka sekund; *parowanie (ulatnianie się)* oznacza utratę materiału, różne składniki tkanki znikają przez spalanie w temperaturze powyżej 100°C, w stosunkowo krótkim czasie (około 1/10s).

2. Model matematyczny przepływu ciepła w tkance skórnej

Do opisu przepływu ciepła w tkance zastosowano równanie Cattaneo-Vernotte'a [2]

$$0 < x < L: \quad c\rho \left[\tau \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial t^2} + \frac{\partial T(x,t)}{\partial t} \right] = \lambda \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} + Q(x,t) + \tau \frac{Q(x,t)}{\partial t} \quad (1)$$

gdzie T jest temperaturą, x - współrzędną geometryczną, t - czasem. Parametr τ [s] nazywa się czasem relaksacji, $Q(x, t)$ oznacza składnik źródłowy. Założymy, że parametry termofizyczne tkanki: λ [W/(m K)] - współczynnik przewodzenia ciepła, c [J/(kg K)] - ciepło właściwe, ρ [kg/m³] - gęstość, są stałe. Rozpatrywać będziemy zadanie jednowymiarowe, czyli warstwę tkanki skórnej o grubości L [m].

Funkcja źródła $Q(x, t)$ jest sumą składnika związanego z perfuzją (przepływem) krwi w tkance $Q_{perf}(x, t)$, metabolizmem $Q_{met}(x, t)$ oraz oddziaływaniem lasera $Q_{las}(x, t)$ na powierzchnię tkanki

$$Q(x, t) = Q_{perf}(x, t) + Q_{met}(x, t) + Q_{las}(x, t) \quad (2)$$

Składnik perfuzyjny wyznacza się z zależności

$$Q_{perf}(x,t) = G_B \rho_B c_B [T_B - T(x,t)] \quad (3)$$

gdzie G_B [m^3 krwi/ $(m^3$ tkanki s) = 1/s] jest prędkością perfuzji krwi, c_B [J/(kg K)] - ciepłem właściwym krwi, ρ_B [kg/m^3] - gęstością krwi, T_B [$^{\circ}C$] - temperaturą krwi w aorcie. Zazwyczaj parametry te przyjmuje się jako stałe.

Składnik metaboliczny Q_{met} również przyjmuje się jako stały, zależny jednak od warunków, w jakich znajduje się organizm (spoczynek, ruch, zimno).

Postać składnika źródłowego Q_{las} opisującego oddziaływanie lasera na powierzchnię tkanki jest ściśle związana z rodzajem lasera i przyjętym modelem opisu tego zjawiska. W tej pracy przyjęto:

a) model odpowiadający laserom o krótkim impulsie (Nd:YAG - 200 ns, laser diodowy - 1.3 ps) [2]

$$Q_{las}(x,t) = \sqrt{\frac{\beta}{\pi}} \frac{1-R}{t_p \delta} I_0 \exp\left[-\frac{x}{\delta} - \beta \frac{(t-2t_p)^2}{t_p^2}\right] \quad (4)$$

b) model odpowiadający laserom o działaniu ciągłym [3]

$$Q_{las}(x) = \mu_a I_0 \exp[-\mu_a x] \quad (5)$$

gdzie I_0 [W/m^2] jest intensywnością lasera, czyli stosunkiem energii całkowitej uzyskanej przez impuls lasera do powierzchni przekroju wiązki lasera, t_p [s] - czasem charakterystycznym impulsu lasera, δ [m] - głębokością absorpcji, R - refleksyjnością powierzchni, $\beta = 4 \ln 2$, μ_a [$1/m^2$] - współczynnik absorpcji. Lokalna i chwilowa wartość Q_{las} wynika z odległości x między powierzchnią tkanki a rozpatrywanym punktem.

Równanie (1) należy uzupełnić warunkami brzegowymi. Na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni tkanki zakłada się warunek Neumanna w postaci

$$x = 0 \quad i \quad x = L: \quad q(x,t) = -\lambda \vec{n} \frac{\partial T(x,t)}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

gdzie q jest strumieniem ciepła, \vec{n} - wektor normalny do powierzchni.

Przyjęto następujące warunki początkowe

$$t = 0: \quad T(x,t) = T_p, \quad \left. \frac{\partial T(x,t)}{\partial t} \right|_{t=0} = 0 \quad (7)$$

gdzie T_p jest stałą temperaturą początkową tkanki.

3. Rozwiązanie zadania metodą różnic skończonych

Metoda różnic skończonych (MRS) jest metodą przybliżoną, polegającą na zastąpieniu pochodnych występujących w równaniu różniczkowym odpowiednimi ilorazami różnicowymi [4]. Jest ona bardzo często stosowana w praktyce.

Pierwszym etapem MRS jest dyskretyzacja czasu i rozpatrywanego obszaru. Siatkę geometryczną i siatkę czasu tworzy dyskretny zbiór punktów. W tej pracy zastosowano siatkę o stałym kroku (h , Δt - stałe). Do aproksymacji pochodnych występujących w równaniu (1), warunkach brzegowych (6) i warunkach początkowych (7) wykorzystano ilorazy różnicowe powstałe z rozwinięcia funkcji $T(x, t)$ w szereg Taylora z dokładnością do trzech składników dla drugiej pochodnej oraz dwóch składników dla pierwszej pochodnej. Kolejnym etapem było zastąpienie pochodnych w równaniu (1) odpowiednimi ilorazami różnicowymi,

a następnie uporządkowanie składników. Po tych przekształceniach otrzymano równanie, z którego można wyznaczyć temperatury T_i^f w węzłach x_i siatki różnicowej

$$\left[\frac{c\rho\tau}{(\Delta t)^2} + \frac{c\rho}{\Delta t} + \frac{\tau G_B \rho_B c_B}{\Delta t} \right] T_i^f = \left[\frac{2c\rho\tau}{(\Delta t)^2} + \frac{c\rho}{\Delta t} + \frac{\tau G_B \rho_B c_B}{\Delta t} - \frac{2\lambda}{h^2} - G_B \rho_B c_B \right] T_i^{f-1} - \frac{c\rho\tau}{(\Delta t)^2} T_i^{f-2} + \lambda \frac{T_{i-1}^{f-1} + T_{i+1}^{f-1}}{h^2} + G_B \rho_B c_B T_B + Q_{met} + Q_{las}(x_i, t^{f-1}) + \tau \frac{\partial Q_{las}(\xi, t)}{\partial t} \Big|_{t=t^{f-1}} \quad (8)$$

dla $i = 0, 1, 2, \dots, n$ oraz $f = 2, 3, \dots, F$.

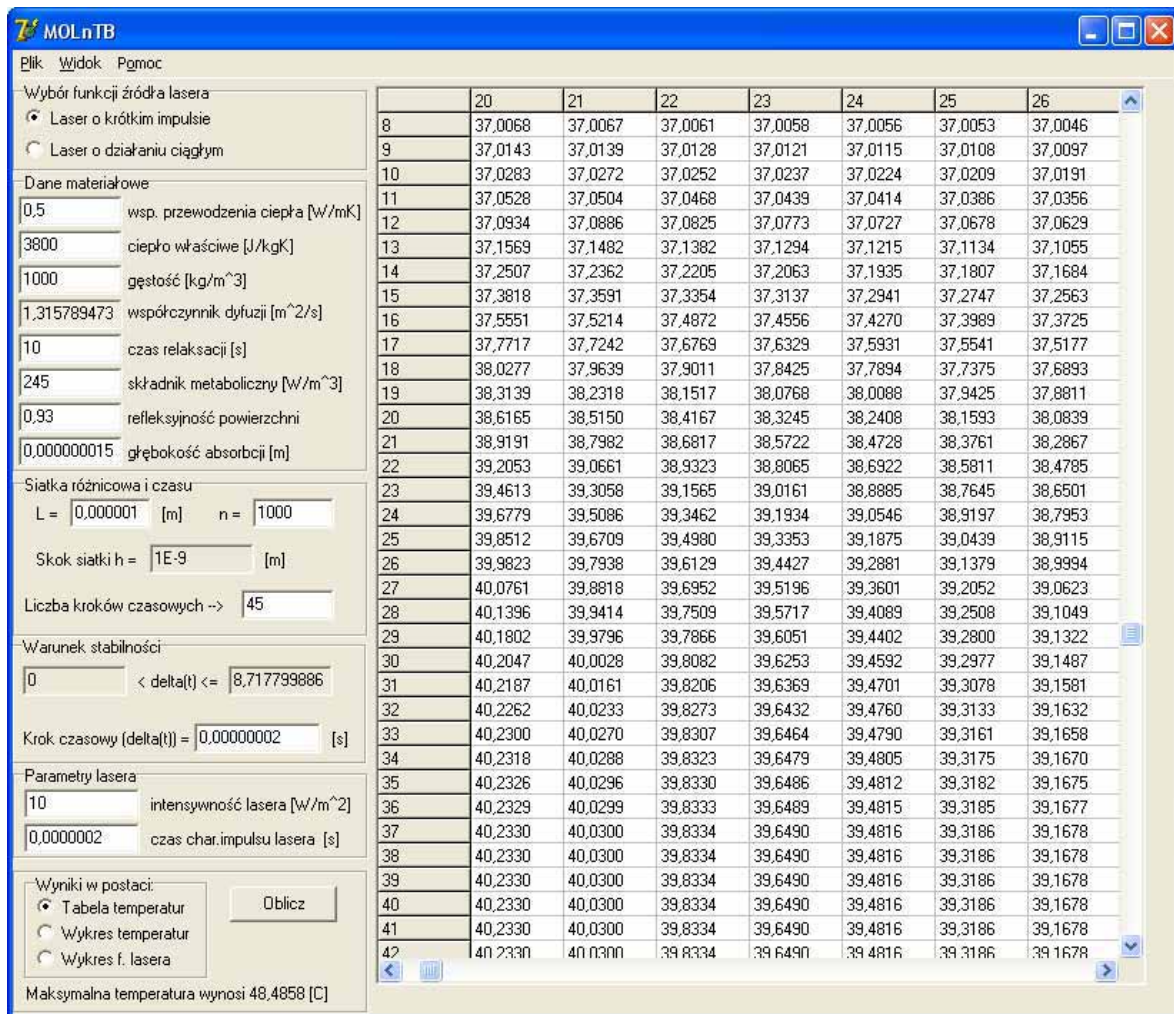
Ponieważ zastosowano schemat jawny metody różnic skończonych, musi być więc spełniony warunek stabilności, który w tym przypadku ma postać

$$-(2\lambda + G_B \rho_B c_B h^2)(\Delta t)^2 + (c\rho h^2 + \tau G_B \rho_B c_B h^2)\Delta t + 2c\rho\tau h^2 \geq 0 \quad (9)$$

Rozwiązanie nierówności kwadratowej (9) pozwala wyznaczyć dopuszczalny krok czasu Δt .

4. Program komputerowy

Autorski program komputerowy MOLnTB pozwala obliczać rozkłady temperatury w tkance skórnej poddanej działaniu lasera. Użytkownik może wybrać typ lasera: laser o krótkim impulsie (por. wzór (4)) lub laser o działaniu ciągłym (por. wzór (5)).

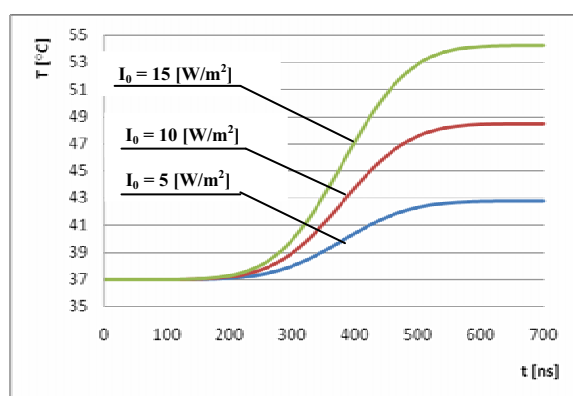


Rys. 1. Interfejs programu MOLnTB

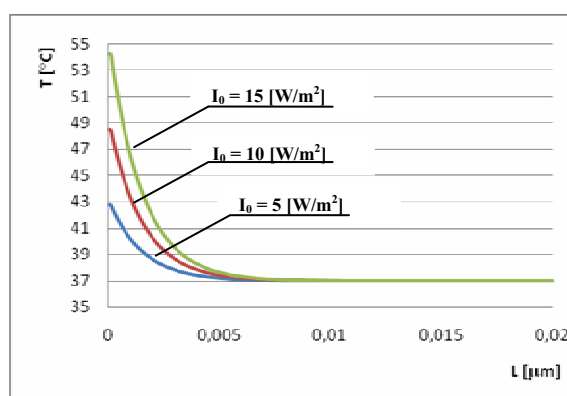
Przyjazny interfejs programu (rys. 1) ułatwia wprowadzanie oraz modyfikację danych, daje możliwości wyświetlania wyników w postaci tabeli oraz dynamicznych wykresów, pozwala także na graficzną wizualizację funkcji źródła lasera. Użytkownik może dokonać wstępnej analizy otrzymanych wyników w programie, a dokładną analizę może przeprowadzać w programach kalkulacyjnych, dzięki możliwości zapisywania wyników do pliku *.csv.

5. Przykład obliczeń

W przykładzie obliczeń przyjęto następujące wartości parametrów tkanki skórnej: $\lambda = 0.5$ [W/(m K)], $c = 3800$ [J/(kg K)], $\rho = 1000$ [kg/m³], $G_B = 0.005$ [1/s], $T_B = 37$ [°C], $c_B = 3800$ [J/(kg K)], $\rho_B = 1060$ [kg/m³], $\tau = 10$ [s], $Q_{met} = 245$ [W/m³]. Wyniki obliczeń przedstawione na rysunkach 2 i 3 dotyczą działania lasera o krótkim impulsie, dla którego założono $t_p = 200$ [ns], $\delta = 15$ [nm] oraz $R = 0.93$. Obliczenia przeprowadzono dla $L = 1$ [μm], $n = 1000$ oraz $\Delta t = 20$ [ns].



Rys. 2. Rozkład temperatury dla różnych wartości I_0 po czasie $t = 0.9$ [μs]



Rys. 3. Krzywe nagrzewania dla różnych wartości I_0 – powierzchnia skóry

6. Wnioski

Program MOLnTB pozwala w krótkim czasie przeprowadzić analizę wpływu parametrów lasera na stopień nagrzania tkanki skórnej. Z krzywych nagrzewania przedstawionych na rysunku 2 można wywnioskować, że wzrost intensywności lasera I_0 powoduje zwiększenie temperatury, ale nie zmianę głębokości oddziaływania. Można też zauważyć, że dla takich parametrów lasera jego działanie jest powierzchniowe i ciepło praktycznie nie przenika w głąb skóry. Z kolei z rysunku 3 wynika, że wyraźna zmiana temperatury następuje dopiero po czasie równym czasowi impulsu lasera i bez względu na wartość I_0 po takim samym czasie następuje stabilizacja temperatury. Dla $I_0 = 5$ i $I_0 = 10$ [W/m²] dochodzi do przegrzania powierzchni tkanki, a dla $I_0 = 15$ [W/m²] nastąpi koagulacja naskórka.

Literatura

1. http://www3.univ-lille2.fr/safelase/english/tiss_en.html
2. Jaunich M., Raje S., Kim K., Mitra K., Guo Z., Bio-heat transfer analysis during short pulse laser irradiation of tissue, International Journal of Heat and Mass Transfer, 51, 2008, pp. 5511-5521.
3. Amara E.H., Numerical investigations on thermal effects of laser-ocular media interaction, International Journal of Heat and Mass Transfer, 38, 13, 1995, pp. 2479-2488
4. Majchrzak E., Mochnecki B., Metody numeryczne. Podstawy teoretyczne, aspekty praktyczne i algorytmy. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2004.

METODA ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH I RÓŻNIC CENTRALNYCH W ANALIZIE PROPAGACJI FALI PODŁUŻNEJ W PRĘCIE

SZYMON GŁOWACKI

Edukacja Techniczno-Informatyczna, EC3, 5 rok

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Piotr Fedeliński, Prof. Pol. Śląskiej,
mgr inż. Jacek Ptaszny



Streszczenie. W artykule przedstawiono algorytm obliczeń, który przy wykorzystaniu metody elementów skończonych i różnic centralnych pozwala na wyznaczenie przemieszczeń węzłów pręta rozciąganego w kolejnych krokach czasowych. Przedstawiono przykład numeryczny pręta obciążonego dynamicznie.

1. Sformułowanie równania ruchu pręta metodą elementów skończonych

Metoda Elementów Skończonych jest to zaawansowana matematycznie metoda obliczeń numerycznych opierająca się na podziale obszaru (tzw. dyskretyzacja), najczęściej powierzchni lub przestrzeni, na skończone elementy uśredniające stan fizyczny ciała i przeprowadzaniu obliczeń tylko dla węzłów tego podziału.

Równanie ruchu pręta utworzone metodą elementów skończonych ma postać [1]:

$$[M][\ddot{D}] + [C][\dot{D}] + [K][D] = \{R\} \quad (1)$$

gdzie:

[M] - macierz bezwładności układu elementów skończonych,

[C] - macierz tłumienia układu elementów skończonych,

[K] - macierz sztywności układu elementów skończonych,

$\{\ddot{D}\}$ - macierz przyspieszeń węzłów,

$\{\dot{D}\}$ - macierz prędkości węzłów,

$\{D\}$ - macierz przemieszczeń węzłów,

$\{R\}$ - macierz sił przyłożonych w węzłach.

Macierz sztywności elementu prętowego ma postać [2]:

$$[K^e] = \frac{EA}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

gdzie:

E - moduł Younga,

A - pole powierzchni przekroju poprzecznego elementu,

l - długość elementu.

Następnie uzyskaną macierz sztywności dla elementu umieszczamy wzdłuż głównej przekątnej macierzy sztywności [K] dodając pokrywające się wartości (rys. 1).

$$[K^e] = \frac{EA}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[K] = \frac{EA}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 & & & \\ -1 & 2 & -1 & & \\ & -1 & 2 & -1 & \\ & & -1 & 2 & -1 \\ & & & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Rys. 1. Tworzenie macierzy sztywności dla podziału jednorodnego pręta o stałym przekroju na 4 elementy

Podobnie postępujemy w celu wyznaczenia macierzy [M], rozpoczynamy od wyznaczenia macierzy bezwładności dla pojedynczego elementu:

$$[M^e] = \frac{\rho Al}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

gdzie:

ρ - gęstość materiału.

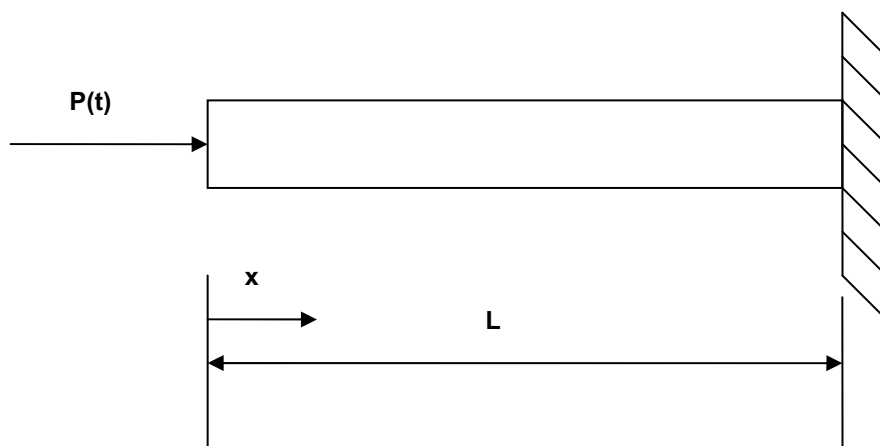
Analogicznie jak dla macierzy [K], umieszczamy uzyskaną macierz bezwładności dla elementu wzdłuż głównej przekątnej macierzy bezwładności [M] (rys. 2).

$$[M^e] = \frac{\rho Al}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[M] = \frac{\rho Al}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & & & \\ 0 & 2 & 0 & & \\ & 0 & 2 & 0 & \\ & & 0 & 2 & 0 \\ & & & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Rys. 2. Tworzenie macierzy bezwładności dla podziału jednorodnego pręta o stałym przekroju na 4 elementy

2. Pręt obciążony dynamicznie



Rys. 3. Pręt obciążony dynamicznie

Program analizuje pręt o utwierdzeniu stałym jednego z końców, gdy do drugiego przyłożona jest siła $P(t)$ skierowana wzdłuż pręta (rys. 3). Analiza obejmuje pręt o długości L wykonany z materiału jednorodnego o znanych własnościach materiałowych.

3. Rozwiązanie równania ruchu metodą różnic centralnych

Metoda różnic centralnych polega na zastąpieniu pochodnych przemieszczeń ze względu na czas w równaniu ruchu równaniami aproksymującymi prędkość i przyspieszenie, jak poniżej

$$\{\dot{D}\}_n = \frac{1}{2\Delta t} (\{D\}_{n+1} - \{D\}_{n-1}) \quad (4)$$

$$\{\ddot{D}\}_n = \frac{1}{\Delta t^2} (\{D\}_{n+1} - 2\{D\}_n + \{D\}_{n-1}) \quad (5)$$

gdzie:

- $\{D\}_{n-1}$ - macierz przemieszczeń w kroku czasowym $n-1$,
- $\{D\}_{n+1}$ - macierz przemieszczeń w kroku czasowym $n+1$,
- $\{\dot{D}\}_n$ - macierz prędkości w kroku czasowym n ,
- $\{\ddot{D}\}_n$ - macierz przyspieszeń w kroku czasowym n ,
- Δt - krok czasowy

Wstawiając równania (4) i (5) do równania ruchu(1) ułożonego dla chwili n otrzymujemy:

$$\left[\frac{1}{\Delta t^2} M + \frac{1}{2\Delta t} C \right] \{D\}_{n+1} = \{R^{ext}\}_n - [K]\{D\}_n + \frac{1}{\Delta t^2} [M](2\{D\}_n - \{D\}_{n-1}) + \frac{1}{2\Delta t} [C]\{D\}_{n-1} \quad (6)$$

Równanie (5) jest warunkowo stabilne dla:

$$\Delta t \leq \frac{2}{\omega_{max}} \quad (7)$$

Jeżeli warunek (6) nie będzie spełnione wtedy wyniki obliczeń będą niestabilne.

W kroku czasowym $n=0$ konieczne jest określenie $\{D\}_{n-1}$. Możemy otrzymać je

wykorzystując warunki początkowe $\{D\}_0$ i $\{\dot{D}\}_0$ oraz równanie:

$$\{D\}_{-1} = \{D\}_0 - \Delta t \{\dot{D}\}_0 + \frac{\Delta t^2}{2} \{\ddot{D}\}_0 \quad (8)$$

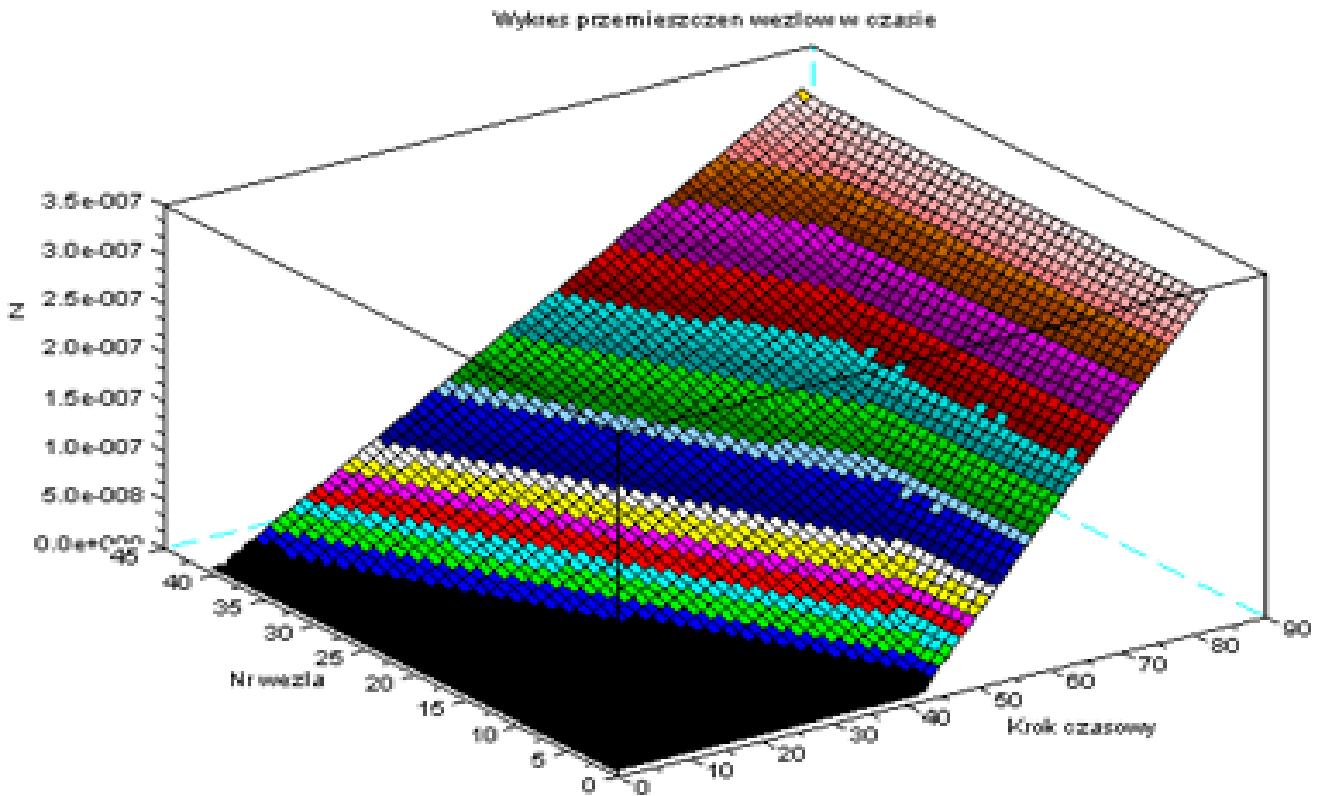
$\{\ddot{D}\}_0$ otrzymujemy z równania ruchu, w chwili początkowej:

$$\{\ddot{D}\}_0 = [M]^{-1} \left(\{R^{ext}\}_0 - [K]\{D\}_0 - [C]\{\dot{D}\}_0 \right) \quad (9)$$

4. Analiza propagacji fali w pręcie

W programie przeprowadzono analizę pręta o długości 0,5 [m], polu przekroju poprzecznego $6.25 \cdot 10^{-3} [m^2]$ oraz gęstości $7830 [kg/m^3]$. Analizy dokonano przy podziale pręta na 40 elementów, liczba kroków czasowych wynosiła 83 a wartość kroku czasowego ustalono na $2.383 \cdot 10^{-6}$. Numerowanie węzłów przyjęto od 0 dla końca stale utwierdzonego do 40 dla końca do którego przyłożona została siła w funkcji Heaviside'a o wartości 448 [N].

Dla przyjętych danych do analizy uzyskano wyniki przedstawione na wykresie (rys. 4).



Rys. 4. Wykres przemieszczeń poszczególnych węzłów w kolejnych krokach czasowych

Literatura

1. Rakowski G., Kacprzyk Z., Metoda Elementów Skończonych w Mechanice Konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1993.
2. Szmelter J., Metody komputerowe w mechanice, PWN, Warszawa, 1980.

APLIKACJA WSPOMAGAJĄCA PLANIMETRIĘ RAN NA PODSTAWIE TERMOGRAMÓW

MICHAŁ HIRSZ

Edukacja Techniczno-Informatyczna, EC3, 5 rok
Opiekunowie naukowci: prof. dr inż. Ewa Majchrzak,
dr inż. Mirosław Dziewoński



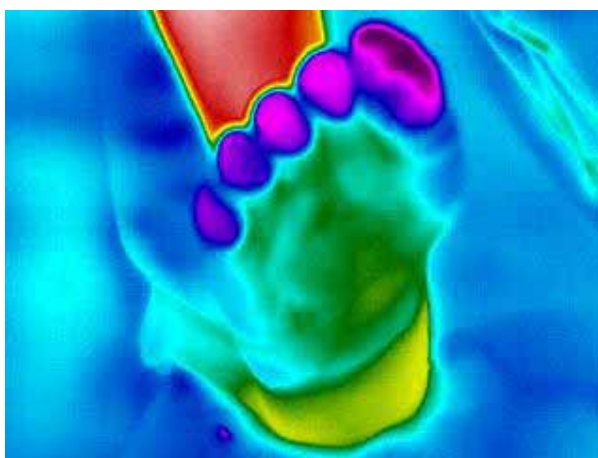
Streszczenie. W artykule opisano zagadnienia związane z termografią oraz proces działania aplikacji służącej do analizy zdjęć z kamery termowizyjnej. Aplikacja umożliwia odczyt temperatury wskazanego miejsca na termogramie oraz obliczenie powierzchni o tej samej temperaturze, w określonym obszarze badanym przez użytkownika. Jest to bardzo pomocne w diagnostyce ran oparzeniowych, przy ocenie obszarów oparzenia oraz przy analizie gojenia się ran. Dysponując odpowiednio czułą kamerą termowizyjną otrzymujemy wyniki umożliwiające wskazanie, czy dany obszar badanej rany uległ zmianom.

1. Termografia

Termografia (termowizja) jest to proces obrazowania w paśmie średniej podczerwieni (długości fali od ok. 900 do 1400 nm). Opiera się na znanym zjawisku fizycznym polegającym na emitowaniu fal elektromagnetycznych przez każde ciało o temperaturze wyższej niż zero bezwzględne. Promieniowanie to nazywane jest ze względu na długość fali promieniowaniem podczerwonym, a ze względu na właściwości promieniowaniem cieplnym. Intensywność promieniowania cieplnego jest proporcjonalna do temperatury ciała. Proces ten pozwala na rejestrację promieniowania cieplnego emitowanego przez ciała fizyczne w przedziale temperatur spotykanych w warunkach codziennych, bez konieczności oświetlania ich zewnętrznym źródłem światła oraz, dodatkowo, na dokładny pomiar temperatury tych obiektów.

Zakres zastosowań termowizji jest ogromny. Najczęściej jest ona stosowana w wojsku, medycynie i badaniach naukowych, rzadziej w życiu codziennym, w naszej pracy lub w domu, ze względu na wysoki koszt urządzeń. Termografia ma zastosowanie wszędzie tam gdzie występowanie różnych nieprawidłowości maszyn, urządzeń lub budynków może objawić się zmianą rozkładu temperatur na ich powierzchni.

Nowoczesna kamera termowizyjna pozwala identyfikować różnice w gradientach temperatur z bardzo wysoką precyzją, która oscyluje na poziomie setnych części stopnia. Tym samym można określić niezauważalne inną metodą różnice struktury a także strumienie ciepłe i nie tylko ciepłe, zarówno na powierzchni, jak i pod powierzchnią często pozornie jednorodnego materiału.



Rys. 1. Zdjęcie z kamery termowizyjnej

Możemy rozróżnić dwie metody termografii:

- pasywną,
- aktywną.

Pierwsza z nich jest bardziej popularna oraz częściej stosowana w praktyce, gdyż nie powoduje ingerencji z zewnątrz. Polega wyłącznie na rejestracji stanu istniejącego.

Druga z nich, aktywna, wymaga zastosowania wzbudzenia obiektu sygnałem cieplnym lub np. akustycznym, a następnie na wyznaczeniu termogramów opisujących zmiany temperatury w zależności od czasu. W zasadzie jej praktyczne aplikacje wykraczają poza typowe pomiary inżynierskie i związane są przede wszystkim z badaniami naukowymi.

2. Budowa kamery termowizyjnej

W skład kamery termowizyjnej wchodzi (rys. 2):

- detektor IR podczerwieni lub zespół w postaci matrycy,
- układ chłodzenia,
- układ optyczny obejmujący filtry i obiektyw,
- układ przetwarzania sygnału, czyli elektroniczne torę wzmocnienia i obróbki sygnału, które służą do analizy i rejestracji,
- system wizualizacji, którym najczęściej jest monitor LCD.



Rys.2. Kamera termowizyjna

Głównym elementem takiej kamery jest zastosowany układ detektorów podczerwieni. Czynnikiem decydującym o jakości uzyskiwanych obrazów, możliwościach zastosowań, gabarytach i cenie jest poziom ich doskonałości. Zasadniczo detektory podczerwieni mogą być typu termicznego lub fotonowego: pojedyncze, liniowe bądź matrycowe. Współcześnie detektory promieniowania podczerwonego stosowane w kamerach termowizyjnych posiadają stałą, dwuwymiarową (2D) matrycę zbudowaną z tzw. mikrobolometrów. Ich liczba oraz wymiary decydują o rozdzielczości i czułości kamery. Typowa matryca w kamerze termowizyjnej (FPA) zawiera 320x240 pojedynczych detektorów czyli pikseli.

3. Rany oparzeniowe - sposoby badania, wykorzystanie analizatora termogramów

W diagnostyce oparzeń, mimo wielu prób i wysiłków nie opracowano obiektywnej, nieinwazyjnej metody klasyfikacji oparzeń. Możemy wyróżnić w medycynie kilka podstawowych metod badania i oceny powierzchni ran oparzeniowych, takich jak: reguła dziewiątek Wallace'a, reguła dłoni, reguła piątek, czy też metody tabularyczno-diagramowe. Pierwsze trzy z wymienionych metod pozwalają na orientacyjną ocenę powierzchni ran u badanego pacjenta. Ostatnia z wymienionych metod wykorzystuje gotowe tabele i diagramy zawierające informacje o dokładnej powierzchni różnych części ciała u osób w poszczególnych grupach wiekowych, co pozwala na dokładniejszą ocenę powierzchni ran.

Niniejsza praca ma na celu określenie możliwości zastosowania metod termografii w diagnostyce ran oparzeniowych i monitorowania postępów leczenia oparzeń.

Dysponując termogramem rany możemy, dzięki stworzonej aplikacji, wyznaczyć temperaturę wskazanego przez nas miejsca na zdjęciu oraz obliczyć powierzchnię, jaka obejmuje ciało w podanym zakresie temperatur. Często zdarza się, iż leczenie takich ran przebiega bardzo długo, przez co lekarz nie ma możliwości dokładnej oceny, czy nastąpiły postępy w leczeniu, bądź, co gorsza, czy rana się rozrosła. Porównując wyniki badania rany

na podstawie termogramów mamy możliwość dokładnego stwierdzenia postępów w leczeniu, widząc czy w badanym obszarze ciała zaszły jakiegokolwiek zmiany.

4. Analizator termogramów – opis działania

Zadaniem utworzonej aplikacji (rys. 3) jest obliczanie powierzchni rany o wskazanym przedziale temperatur.

Pracę z aplikacją rozpoczynamy od wczytania termogramu zapisanego wcześniej w bezstratnym formacie zapisu plików graficznych (*BMP*) z określoną skalą barwną. Każda barwa w skali odpowiada określonej temperaturze zarejestrowanej w termogramie. Należy tu zaznaczyć, że skala barwna jest definiowana dynamicznie, tzn. cały jej zakres „rozciągany” jest od minimalnej wartości zarejestrowanej temperatury do wartości maksymalnej. Z tego względu, po wczytaniu termogramu, użytkownik powinien podać zakres temperatur, w jakich dane „zdjęcie” zostało wykonane, czyli maksymalną i minimalną temperaturę, jaka została zarejestrowana. Jeżeli tego nie uczyni, program domyślnie przydzieli zakres temperatur od 10°C do 30°C lecz wtedy odczytywane temperatury będą najprawdopodobniej zafałszowane.

Przy ocenie postępu gojenia się rany, bezwzględne wartości temperatur mają znaczenie drugoplanowe. Najważniejsza jest różnica temperatur pomiędzy tkanką zdrową, a chorą. Niższa temperatura tkanki chorej świadczy o mniejszej perfuzji krwi i możliwości występowania martwicy, wyższa – o powstaniu stanu zapalnego, który jest bardzo częstym powikłaniem podczas leczenia oparzeń i ran przewlekłych.

Po wczytaniu termogramu i podaniu przez użytkownika zakresu temperatur, następuje odczytanie wszystkich barw z palety kolorów zamieszczonej w programie i przyporządkowanie każdej barwie określonej temperatury, z uwzględnieniem podanego wcześniej zakresu.

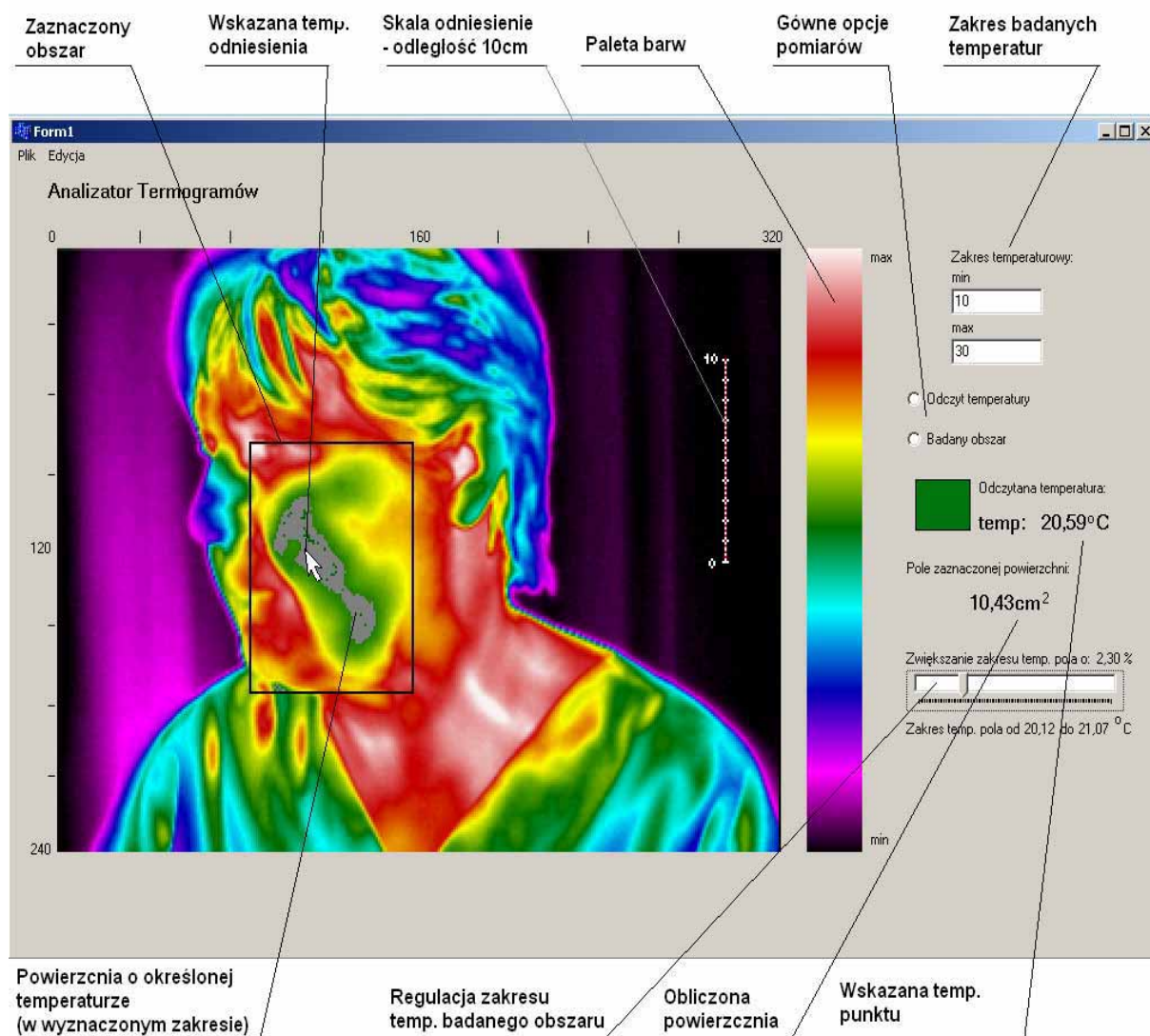
Następnie użytkownik ma możliwość wskazania dowolnego punktu termogramu i odczytania jego temperatury. Odczytywane są wtedy wartości składowych RGB wybranego punktu i porównane z zamieszczoną w programie paletą barw. Program odszukuje odczytany kolor w palecie i na tej podstawie przyporządkowuje mu określoną temperaturę. Wartość odczytanej temperatury zostaje wyświetlona na ekranie w stopniach Celsjusza z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

W drugim etapie pracy z programem, użytkownik ma możliwość zaznaczenia prostokątnego obszaru, który będzie podlegał szczegółowej analizie. Po wybraniu tej opcji pomiar temperatury będzie dokonywany tylko w obszarze zaznaczonego prostokąta.

Po wskazaniu punktu w wyznaczonym wcześniej obszarze, program sprawdza piksel po pikselu termogram i zaznacza wszystkie miejsca mające tę samą temperaturę kolorem szarym.

Dla zaznaczonego obszaru program oblicza pole powierzchni. Jednak zanim tego dokona, musimy zaznaczyć układ odniesienia, który zdeterminuje nam powierzchnię jednego piksela. Inaczej mówiąc, musimy wskazać na badanym termogramie, ile pikseli zawiera się w jednym centymetrze badanego obszaru. Dokonujemy tego wskazując myszą odpowiednią odległość na termogramie. W zależności od tego, w jakiej odległości wykonano zdjęcie, użytkownik może zaznaczyć 1cm, 5cm lub 10cm. Dzięki temu pomiar powierzchni będzie dokładny. Program wczytuje wskazane pozycje kursora i na tej podstawie oblicza, ile pikseli przypada na 1cm, a tym samym wyznacza długość boku jednego piksela. Umożliwia nam to obliczenie jego powierzchni. Program zlicza wszystkie piksele o szarym kolorze, znajdujące się w zaznaczonym obszarze, i na tej podstawie oblicza jego powierzchnię. Wynik wyświetlony zostaje w centymetrach kwadratowych z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

Program umożliwia również wyznaczanie obszaru pikseli dla danego przedziału temperatur. Możemy go zmieniać w zakresie +/- 10% temperatury wskazanego punktu.



Rys.3. Główne okno programu – opis

Literatura

1. Górski J., Nowoczesne narzędzie diagnostyki cieplnej cz.2, Świat szkła 10/08.
2. Shelley Powers , Grafika w Internecie, Helion, Gliwice 2009
3. <http://eleko.pl>
4. Jabłońska S., Majewski S., Choroby skóry i choroby przenoszone drogą płciową, PZWL, Warszawa 2005
5. Nowakowski A. red., Postępy Termografii – aplikacje medyczne, Wydawnictwo Gdańskie, Gdańsk 2001

GRIDY OBLICZENIOWE, INSTALACJA I WERYFIKACJA POPRAWNOŚCI DZIAŁANIA

JAKUB KIELTYKA

Edukacja Techniczno – Informatyczna, EC3, 5 rok

Opiekunowie naukowci: prof. dr hab. inż. Tadeusz Burczyński,
dr inż. Wacław Kuś



Streszczenie. Artykuł dotyczy gridów obliczeniowych. Wyjaśniona została zasada ich działania oraz omówiona architektura gridowa. W ramach pracy wykonano przykładowy grid obliczeniowy oparty o środowisko Unicore 6.0 oraz klaster z oprogramowaniem Oscar. Zostało zainstalowane oprogramowanie do obliczeń równoległych metodą elementów skończonych (MES). Przeprowadzono przykładową analizę MES, w celu weryfikacji poprawności instalacji i działania gridu.

1. Wprowadzenie

Nazwa „computational grid” powstała od określenia „power grid” (sieć elektryczna). Poprzez analogię, dostęp do zasobów gridu komputerowego powinien być tak łatwy jak dostęp do elektryczności z sieci elektrycznej. Grid jest to system, który integruje i zarządza zasobami udostępnionymi w ramach sieci [1].

Najpopularniejsze oprogramowanie gridowe to:

- Globus Toolkit – zbiór narzędzi napisanych w języku C oraz JAVA, ułatwiających tworzenie aplikacji rozproszonych,
- Unicore – oprogramowanie oraz zunifikowany model technologii dostępu do zasobów gridu.

Oba środowiska same z siebie nie tworzą gridu, potrzebne jest oprogramowanie do uruchamiania i zarządzania zadaniami, a także biblioteki do przetwarzania równoległego. Obecnie powszechnie stosowane są:

- Portable Batch System – system alokacji oraz kolejowania zadań, odpowiada za to gdzie i kiedy uruchomione będzie zadanie,
- biblioteka MPI (np. LAMMPI)– implementacja standardu przesyłania komunikatów między procesami (komputerami).

2. Architektura Gridu

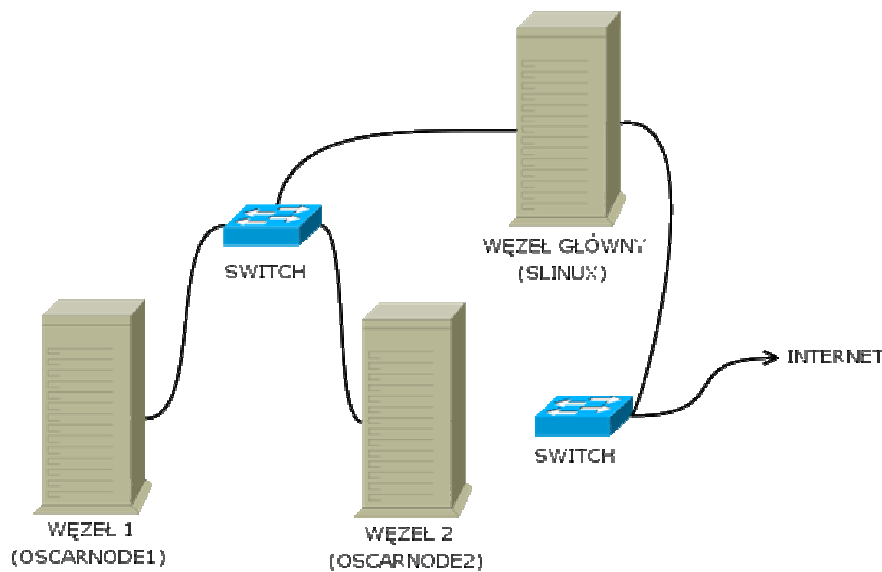
Architekturę gridów składa się z warstw, które pełnią specyficzne funkcje:

- najniższa warstwa – warstwa sieci, łącząca zasoby,
- warstwa zasobów – do tej warstwy zaliczamy cały udostępniany sprzęt czyli: komputery, magazyny danych itp.,
- warstwa pośrednia – warstwa dająca dostęp do zasobów gridu „z zewnątrz”, pod tą warstwą kryje się właściwe oprogramowanie gridowe, które widzi użytkownik końcowy,
- najwyższa warstwa – warstwa aplikacji – oprogramowanie, które udostępniamy poprzez grid.

Jak można zauważyć, im wyższa warstwa tym bardziej oddalamy się od sprzętu, a koncentrujemy na użytkowniku [2].

3. Przykładowy Grid

W ramach pracy uruchomiony został przykładowy grid komputerowy (Rys. 1).



Rys. 1. Schemat testowego gridu

Opis wykonanego gridu został rozdzielony na poszczególne warstwy, tak jak została opisana architektura gridów.

3.1. Warstwa pierwsza

Do wykonania tej warstwy zostały użyte dwa przełączniki (switche) gigabitowe firmy Planet oraz kable sieciowe łączące komputery w sieć.

3.2. Warstwa zasobów

Wykorzystano 3 komputery klasy PC:

- Węzeł główny – Compaq EVO W6000, 1GB pamięci RAM, 2 procesory INTEL XEON 1.4GHz, 2 karty sieciowe 1000Mbps (do sieci wewnętrznej oraz do połączenia z internetem),
- Węzeł 1 – Compaq EVO W6000, 512MB pamięci RAM, 2 procesory INTEL XEON 1.4GHz, 1 karta sieciowa 1000Mbps,
- Węzeł 2 – Compaq EVO W6000, 1GB pamięci RAM, 2 procesory INTEL XEON 1.4GHz, 1 karta sieciowa 1000Mbps.

Na każdym z komputerów została także wydzielona partycja wymiany (SWAP) o wielkości 10GB, w celu wspomagania pamięci RAM podczas obliczeń.

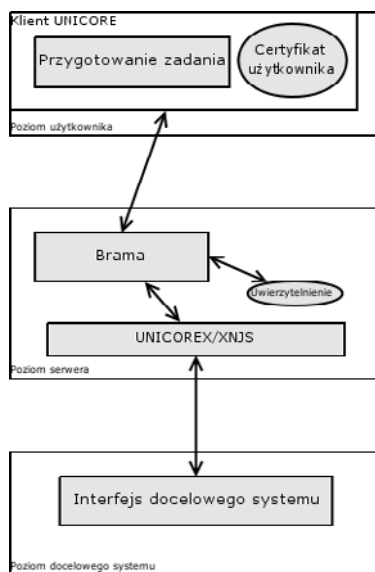
3.3. Warstwa pośrednia

Każdy z komputerów pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego Scientific Linux w wersji 4.7. Został on zainstalowany „ręcznie” na węźle głównym, a pozostałe dwa komputery zainstalowały go używając obrazu systemu pobranego z węzła głównego.

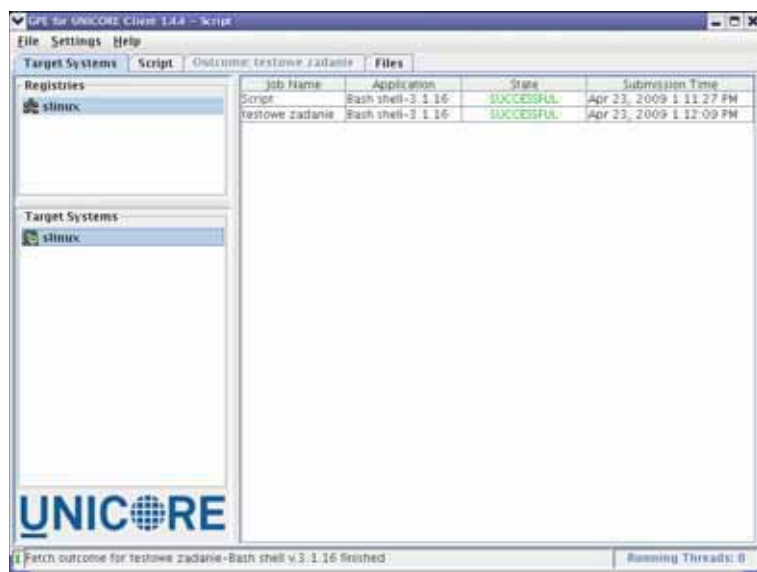
Do zarządzania zasobami klastra zostało użyte oprogramowanie OSCAR (Open Source Cluster Application Resources) [3] w wersji 5.0, najważniejsze składniki:

- Ganglia – serwer WWW oparty o oprogramowanie Apache pozwalający na monitorowanie węzłów,
- Torque – system rozdziału i alokacji zadań oparty o oprogramowanie *PBS,
- Systemimager – służy do dystrybucji systemu operacyjnego na poszczególne węzły,
- biblioteki MPI LAMMPI i MPICH.

Jako środowisko gridowe zostało użyte oprogramowanie UNICORE (UNiform Interface to COmputing REsources) w wersji 6.0. Schemat UNICORE przedstawiono na Rys. 2., a widok oprogramowania klienckiego na Rys. 3.



Rys. 2. Schemat Architektury Unicore



Rys. 3. Widok klienta Unicore

Kolejność działań podczas instalacji gridu:

- Instalacja systemu operacyjnego na węzle głównym,
- Instalacja i konfiguracja oprogramowania klastrowego OSCAR,
- Połączenie wszystkich węzłów siecią komputerową,
- Uruchomienie pozostałych węzłów,
- Instalacja i konfiguracja środowiska UNICORE,
- Wygenerowanie certyfikatu głównego serwera i certyfikatu dla testowego użytkownika.

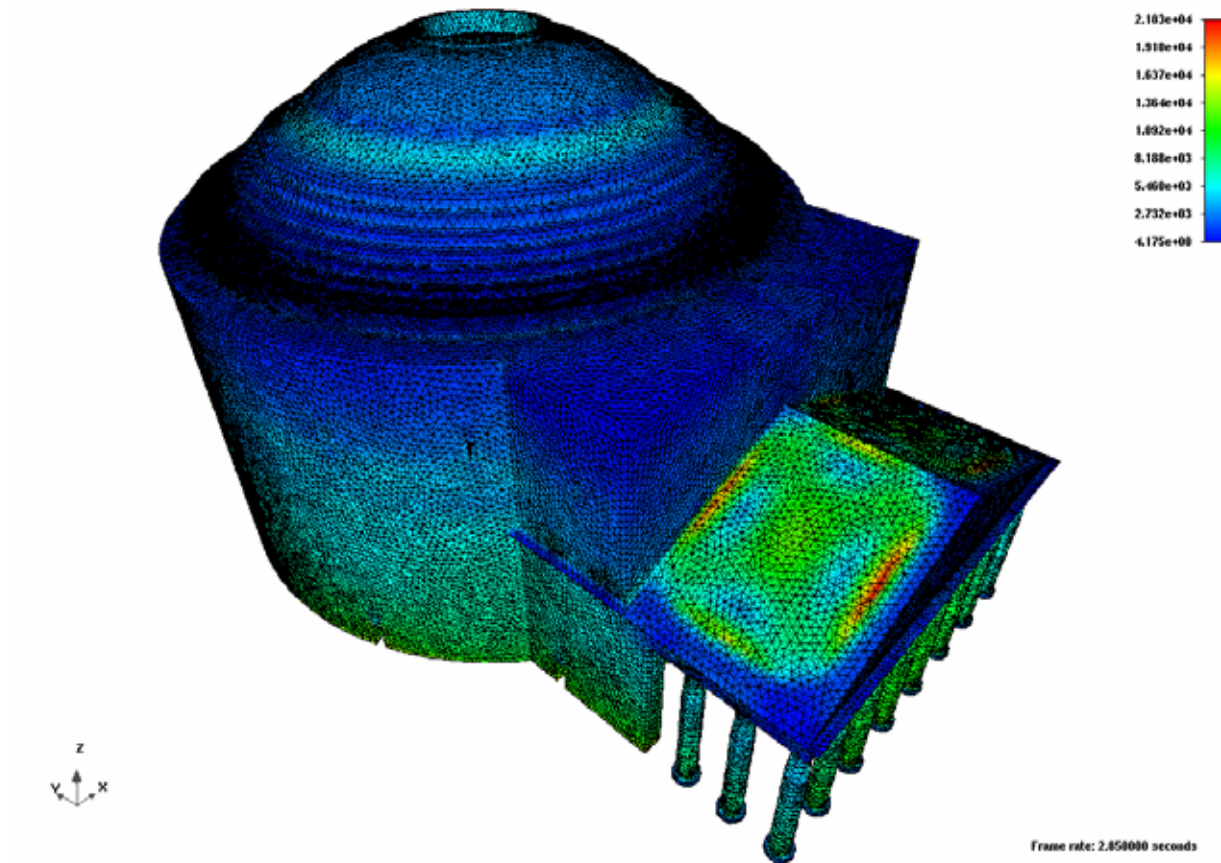
3.4. Warstwa aplikacji

Najważniejszą częścią gridu z punktu widzenia użytkownika jest ostatnia warstwa, to w niej powinny się znajdować aplikacje, dla których grid w ogóle jest tworzony. W przypadku wykonanej pracy tym oprogramowaniem był pakiet ADVENTURE (ADVanced ENgineering analysis Tool for Ultra large REal world) [4] służący do obliczeń równoległych metodą elementów skończonych.

Podstawowe moduły wchodzące w skład pakietu:

- Adventure Solid – „solver” dla analiz statycznych,
- Adventure Metis – moduł do podziału siatki na podobszary,
- Adventure IO – moduł wejścia/wyjścia i biblioteki dla całego pakietu,

- Adventure TriPatch – moduł do tworzenia powierzchni z plików formatu IGES,
- Adventure BCtool – moduł do załączania warunków brzegowych (przemieszczeń, sił) oraz własności materiałowych na siatkę,
- Adventure Visual – moduł do wizualizacji wykonanych analiz,
- Adventure TetMesh – służy do generowania siatki MES [4].



Rys. 4. Wizualizacja analizy naprężeń wyznaczonych z użyciem pakietu ADVENTURE

Przykładowa analiza wykonana została na modelu Panteonu rzymskiego składającego się z 2 002 285 węzłów oraz 1 329 027 elementów.

4. Podsumowanie

Projekt wykonany w ramach pracy przedstawia zastosowanie oprogramowania Open – Source do zbudowania wydajnego gridu obliczeniowego przeznaczonego do wykonywania obliczeń równoległych przy użyciu metody elementów skończonych. W ramach pracy przedstawiono architekturę oraz oprogramowanie OSCAR i UNICORE.

Literatura

1. Foster I., Kesselman C., The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure. Morgan Kaufmann Publishers, 1999
2. Strony www, <http://www.gridcafe.org/grid-architecture.html>
3. OSCAR Administrator's Guide , strony www:
http://oscar.openclustergroup.org/public/docs/oscar5.0/OSCAR5.0_Install_Manual.pdf
4. Adventure software manual , <http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/software/manual.html>

OPRACOWANIE APLIKACJI WSPOMAGAJĄCEJ BUDOWĘ HARMONOGRAMÓW OPTYMALNYCH

MICHAŁ KOLASA

Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, ZC6, 5 rok

Opiekunowie naukowi: Prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak,
dr inż. Marek Jasiński



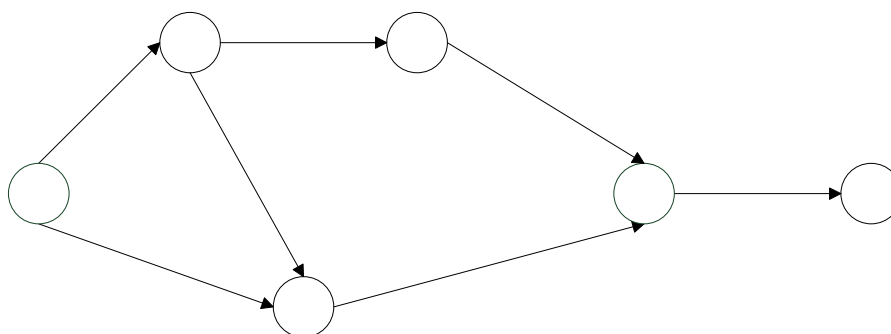
Streszczenie. Artykuł prezentuje sposób budowy aplikacji, która dla dowolnej sieci czynności dokonuje obliczeń metodą ścieżki krytycznej, a następnie na podstawie obliczonych wartości umożliwia analizę projektu za pomocą harmonogramów optymalnych. Przedstawiono przykładowe zadanie ilustrujące sposób działania programu.

1. Wprowadzenie

Projekt można określić jako zadanie do wykonania, składające się z wyodrębnionych czynności, które powinny być realizowane w ustalonej kolejności i w określonym czasie. Zazwyczaj pożądanym jest, aby projekt wykonany był w najkrótszym możliwym czasie. Odpowiada to postulatowi oszczędności zasobów i środków, będącemu ważnym elementem rachunku ekonomicznego. Dla sprawniej realizacji przedsięwzięcia ważne jest panowanie nad czasem trwania poszczególnych czynności wchodzących w jego skład oraz czasem, w którym realizowany jest cały projekt. Ważne staje się więc przygotowanie dobrego harmonogramu realizacji projektu, czyli określenie momentów planowanego rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności, a także troska o to, by był on wykonywany terminowo [1].

2. Metoda ścieżki krytycznej i harmonogramy optymalne

Podstawą analizy w metodzie ścieżki krytycznej (CPM – Critical Path Method) jest poprawna sieć czynności, czyli graf obrazujący kolejność oraz następstwo czynności wchodzących w skład projektu. Poprawnie skonstruowana sieć czynności (rys. 1) posiada dokładnie po jednym wierzchołku początkowym i końcowym. Zbudowana jest z wierzchołków (zdarzenia) i łuków (czynności) [2].



Rys. 1. Przykładowa sieć czynności

Obliczenia w metodzie ścieżki krytycznej składają się z dwóch kroków. W pierwszym, zwanym krokiem do przodu, otrzymuje się najwcześniejsze momenty rozpoczęcia i zakończenia wszystkich czynności wchodzących w skład przedsięwzięcia oraz najkrótszy czas realizacji całego projektu. Korzysta się wówczas z następującej zależności [1, 2]:

$$ES_j = EF_j + t_j \quad (1)$$

gdzie ES_j oznacza najwcześniejszy moment rozpoczęcia j -tej czynności, EF_j najwcześniejszy moment zakończenia j -tej czynności, a t_j to czas realizacji czynności j .

W drugim etapie obliczeń, zwanym krokiem do tyłu, wyznacza się najpóźniejsze momenty rozpoczęcia i zakończenia czynności, oraz rezerwy czasowe dla poszczególnych zadań. Do tego celu należy się posłużyć następującymi wzorami [1, 2]:

$$LS_j = LF_j - t_j \quad (2)$$

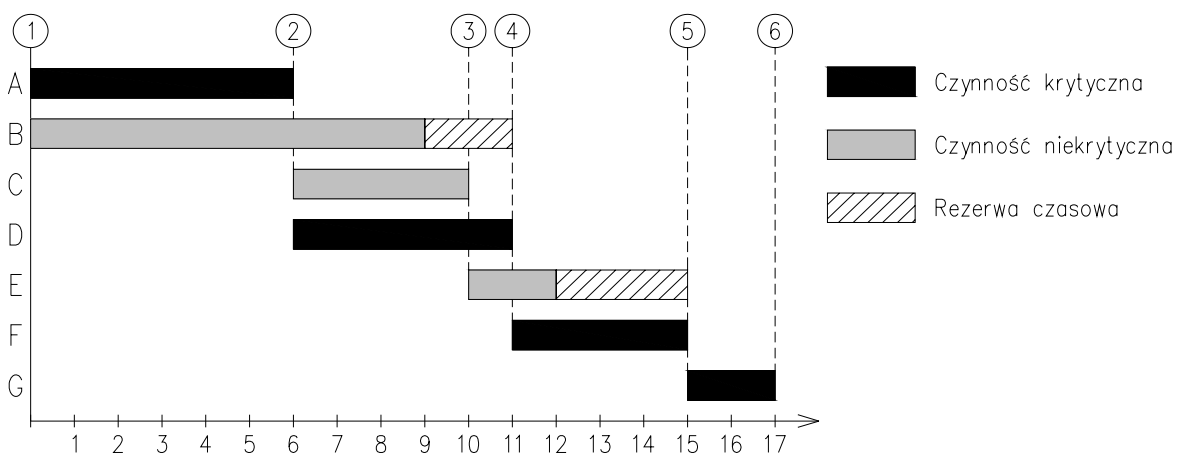
gdzie LS_j oznacza najpóźniejszy moment rozpoczęcia czynności j , LF_j najpóźniejszy moment zakończenia j -tej czynności,

$$R_j = LS_j - ES_j = LF_j - EF_j \quad (3)$$

gdzie R_j to rezerwa czasowa czynności j .

Zadania, dla których rezerwa czasowa jest równa zero, nazywamy czynnościami krytycznymi. Ciąg tych czynności, od wierzchołka początkowego do końcowego sieci, tworzy ścieżkę krytyczną [2].

Obliczone w metodzie ścieżki krytycznej najwcześniejsze i najpóźniejsze czasy realizacji poszczególnych zadań pozwalają skonstruować tzw. harmonogramy optymalne realizacji przedsięwzięcia. Poniżej przedstawiony został przykładowy harmonogram optymalny dla sieci z rysunku 1.



Rys. 2. Przykładowy harmonogram optymalny dla sieci z rysunku 1

3. Program komputerowy i przykład obliczeń

Autorski program komputerowy został napisany w celu wspomagania obliczeń w metodzie ścieżki krytycznej. Do napisania programu wykorzystano język programowania C++ i użyto kompilatora Dev-C++ w wersji 4.9.9.2. Aplikacja na podstawie wprowadzonych danych

wyznacza najwcześniejsze i najpóźniejsze czasy rozpoczęcia i zakończenia wszystkich czynności wchodzących w skład przedsięwzięcia. Obliczane są również rezerwy czasowe dla poszczególnych czynności.

Ponieważ w CPM dla każdej czynności wyznaczone są dwa rodzaje czasów (najwcześniejsze i najpóźniejsze), możliwe jest stworzenie dwóch harmonogramów dla każdego projektu. Dlatego, w zależności od wybranego typu harmonogramu, rezerwy czasowe obliczone w metodzie ścieżki krytycznej nie zawsze są rezerwami rzeczywistymi, widocznymi na poszczególnych wykresach. Program komputerowy oblicza także rezerwy rzeczywiste (w zależności od wybranego rodzaju harmonogramu), a ponadto wyznacza wpływ wykorzystania zapasu czasu, dla jednej czynności, na rezerwy pozostałych czynności w sieci.

Sposób działania programu przedstawiono dla danych w tabeli 1. Sieć czynności dla tych danych została przedstawiona na rysunku 1.

Tabela 1. Dane wejściowe do zadania

Czynność	Czas trwania	Czynność	Czas trwania
A	6	E	2
B	9	F	4
C	4	G	2
D	5		

Wprowadzanie danych do programu odbywa się w sposób tekstowy, przedstawiony na rysunku 3.

```

Podaj liczbę czynności:
7
Podaj nazwę czynności 1:
A
Podaj czas trwania czynności A:
6
Podaj ile jest czynności poprzedzających czynność A:
0
Podaj nazwę czynności 2:
B
Podaj czas trwania czynności B:
9
Podaj ile jest czynności poprzedzających czynność B:
0
Podaj nazwę czynności 3:
C
Podaj czas trwania czynności C:
4
Podaj ile jest czynności poprzedzających czynność C:
1
Podaj numer czynności poprzedzającej czynność C:
1
Podaj nazwę czynności 4:
D
Podaj czas trwania czynności D:
5
Podaj ile jest czynności poprzedzających czynność D:
1
Podaj numer czynności poprzedzającej czynność D:
1
    
```

Rys. 3. Wprowadzanie danych do programu

Po wprowadzeniu danych, na ekranie komputera wyświetlane są wszystkie czasy obliczane w kroku do przodu i do tyłu, rezerwa czasowa oraz menu wyboru harmonogramu - rysunek 4.

Czynnosc	ES	EF	LS	LF	Rezerwa
A	0	6	0	6	0
B	0	9	2	11	2
C	6	10	9	13	3
D	6	11	6	11	0
E	10	12	13	15	3
F	11	15	11	15	0
G	15	17	15	17	0

Dla ktorego harmonogramu obliczyc rezerwy rzeczywiste?
1. ES-EF
2. LS-LF
wpisz odpowiedni numer:

Rys. 4. Wyniki otrzymane po pierwszym etapie obliczeń

Po dokonaniu wyboru odpowiedniego harmonogramu, program wyświetla rezerwy rzeczywiste oraz jest możliwość wykorzystania rezerwy czasowej dla konkretnej czynności. Menu wyboru pozwala także powrócić do wyboru harmonogramu lub zakończyć program (rys. 5).

Po wykorzystaniu rezerwy, nowy harmonogram wygląda następująco:					
Nr czynności	Czynnosc	LS	LF	Rezerwa	rzeczywista
1	A	0	6	0	
2	B	2	11	2	
3	C	7	11	1	
4	D	6	11	0	
5	E	13	15	2	
6	F	11	15	0	
7	G	15	17	0	

Co chcesz zrobic? wprowadz odpowiedni numer:
1..7 - gdy chcesz wykorzystac rezerwe rzeczywista nastepnej czynności
100 - gdy chcesz powrocic do wyboru harmonogramu
0 - gdy chcesz zakonczyc dzialanie programu

Rys. 5. Wyniki otrzymane w kolejnych etapach obliczeń

4. Wnioski

Metoda ścieżki krytycznej jest bardzo dobrym instrumentem w ogólnie pojętym zarządzaniu przedsiębiorstwami. Dzięki aplikacji wspomagającej obliczenia w tej metodzie, jesteśmy w stanie zaoszczędzić sporo czasu, który musielibyśmy poświęcić na żmudne obliczenia. Program bardzo szybko wyznacza ścieżkę krytyczną, dzięki temu wiadomo, na które czynności należy zwrócić szczególną uwagę podczas realizacji projektu. W bardzo łatwy i sprawny sposób można analizować, jak wykorzystanie rezerwy czasowej wybranej czynności wpłynie na pozostałe zadania w całym harmonogramie. Dodatkowo program może zostać wyposażony w interfejs graficzny, który będzie umożliwiał narysowanie wykresu Gantta dla analizowanego przedsięwzięcia. Takie rozwiązanie znacząco może ułatwić kontrolę nad przebiegiem realizacji projektu. Podsumowując można stwierdzić, że prezentowany program może stać się przydatnym narzędziem wspomagającym obliczenia i tworzenie harmonogramów optymalnych w metodzie ścieżki krytycznej.

Literatura

1. Trzaskalik T., Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa (2008).
2. Badania operacyjne. Teoria i zastosowania. Praca zbiorowa pod redakcją E. Majchrzak, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice (2007).

ANALIZA UKŁADÓW SPRĘŻYSTYCH METODĄ BEZSIATKOWĄ

KAMIL KONIOR

Automatyka i Robotyka, AB3, 5 rok

Opiekunowie naukowci: dr hab. inż. Piotr Fedeliński, Prof. Pol. Śląskiej,
dr inż. Radosław Górski



Streszczenie. W pracy zweryfikowano dokładność jednej z metod bezsiatkowych – metodę bezsiatkową Galerkiną (ang. Element Free Galerkin, EFG). Wyniki uzyskane tą metodą porównano z rozwiązaniem analitycznym oraz wynikami otrzymanymi inną metodą numeryczną, tj. metodą elementów skończonych (MES).

1. Wprowadzenie

Metody bezsiatkowe to stosunkowo nowe metody komputerowe, które mogą być konkurencyjne dla takich metod jak MES czy MEB. W metodach bezsiatkowych rozwiązanie przybliżone jest tworzone wyłącznie w oparciu o węzły. Nie są potrzebne tu elementy oraz określanie połączeń między węzłami do zbudowania równań dyskretnych. Główną zaletą omawianych metod jest możliwość łatwej adaptacji siatki węzłów w problemach z dużymi odkształceniami oraz w układach z pęknięciami (węzły mogą być łatwo dodane w pobliżu pęknięcia, by dokładniej wyznaczyć współczynniki intensywności naprężeń).

Metoda EFG pozwala sformułować następujące równanie równowagi w postaci macierzowej [1], dla ciała o obszarze Ω i brzegu Γ :

$$\begin{bmatrix} \mathbf{K} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^T & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \mathbf{u} \\ \lambda \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \mathbf{f} \\ \mathbf{q} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

gdzie λ to mnożniki Lagrange'a, a macierze \mathbf{K} i \mathbf{G} są zdefiniowane następująco:

$$\mathbf{K}_{IJ} = \int_{\Omega} \mathbf{B}_I^T \mathbf{D} \mathbf{B}_J d\Omega \quad (2)$$

$$\mathbf{G}_{IK} = - \int_{\Gamma_u} \Phi_I \mathbf{N}_K d\Gamma \quad (3)$$

Macierze te zależą m.in. od funkcji kształtu Φ_I i własności sprężystych układu \mathbf{D} . Wektory prawej strony \mathbf{f}_I i \mathbf{q}_K są odpowiednio wektorami znanych sił $\bar{\mathbf{t}}$ na brzegu Γ_t i sił objętościowych \mathbf{b} oraz znanych przemieszczeń $\bar{\mathbf{u}}$ na brzegu Γ_u , i mają następującą postać:

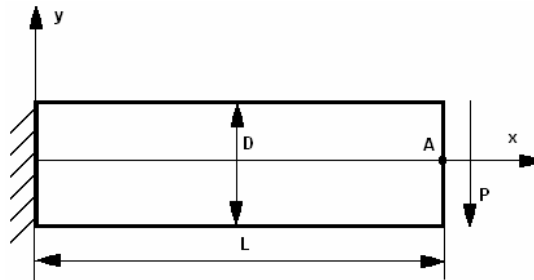
$$\mathbf{f}_I = \int_{\Gamma_t} \Phi_I \bar{\mathbf{t}} d\Gamma + \int_{\Omega} \Phi_I \mathbf{b} d\Omega \quad (4)$$

$$\mathbf{q}_K = - \int_{\Gamma_u} \mathbf{N}_K \bar{\mathbf{u}} d\Gamma \quad (5)$$

2. Przykład 1 – belka Timoshenki

Na rysunku 1 przedstawiono tarczę o długości $L=48$, wysokości $D=12$ oraz jednostkowej grubości. Moment bezwładności przekroju belki wynosi $I=D^3/12$. Materiał tarczy znajduje się w płaskim stanie naprężenia. Moduł Young'a jest równy $E=3.0 \times 10^7$, a współczynnik Poisson'a $\nu=0.3$. Siła $P=1000$ jest rozłożona parabolicznie według następującej funkcji:

$$P(y) = \frac{-P}{2I} \left[\frac{D^2}{4} - y^2 \right] \quad (6)$$



Rys. 1. Belka Timoshenki

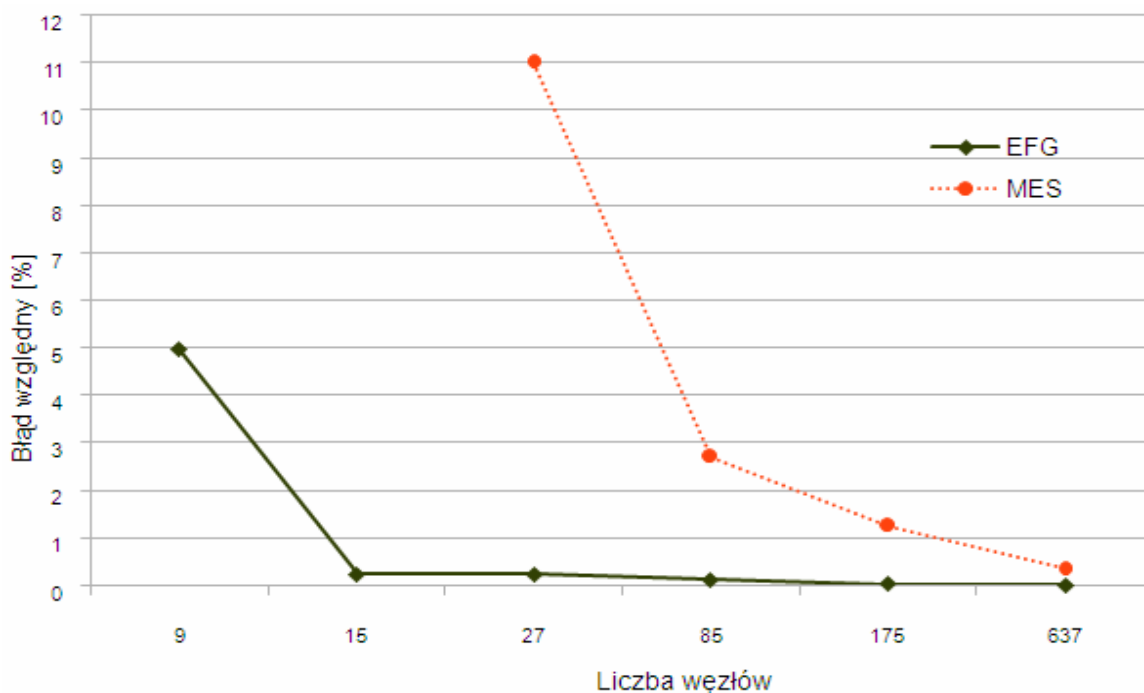
Zgodnie z rozwiązaniem analitycznym [2], przemieszczenie pionowe dowolnego punktu tarczy jest równe:

$$u_y = \frac{P}{6EI} \left[3\nu y^2 (L-x) + (4+5\nu) \frac{D^2 x}{4} + (3L-x)x^2 \right] \quad (7)$$

Tabela. 1. Wartości przemieszczeń wyznaczone analitycznie, MES, EFG oraz błąd względny

Liczba węzłów	Przemieszczenie punktu A w kierunku osi y			Błąd względem rozwiązania analitycznego [%]	
	Rozwiązanie analityczne	Rozwiązanie EFG	Rozwiązanie MES	EFG	MES
9	-0,0089000	-0,0084593	---	4,952	---
15	-0,0089000	-0,0089201	---	0,226	---
27	-0,0089000	-0,0089201	-0,00988	0,226	11,01
85	-0,0089000	-0,0088905	0,00914	0,107	2,69
175	-0,0089000	-0,0089010	-0,00901	0,011	1,24
637	-0,0089000	-0,0088994	-0,00893	0,008	0,34

Porównywano przemieszczenie punktu A (rys.1) w kierunku osi y. Rozwiązanie EFG uzyskano przy wykorzystaniu programu „EFG2D” [1]. W zależności od liczby węzłów rozwiązanie EFG jest mniej lub bardziej zbliżone do rozwiązania analitycznego. Program został przetestowany dla 9, 15, 27, 85, 175 oraz 637 węzłów. Błędy metod MES i EFG względem rozwiązania analitycznego oraz wartości przemieszczeń zostały zestawione w tabeli 1. Rysunek 2 przedstawia wpływ liczby węzłów na błędy metod EFG i MES względem rozwiązania analitycznego.

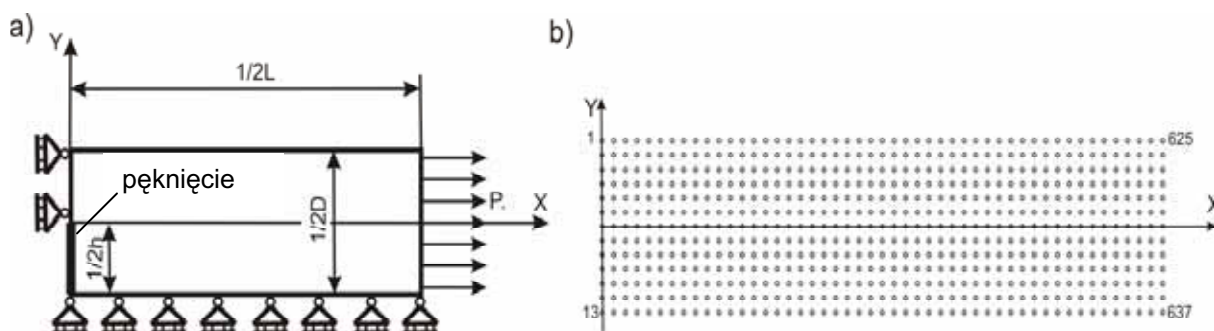


Rys. 2. Porównanie błędów otrzymanych MES oraz EFG

3. Przykład 2 – tarcza z pęknięciem wewnętrznym

Drugie zadanie polegało na obliczeniu przemieszczeń na linii pęknięcia. Ze względu na symetrię układu zamodelowano tylko jego ćwiartkę, jak pokazano na rysunku 3a. Wysokość tarczy wynosi $D=24$, długość tarczy $L=96$, a długość pęknięcia $h=12$. Właściwości materiałowe są identyczne jak w przykładzie 1. Obciążenie ciągłe jest równomierne i wynosi $P=1000$.

Rysunek 3b przedstawia sposób w jaki dokonano dyskretyzacji tarczy oraz kolejność numeracji węzłów. W tarczy wyodrębniono 637 węzłów.

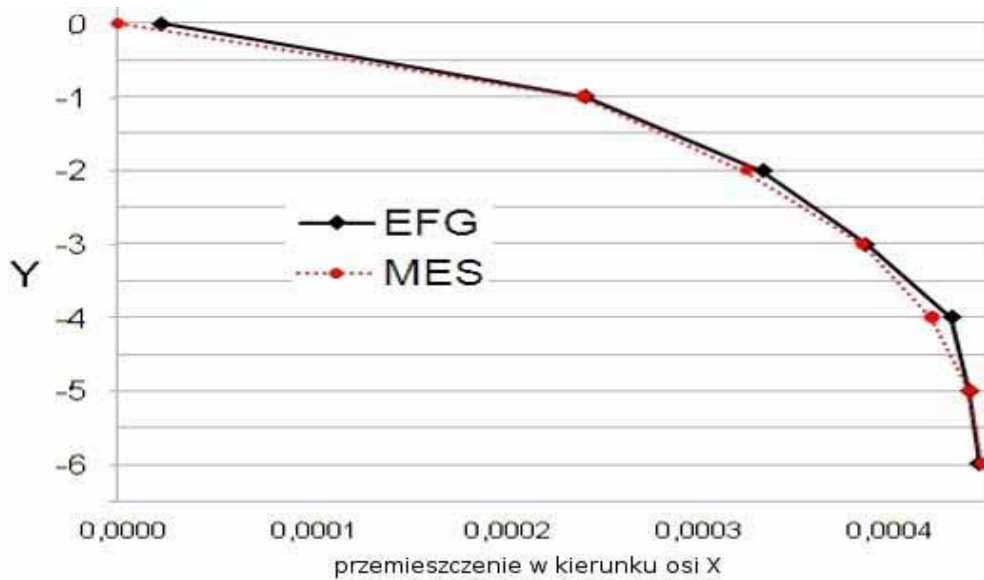


Rys. 3. Tarcza z pęknięciem wewnętrznym: a) geometria; b) dyskretyzacja

W tabeli 2 przedstawiono wartości przemieszczeń węzłów leżących na linii pęknięcia w kierunku osi x . Wartości błędu zestawione w tabeli 3 są wyliczone względem rozwiązania MES. Na rysunku 4 pokazano postać odkształcenia linii pęknięcia uzyskaną metodą EFG oraz MES.

Tabela 2. Wartości przemieszczeń poszczególnych węzłów leżących na linii pęknięcia

Y (X = 0)	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6
MES	0	0,000243	0,000328	0,000389	0,000425	0,000445	0,000452
EFG	0,000023	0,000245	0,000337	0,000391	0,000436	0,000445	0,00045
Błąd EFG względem MES [%]	---	0,82	2,67	0,51	2,52	0	0,44



Rys. 4. Przemieszczenia na linii pęknięcia wyznaczone MES oraz EFG

4. Wnioski

Dla rozważanych w pracy układów, błędy otrzymane metodą bezsiatkową Galerkiną EFG są stosunkowo małe, w stosunku do rozwiązania dokładnego lub wyznaczonego MES. W pierwszym przykładzie błąd rozwiązania MES jest dla każdej liczby węzłów większy od błędu EFG.

W przykładzie drugim, dotyczącym tarczy z pęknięciem, według rozwiązania EFG wierzchołek pęknięcia przemieścił się w kierunku obciążenia, co jest niezgodne z założonym warunkiem brzegowym. Problem ten występuje w przypadku wszystkich węzłów, na których zadano przemieszczeniowe warunki brzegowe. Jest to wada metody, wynikająca ze specyfiki algorytmu EFG oraz trudnością zadawania warunków brzegowych. W pracy do zadania przemieszczeniowych warunków brzegowych zastosowano metodę mnożników Lagrange'a.

Literatura

1. Dolbow J., Belytschko T., An Introduction to Programming the Meshless Element Free Galerkin Method, Archives of Computational Methods in Engineering, Vol. 5, 3, s. 207-241 (1998).
2. Timoshenko S.P., Goodier J.N., Theory of elasticity (Third ed.), McGraw Hill, New York (1970).

PROGRAMOWANIE KONTROLERA HYDRAULICZNEJ MASZyny WYTRZYMAŁOŚCIOWEJ MTS Z UŻYCIEM MODUŁU MPT

MATEUSZ MICHNIAK

PAWEŁ MUCEK

PIOTR SŁOMKA

Mechanika i Budowa Maszyn, 2 rok

Opiekun naukowy: dr inż. Wacław Kuś



Streszczenie. Artykuł dotyczy programowania przebiegów hydraulicznej maszyny wytrzymałościowej MTS z użyciem modułu MPT (Multi-Purpose Testware). Przedstawione zostały wybrane procesy pozwalające na tworzenie różnych programów, w zależności od potrzeb badawczych. W artykule zawarte zostały dwa przykładowe programy: wyznaczenie modułu Younga w próbie statycznego rozciągania oraz badanie dynamicznej odpowiedzi amortyzatora.

1. Wprowadzenie

Hydrauliczna maszyna wytrzymałościowa firmy MTS zainstalowana w Laboratorium Zastosowań Metod Sztucznej Inteligencji KWMiMKM jest wyposażona w specjalistyczne oprzyrządowanie zapewniające szeroki zakres wykonywanych badań i pomiarów. Wyposażenie maszyny wytrzymałościowej stanowią m.in.:

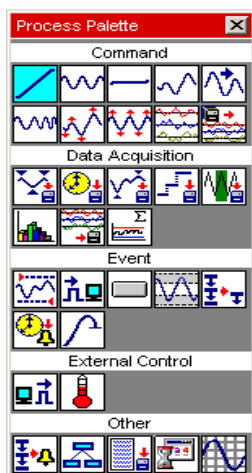
- dwukanałowy cyfrowy kontroler FlexTest SE wraz z komputerem i oprogramowaniem MTS MPT i TestWorks,
- zasilacz hydrauliczny o wydajności 62 litry/min,
- siłownik o skoku 150mm i maksymalnej sile 100kN,
- siłownik o skoku 150mm i maksymalnej sile 25kN,
- stół wraz z ramą do której przymocowany jest siłownik 100kN,
- uchwyty hydrauliczne z możliwością mocowania próbek płaskich o grubości od 0 do 14 mm oraz próbek okrągłych o średnicach od 6 do 15 mm,
- ekstensometry: video, liniowy, średnicowy, szczelinowy.

Wyposażenie maszyny umożliwia przeprowadzanie badań zarówno rozciągania statycznego, jak również badań zmęzeniowych nisko i wysoko-cyklowych. Oprócz standardowych, można również przeprowadzać badania ze skomplikowanym przebiegiem obciążeń np. odtwarzanie oddziaływania testowej drogi na komponenty samochodowe.

Aplikacja MPT pozwala na tworzenie programów składających się z wielu instrukcji sterujących maszyną, reagowanie na zdarzenia w obrębie maszyny (np. przekroczenie zadanej wartości siły, zerwanie próbki), stosowanie poleceń warunkowych. Aplikacja MPT zawiera graficzny edytor programów.

W artykule omówiono edytor programów oraz przedstawiono dwa przykłady. Pierwszy dotyczy wyznaczania wartości modułu Younga w statycznej próbie rozciągania z użyciem ekstensometru liniowego. Drugi przykład to demonstracja części możliwości zadawania przebiegów o różnych parametrach z użyciem oprogramowania MPT. W drugim przykładzie badano amortyzator gazowy.

2. Edytor programów MPT



Rys. 1. Paleta procesów

Moduł MPT wyposażony jest w graficzny interfejs użytkownika. Podstawowym elementem pozwalającym na tworzenie programów jest paleta procesów (Rys. 1). Kategorie procesów:

- Command Processes – procesy sterujące serwozaworami poprzez kontroler, pozwalające zadawać przebiegi przemieszczeń, sił, odkształceń, na badanych elementach,
- Data Acquisition Processes – procesy pozyskujące dane z czujników (siły, przemieszczenia, odkształcenia),
- Event Processes – reakcje na sygnały zdarzeń z maszyny,
- External Control Processes – kontrola zewnętrznych urządzeń,
- Other Processes – pozostałe procedury, m.in. instrukcja warunkowa, grupowanie procesów, wyświetlanie wykresów.

Procesy zastosowane w przykładowych badaniach:



Proces **Command Segment** definiuje funkcję monotoniczną, poziom startu i końca, czas narastania definiowany jest przez użytkownika,



Proces **Command Cyclic** definiuje funkcję składającą się z dwóch pojedynczych segmentów powtarzających się zadaną liczbę cykli, z zadaną amplitudą oraz częstotliwością,



Proces **Command Sweep** umożliwia zmianę częstotliwości funkcji w czasie w sposób liniowy lub logarytmiczny, amplituda funkcji jest stała,



Proces **Timed Acquisition** rejestruje wyniki wybranych sygnałów w określonym przedziale czasowym albo o określonej częstotliwości. Podczas definiowania procesu można zdefiniować czas między pobieraniem danych lub podać częstotliwość akwizycji,



Proces **Data Display** tworzy wykresy danych z wybranych sygnałów i przedstawia je podczas trwania doświadczenia na ekranie. Z tą procedurą można badać zachodzące zdarzenia na złożonych ścieżkach danych.

Przy zadawaniu przebiegów funkcji, wiąże się je z określonym kanałem sterującym, może to być np. sterowanie siłą, przemieszczeniem, odkształceniem.

3. Wyznaczenie modułu Younga podczas statycznej próby rozciągania

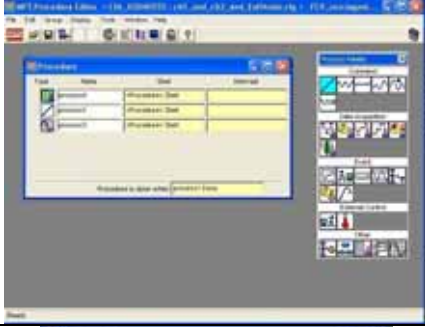
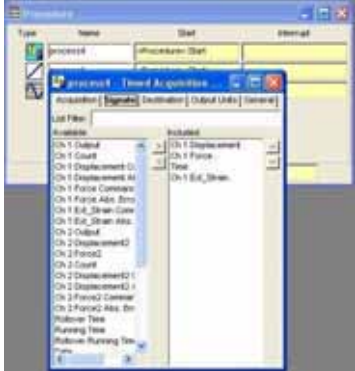

W przypadku materiału liniowo sprężystego zachodzi związek między naprężeniem σ , a odkształceniem ε , dla jednoosiowego rozciągania, zwany prawem Hooke'a:

$$\sigma = \varepsilon E \quad (1)$$

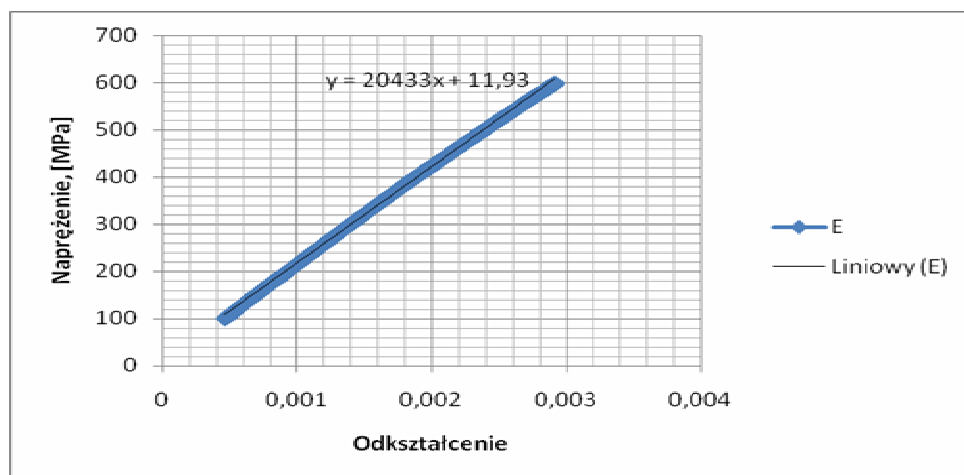
gdzie E – stała sprężystości materiału, zwana współczynnikiem sprężystości podłużnej lub modułem Younga, w MPa. Wyznaczenie modułu Younga polega na przeprowadzeniu próby, podczas której próbka rozciągana jest ze stałą (małą) prędkością. W trakcie próby mierzona

jest wartość siły działającej na próbkę oraz wartość odkształcenia z użyciem ekstensometru liniowego.

W celu przeprowadzenia badania utworzono procedurę badawczą, przedstawioną poniżej.

Widok edytora procedur MPT	Zastosowany proces / ustawienia
	<p>Przy wyznaczaniu moduły Younga zastosowano 3 procesy:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Timed Acquisition - Command Segment - Data Display
	<p>W procesie Timed Acquisition wybrano 4 rodzaje sygnałów zapisywanych podczas doświadczenia. Później zostały one wykorzystane do wyznaczenia modułu Younga. Zapisywano:</p> <ul style="list-style-type: none"> - przemieszczenie (Ch 1 Displacement) - siła (Ch 1 Force) - czas (Time) - odkształcenie (Ch 1 Ext_Strain)
	<p>W ustawieniach procedury Command Segment wskazano czas(10min) i zmianę przemieszczenia o 10mm (co daje szybkość rozciągania 1mm/min)</p>

Przykładowy fragment zależności naprężenie-odkształcenie, uzyskany dla próbki stalowej pięciokrotnej o średnicy 5mm, przedstawiono na Rys. 2. Krzywą uzyskaną podczas doświadczenia aproksymowano prostą, której współczynnik kierunkowy jest wartością modułu Younga $E=204,33GPa$.



Rys. 2. Fragment wykresu zależności naprężenie-odkształcenie (zakres sprężysty)

4. Badanie amortyzatora gazowego

Przeprowadzono badanie amortyzatora gazowego TOYOTA HB24 dla wybranego przebiegu. Celem badania nie było określenie parametrów amortyzatora, lecz przedstawienie możliwości kilku procesów MPT w zakresie sterowania funkcją sygnału przemieszczenia.

Procedura składała się z następujących kroków:

- proces Command Segment, przemieszczenie tłoka amortyzatora o 60 mm w czasie 6 sekund (po zakończeniu procesu położenie w połowie skoku tłoka),
- proces Command Cyclic, o parametrach: częstotliwość 0,2 Hz, amplituda 20 mm, liczba cykli 5, dla sygnału przemieszczenia,
- proces Command Sweep o parametrach: skok częstotliwości 0,25 Hz/sek, amplituda 1 mm, zakres zmiany częstotliwości 1-10 Hz,
- proces Command Cyclic, o parametrach: częstotliwość 0,5 Hz, amplituda 25 mm, liczba cykli 25.

Wykres wartości siły reakcji amortyzatora na zadawane przemieszczenia pokazano na Rys. 3. Literami a, b, c, d oznaczono zmiany sił i przemieszczeń podczas wykonywania poszczególnych procesów.



Rys 3. Zależność siły w funkcji przemieszczenia podczas badania amortyzatora

5. Podsumowanie

Oprogramowanie MPT, w które wyposażona jest maszyna hydrauliczna, pozwala na przeprowadzenie szerokiej gamy badań. Możliwość definiowania procedury składającej się z wielu typów przebiegów oraz sterowanie dowolnym sygnałem pozwala na tworzenie skomplikowanych procedur badawczych. W artykule przedstawiono dwie przykładowe procedury badawcze.

Literatura

- Bąk R., Burczyński T., Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego, WNT, Warszawa, 2001.
- 793 Utility Software, MTS System Corporation, Eden Prairie, Minnesota, 2008.

ANALIZA ZMĘCZENIOWA METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

LECH PARYLAK

Automatyka i Robotyka, AB3, 5 rok

Opiekunowie naukowci: prof. dr hab. inż. Tadeusz Burczyński,

dr inż. Adam Długosz



Streszczenie. W przedstawionym artykule poruszono problem wytrzymałości zmęczeniowej, a w szczególności sposób jej analizy metodą elementów skończonych. Przedmiotem badań jest znormalizowana próbka, wykonana ze stali 45, zaś narzędziem umożliwiającym wykonanie obliczeń numerycznych jest program ANSYS Workbench. Wynikiem przeprowadzonych analiz będzie określenie żywotności elementu przy zadanych obciążeniach.

1. Wprowadzenie

W nauce o materiałach pojęcie wytrzymałości zmęczeniowej odnosi się do przypadku, gdy dany element jest poddawany cyklicznym obciążeniom. W takiej sytuacji wytrzymałość elementu zmniejsza się wraz ze wzrostem ilości cykli. Materiał pod wpływem działania zmiennego obciążenia zostaje osłabiony – ulega zmęczeniu.

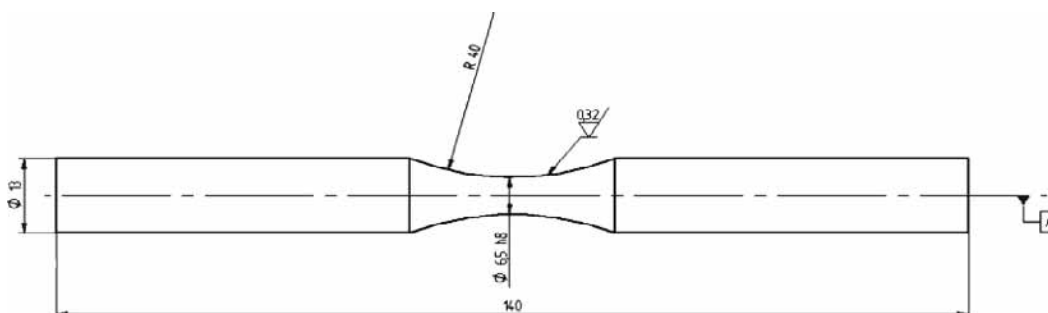
Wy tłumaczenia tego zjawiska należy szukać w mikrostrukturze materiału. W procesie nieustannych naprężeń dochodzi do dyslokacji cząstek materiału, które prowadzą do poślizgów na granicach ziaren i zapoczątkowania pęknięcia.

2. Badany element

Do analiz posłuży nam model próbki przeznaczonej do obliczeń zmęczeniowych. Dane materiałowe oraz wymiary geometryczne przedstawiono poniżej.

Tabela 1. Dane materiałowe dla stali 45

Moduł Younga	210000 MPa
Współczynnik Poissona	0.3
Wytrzymałość na rozciąganie	650 MPa
Granica plastyczności	360 MPa



Rys. 1. Geometria badanego elementu

3. Rodzaje analizy zmęczeniowej

Istnieje kilka metod analizy zmęczeniowej. Do podstawowych należą:

- metoda naprężenia-trwałość (S-N),
- metoda odkształcenia-trwałość (E-N),
- metoda wzrostu pęknięcia.

Do przeprowadzenia analizy wykorzystana zostanie metoda pierwsza, zwana także metodą Wöhlera. Ma ona zastosowanie w przypadku obciążeń o stałej amplitudzie oraz dla dużej liczby cykli (tzw. zmęczenie wysokocyklowe). Łączy nominalne lub lokalne naprężenia z całkowitym czasem życia. Zaletą tej metody jest prosty algorytm obliczeniowy, opierający się na empirycznych danych zawartych w wykresach Wöhlera.

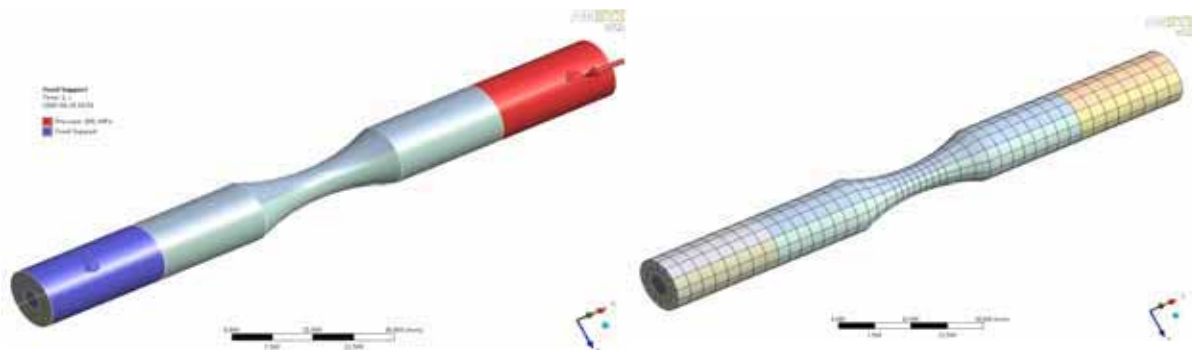
4. Metoda elementów skończonych

Podstawowym założeniem metody elementów skończonych jest zdyskretyzowanie ciągłego obszaru. Każdy układ rzeczywisty może zostać odwzorowany jako szereg elementów o określonym kształcie i wymiarach. Tego typu zabieg pozwala na zastąpienie problemu analitycznego, problemem algebraicznym. Uproszczenie jakie wtedy powstaje, wpływa na wyniki analizy, jednak z inżynierskiego punktu widzenia, powstałe różnice są mało znaczące, a w niektórych przypadkach metoda elementów skończonych jest jedyną drogą do uzyskania pożądanych wyników.

5. Model numeryczny, sposób obciążenia oraz siatka elementów skończonych

Poniżej (rys. 2a) przedstawiono model badanego elementu wraz z założonymi warunkami brzegowymi. Na jednym z końców próbki określono wiązanie stałości, na drugim zaś ciśnienie o wartości 35 MPa.

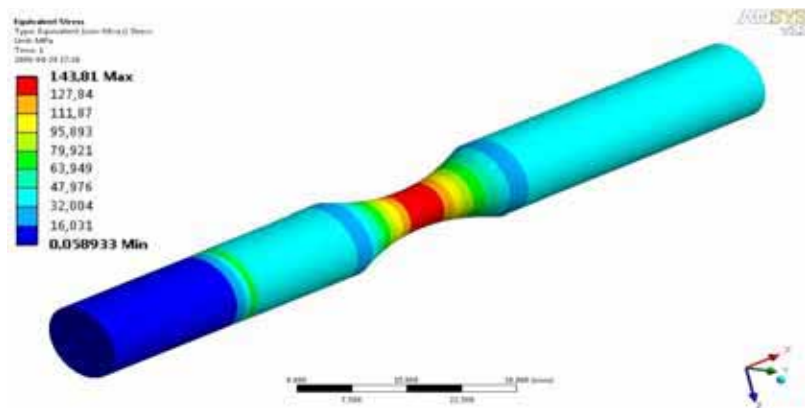
Istotną kwestią w rozwiązywaniu zagadnień metodą elementów skończonych jest sposób dyskretyzacji obszaru, oraz rodzaj zastosowanego elementu. Nieregularność siatki, a także występowanie tzw. elementów zdegenerowanych może negatywnie wpłynąć na wynik analizy. Dlatego też, do przeprowadzenia obliczeń, posłuży siatka o charakterze regularnym, składająca się z elementów sześciociennych (z kwadratową funkcją kształtu), z zagęszczeniem w przekroju niebezpiecznym (rys. 2b).



Rys. 2. Model elementu: a) z warunkami brzegowymi, b) z siatką elementów skończonych

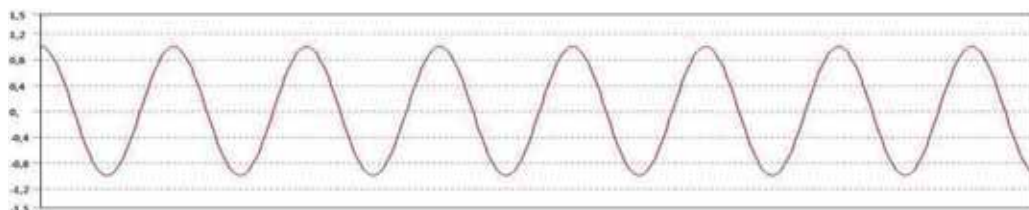
6. Obliczenia

W celu wyznaczenia naprężeń występujących podczas działania jednego cyklu obciążenia, a także aby znaleźć przekrój niebezpieczny przeprowadza się analizę statyczną.



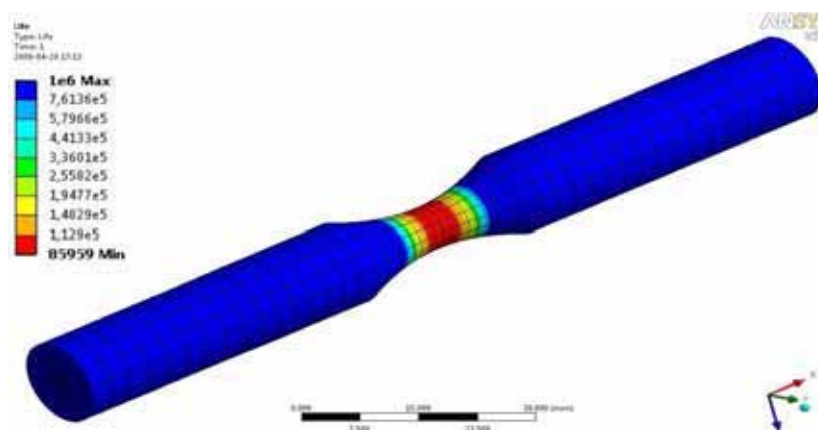
Rys. 3. Mapa naprężeń wg hipotezy Hubera-Misesa

Następnym, kluczowym krokiem w analizie zmęczeniowej jest określenie żywotności elementu. W tym celu należy określić rodzaj działającego obciążenia jako wymuszenie wahadłowe, sinusoidalnie zmienne. Tak więc, element będzie na przemian ściskany i rozciągany, zgodnie z rysunkiem 4.



Rys. 4. Przebieg obciążenia w czasie

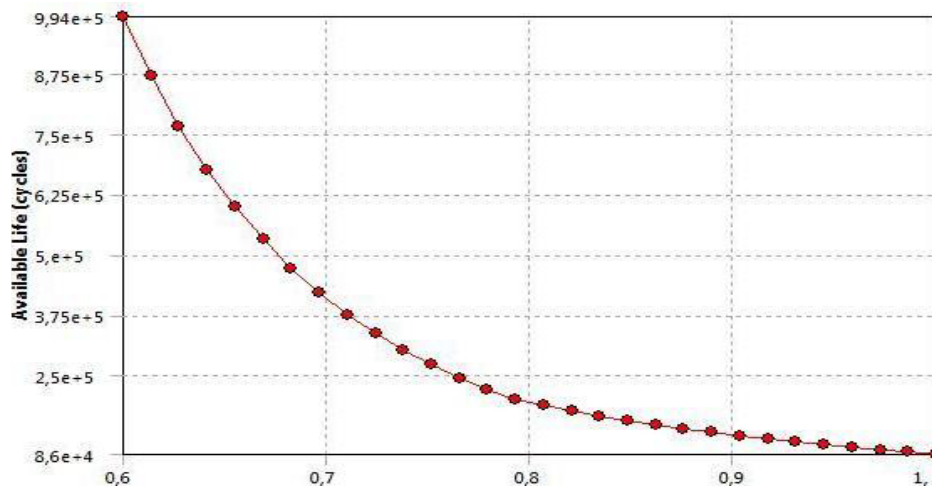
Na rysunku 5. przedstawiono żywotność elementu, czyli liczbę cykli, po przekroczeniu której nastąpi zniszczenie. Dla danego materiału, przy założonym obciążeniu, zerwanie nastąpi po 85959. cyklach, w miejscu, gdzie pole przekroju ma najmniejszą wartość.



Rys. 5. Żywotność elementu – liczba cykli do zerwania

7. Czulość zmęczeniowa

Znając liczbę cykli potrzebną do zerwania próbki przy danym obciążeniu, możemy przeanalizować zachowanie się elementu przy innych wartościach obciążenia. Problem tego typu nazywany jest czulością zmęczeniową. Zależność pomiędzy obciążeniem a liczbą cykli przedstawia rysunek 6. Zakres obciążenia zmienia się od wartości 60 do 100% obciążenia wstępnego (35 MPa); na osi rzędnych widoczna jest liczba cykli przy których nastąpi zniszczenie.



Rys. 6. Czulość zmęczeniowa

8. Podsumowanie

Z punktu widzenia konstruowania, wytrzymałość zmęczeniowa jest bardzo istotnym parametrem tworzonego środka technicznego. Określa nam jego żywotność, w zależności od zastosowania. Pozwala nie tylko uniknąć ewentualnego zniszczenia, przez dobór odpowiednich obciążeń, ale również pozwala przewidzieć kiedy dane urządzenie ulegnie awarii ze względu na uszkodzoną jego część.

Wykorzystany do obliczeń program pozwala na zasymulowanie dowolnego rodzaju obciążenia, jakiemu może być poddany obiekt rzeczywisty. Dzięki temu bez konieczności badań rzeczywistych możemy przeanalizować interesujący nas element. Umożliwia to zaoszczędzenie wielu środków, jednak należy pamiętać, iż dane zmęczeniowe są danymi uzyskanymi z prób przeprowadzonych na innych elementach. Specyfika wytrzymałości zmęczeniowej nakazywałaby traktować każdy przypadek z osobna. Nigdy nie wiadomo dokładnie, kiedy określony przedmiot ulegnie zniszczeniu, można jedynie szukać przybliżonego wyniku na podstawie serii prób przeprowadzonych wcześniej.

Literatura

1. Burczyński T., Bąk R., Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego, WNT, Warszawa (2001).
2. Kocańda S., Szala J., Podstawy obliczeń zmęczeniowych, PWN, Warszawa (1997).
3. Zagrajek T., Krzesiński G., Marek P., Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, OWPW, Warszawa (2005).
4. Dokument pomocy systemu Ansys 11.0.

ANALIZA PRZEPIYU CIEPIA W OBUDOWIE ZEWNĘTRZNEJ SYSTEMU TELEWIZJI PRZEMYSŁOWEJ

DAMIAN PIĄTEK

Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, ZC6, 5 rok

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Piotr Fedeliński, Prof. Pol. Śl.,
dr inż. Adam Długosz



Streszczenie. W artykule zawarto opis jednego z elementów systemu telewizji przemysłowej (CCTV) jakim jest obudowa zewnętrzna do kamery przemysłowej. Praca obejmuje omówienie cech systemu monitoringu, rodzajów obudów zewnętrznych oraz ich warunków pracy. Artykuł zawiera ponadto zagadnienie projektowania i analizy termicznej dla modelu standardowej obudowy zewnętrznej.

1. Wprowadzenie

Elementy należące do systemu CCTV (telewizja przemysłowa) są ciągle rozwijane, zarówno poprzez wprowadzanie nowych rozwiązań technologicznych, jak i poprzez nowe zastosowania dla poszczególnych elementów systemu. Elementy te ciągle podlegają modyfikacjom w wyniku różnych oczekiwań rynkowych.

W ramach pracy przeprowadzono numeryczną analizę przepływu ciepła dla obudowy zewnętrznej kamery przemysłowej. Ponadto wykonano pomiary rozkładu temperatury wewnątrz i na ściankach obudowy uzyskanymi w czasie przeprowadzonych badań symulujących warunki pracy obudowy zewnętrznej za pomocą czujników temperatury oraz kamery termowizyjnej.

2. Obudowy zewnętrzne kamer przemysłowych

Obudowy zewnętrzne do kamer przemysłowych są ważnym elementem systemu CCTV, gdyż chronią przed uszkodzeniem kamery pracujące w środowisku zewnętrznym. Kamery przemysłowe narażone są nie tylko na uszkodzenia mechaniczne ze strony osób obserwowanych ale również na uszkodzenia wywołane negatywnym działaniem czynników atmosferycznych. Dlatego rozważa się różne nowatorskie rozwiązania w zależności od celu ich zastosowania (np. system monitoringu, badania przemysłowe, itp.).

Można dokonać podziału obudów zewnętrznych ze względu na [5]:

- rodzaj materiału z którego obudowa jest wykonana (metalowe, np. aluminiowe, z tworzyw sztucznych, np. z tworzywa poliwęglanowego),
- zastosowanie - specjalistyczna budowa (standardowe, obudowy chłodzone cieczą lub gazem, przeciwwybuchowe, wandaloodporne, kwasoodporne).

3. Warunki pracy obudowy zewnętrznej kamery przemysłowej

Warunki pracy obudowy zewnętrznej ze względu na oddziaływania termiczne (czynniki atmosferyczne) mają znaczący wpływ na prawidłowe działanie elementów wewnątrz obudowy (kamera, zasilacz). Warunki pracy dzielimy na poszczególne klasy środowiskowe, grupy grzania/chłodzenia i klasy szczelności IP. Szczegóły można znaleźć w literaturze [2], [3] i [4]. Założono, że model obudowy zewnętrznej poddany analizie termicznej posiada następujące warunki pracy:

- Klasa środowiskowa III (zewnętrzna) (według PN-EN 50130-5)
- Grupa I (według PN-EN 50130-5)
- Klasa szczelności IP 66 (według PN-EN 50132-7)

4. Pomiar ciepła w wybranych punktach standardowej obudowy zewnętrznej

Analiza przepływu ciepła dla standardowej obudowy zewnętrznej została wykonana dla obudowy zewnętrznej Marathon MH-805/230 (rys.1).

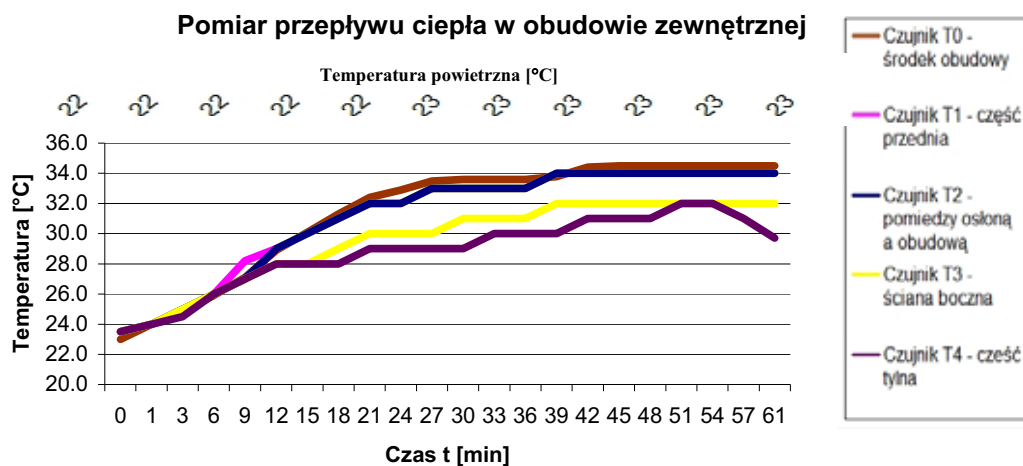
Celem przeprowadzonego pomiaru było określenie wzrostu temperatury wewnątrz standardowej obudowy zewnętrznej, poprzez nagrzanie obudowy, oddziałując na nią promieniowaniem słonecznym oraz promiennikiem podczerwieni (lampa grzewcza firmy Helios 250W). Dla pierwszego przypadku pomiarów dokonano wykorzystując czujniki temperatury wraz z odpowiednim oprzyrządowaniem, natomiast w drugim przypadku oprócz czujników temperatury użyto kamery termowizyjnej. Pomiary dokonywane były w temperaturze powietrza 22 °C - 23 °C.



Rys.1 Symulacja pracy obudowy zewnętrznej Marathon MH-805/230 oraz rozłożenie czujników temperatury wewnątrz obudowy



Rys.2 Rozkład temperatury na ściankach obudowy – zdjęcie z kamery termowizyjnej



Rys. 3 Wykres rozkładu temperatury wewnątrz obudowy zewnętrznej

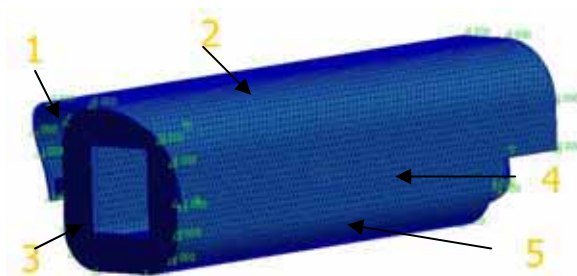
Na rys. 2 przedstawiono zdjęcie wykonane kamerą termowizyjną po nagrzewaniu obudowy lampą z odległości 30 cm po czasie 20min.. Na rys. 3 przedstawiono wykres zależności zmian temperatury w czasie nagrzewania promieniami słonecznymi. Po czasie $t=61$ min. wskazywana przez czujnik temperatura utrzymywała się na poziomie ostatniego pomiaru, dlatego pomiar zakończono.

5. Analiza numeryczna przepływu ciepła w standardowej obudowie zewnętrznej

Do analizy numerycznej sporządzono model dyskretny obudowy zewnętrznej Marathon MH-805. Niektóre cechy geometryczne modelu zostały uproszczone. Wykonano analizę przepływu ciepła za pomocą oprogramowania Patran/Nastran, bazującego na metodzie elementów skończonych. Wykonano analizę dla stanu ustalonego przy założonych warunkach brzegowych w postaci konwekcji (warunek brzegowy III rodzaju) [1] zadawanych w różnych miejscach modelu. Parametry zadanych warunków brzegowych (tabela 1, rys. 4) dobrano na podstawie wyników pomiarów uzyskanych z czujnika temperatury i z pomiarów kamerą termowizyjną.

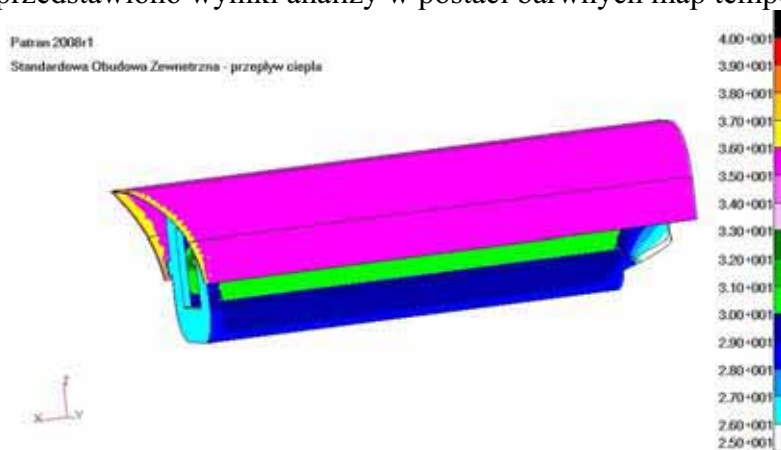
Tabela 1. Dane do obliczeń numerycznych

Miejsce zadania konwekcji	Temperatura [°C]	α [W/m ² K]
1	40	3
2	36	
3	26	
4	30	
5	29	
$\lambda=210$ W/mK		
Materiał: aluminium		
Liczba elementów skończonych: 108530		
Liczba węzłów: 194410		

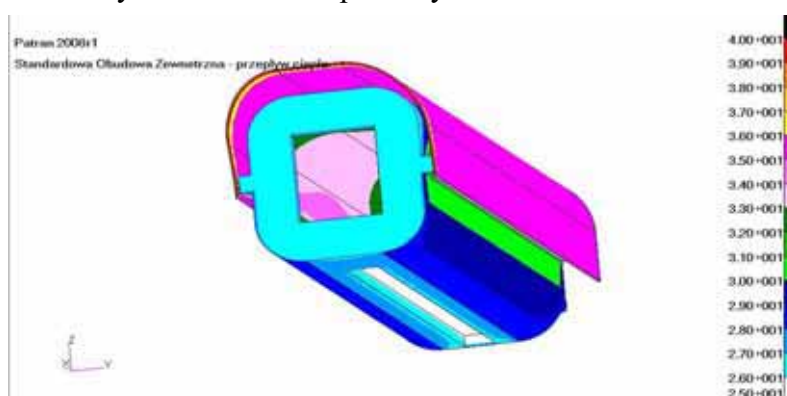


Rys. 4 Model dyskretny obudowy zewnętrznej i miejsca zadania warunków brzegowych

Na rys. 5 i 6 przedstawiono wyniki analizy w postaci barwnych map temperatury .



Rys.5 Rozkład temperatury w modelu –widok 1



Rys.6 Rozkład temperatury w modelu –widok 2

6. Podsumowanie

Systemy do symulacji komputerowych metodą elementów skończonych umożliwiają uzyskanie wyników przepływu ciepła dla różnych postaci geometrycznych oraz różnych warunków brzegowych. Wyniki takie można porównywać z wynikami uzyskanymi za pomocą rzeczywistych pomiarów. Z przeprowadzonych analiz wynika, że ścianka przednia obudowy oraz część tylna posiada najniższą temperaturę, natomiast osłona przeciwsłoneczna nagrzewa się najmocniej i najszybciej. Tym samym spełnia ona swoje zadanie konstrukcyjne, gdyż chroni pozostałe elementy obudowy przed nadmiernym nagrzaniem. Rozkład temperatur w modelu numerycznym obudowy zależy m.in. od jej cech geometrycznych, materiałowych oraz od zadanych warunków brzegowych.

Literatura

1. Kostowski E.: Zbiór zadań z przepływu ciepła. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice (2006).
2. PN-EN 50130-5. Próby środowiskowe.
3. PN-EN 50132-7. Systemy alarmowe. Systemy dozorowane CCTV stosowane w zabezpieczeniach. Część 7: Wytyczne stosowania
4. PN-92/E-08106. Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy (Kod IP).
5. <http://www.dipol.com.pl/artykuly> (10.2008)

INTERFEJS WWW DLA OBLICZEŃ NUMERYCZNYCH Z WYKORZYSTANIEM BIBLIOTEK PROGRAMISTYCZNYCH BLAS ORAZ LAPACK

MICHAŁ PŁONECZKA

Edukacja Techniczno Informatyczna, EC3, 5 rok

Opiekun naukowy: prof. dr hab. inż. Tadeusz Burczyński,
dr inż. Wacław Kuś



Streszczenie. W artykule omówione zostało wykorzystanie biblioteki BLAS oraz pakietu LAPACK do tworzenia oprogramowania wykonującego obliczenia numeryczne. Opisana została także autorska aplikacja WWW ułatwiająca programowanie z użyciem tych bibliotek. Przedstawione zostały przykładowe programy wykonujące proste obliczenia numeryczne. W ostatniej części artykułu porównane zostały czasy wykonywania się algorytmów z użyciem biblioteki BLAS oraz standardowego algorytmu.

1. Wprowadzenie

W artykule zostały przedstawione biblioteki BLAS [1,3] oraz pakiet LAPACK [2,4] oraz przykład ich wykorzystania w obliczeniach. Celem przeprowadzonych testów było sprawdzenie wydajności oraz szybkości wykonywanych aplikacji napisanych z użyciem tych bibliotek.

2. Biblioteki BLAS i pakiet LAPACK

Biblioteka BLAS po raz pierwszy została wydana w 1979 roku. Zawiera ona wysokiej klasy procedury numeryczne do przeprowadzania podstawowych operacji na macierzach i wektorach. Docelowo biblioteka ta została stworzona dla języka Fortran – wszystkie procedury są właśnie w tym języku. Biblioteka BLAS została podzielona na trzy poziomy, w skład których wchodzi różne funkcje przeznaczone do operacji na wektorach oraz macierzach:

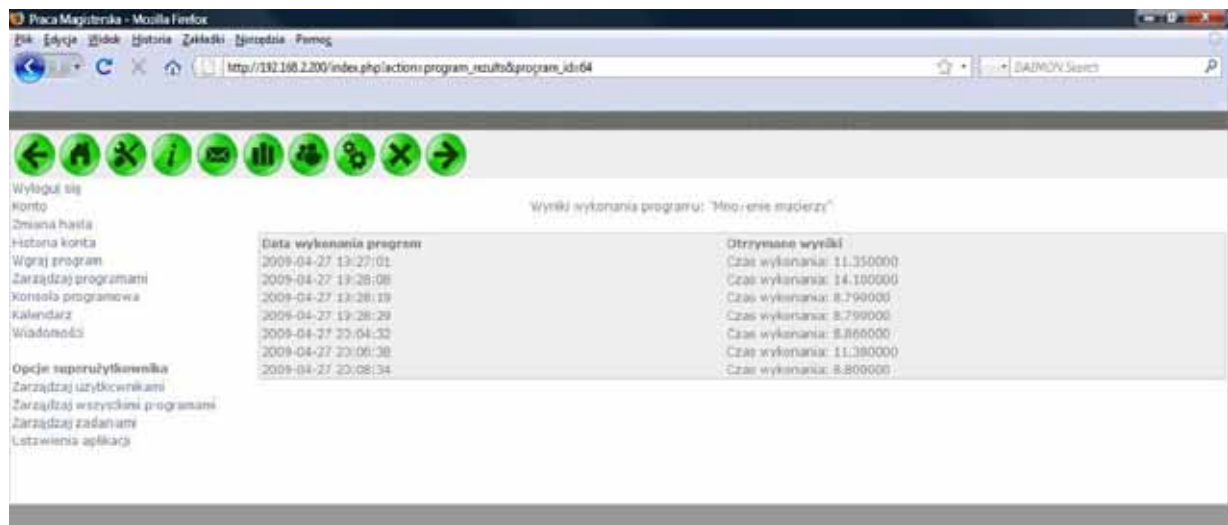
- Poziom 1 biblioteki BLAS zawiera procedury do wykonywania operacji typu wektor – wektor;
- Poziom 2 biblioteki BLAS zawiera procedury do wykonywania operacji typu macierz – wektor;
- Poziom 3 biblioteki BLAS zawiera procedury do wykonywania operacji typu macierz – macierz.

Pakiet LAPACK został stworzony w 1992 roku. W jego skład wchodzi biblioteka BLAS, od której w dużym stopniu jest uzależniona szybkość wykonywania działań na macierzach. Aktualna wersja pakietu LAPACK jest oznaczona numerem 3.2 i wydana została 17 kwietnia 2009 roku. Pakiet ten jest zbiorem procedur numerycznych z zakresu algebry liniowej.

Aby można korzystać z biblioteki BLAS oraz pakietu LAPACK za pomocą języków C oraz C++ stworzone zostały specjalne interfejsy programistyczne – CBLAS dla BLAS oraz CLAPACK dla LAPACK-a.

3. Interfejs WWW dla obliczeń numerycznych

W ramach wykonywanej pracy dyplomowej stworzona została przez autora aplikacja pozwalająca na korzystanie z bibliotek BLAS, LAPACK oraz mocy obliczeniowej serwera, za pomocą interfejsu WWW. Za jego pomocą użytkownicy, którzy zarejestrują się do systemu mogą pisać swoje programy, kompilować je, oraz planować czas kiedy powinny one zostać wykonane przez serwer. Użytkownik podczas planowania zadania posiada możliwość określenia czy na czas wykonywania się zadania ma zostać zarezerwowana cała moc obliczeniowa serwera, czy też nie jest to konieczne. Z powodów bezpieczeństwa w aplikacji został zaimplementowany system obiegu oprogramowania. Każdy etap procesu – od wgrania do aplikacji kodu źródłowego lub napisania go z poziomu interfejsu aż po wykonanie zadania musi być domyślnie zatwierdzony przez superużytkownika. Modyfikacja kodu źródłowego programu powoduje ponowne rozpoczęcie procesu obiegu programu. Każdy skompilowany program może zostać nieskończenie wiele razy użyty w planowanych zadaniach np. można zaplanować kilka zadań o różnych godzinach w celu porównania czasu wykonywania się algorytmu. Wyniki z wykonywanych zadań są zapisywane i można je przeglądać z poziomu strony www (Rys. 1). Interfejs www dodatkowo posiada wiele innych użytecznych opcji. Zaimplementowane zostało w nim kolorowanie składni programów dzięki czemu można w łatwy sposób poruszać się po strukturze kodu źródłowego. Dzięki zintegrowaniu interfejsu z edytorem WYSWIG (ang. What You See is What You Get) można tworzyć strony internetowe zawierające np. informacje dla użytkowników lub wyniki przeprowadzonych testów. Interfejs WWW zawiera także prosty system wymiany wiadomości tekstowych pomiędzy zarejestrowanymi użytkownikami.



Rys. 1. Przeglądanie otrzymanych wyników z poziomu interfejsu www

4. Porównanie programów realizujących algorytm mnożenia macierzy.

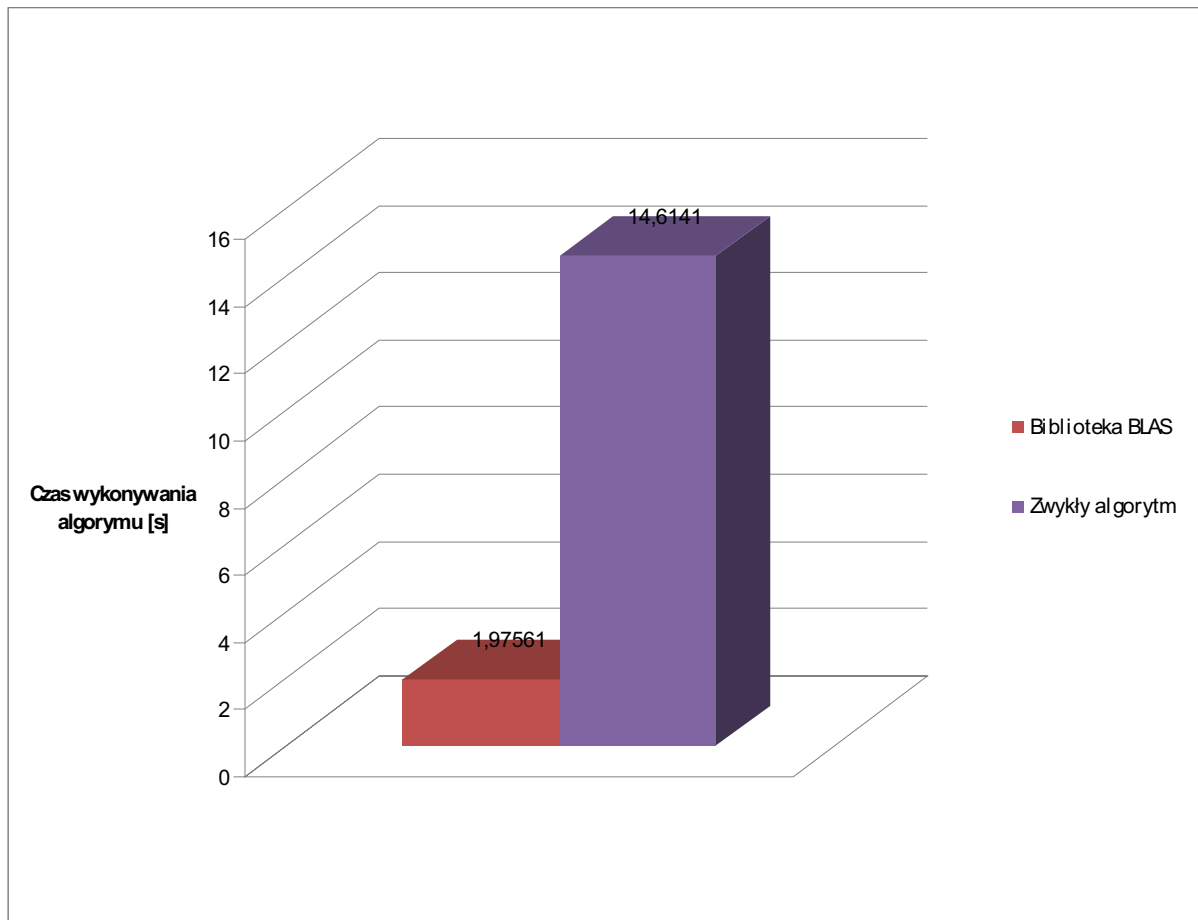
W celu przetestowania interfejsu www oraz przygotowanego środowiska serwerowego przygotowano dwie wersje programu obliczającego iloczyn dwóch macierzy (Tab. 1).

Tabela 1. Przykładowe kody źródłowe programów

Kod źródłowy dla wersji wykorzystującej bibliotekę BLAS	Kod źródłowy standardowego algorytmu
<pre> #include <stdlib.h> #include <stdio.h> #include <complex.h> #include <cbblas.h> #include <time.h> int main() { clock_t start; clock_t stop; complex a[500][400], b[400][350], c[500][350]; complex alpha=(1.0,0.1); complex beta=(0.5,1.0); int i,j; srand(time(NULL)); for(i=0; i<400; i++) { for(j=0; j<350; j++) { b[i][j] = rand()%100; } } for(i=0; i<500; i++) { for(j=0; j<400; j++) { a[i][j] = rand()%100; } } start = clock(); cblas_cgemm(CblasRowMajor, CblasNoTrans, CblasNoTrans, 500, 350, 400, &alpha, a, 400, b, 350, &beta, c, 350); stop=clock(); printf("\r\nCzas wykonania: %f\r\n\r\n ", (double)(stop-start)/CLOCKS_PER_SEC); return 0; } </pre>	<pre> #include <stdlib.h> #include <stdio.h> #include <time.h> #include <complex.h> int main() { clock_t start; clock_t stop; complex a[500][400], b[400][350], c[500][350]; int i,j,k; srand(time(NULL)); for(i=0; i<400; i++) { for(j=0; j<350; j++) { b[i][j] = rand()%100; } } for(i=0; i<500; i++) { for(j=0; j<400; j++) { a[i][j] = rand()%100; } } start = clock(); for (i = 0; i < 500; i++) for (j = 0; j < 350; j++) { c[i][j] = 0; for (k = 0; k < 400; k++) c[i][j] = a[i][k] * b[k][j]+c[i][j]; } stop=clock(); printf("\r\nCzas wykonania: %f\r\n\r\n ", (double)(stop-start)/CLOCKS_PER_SEC); return 0; } </pre>

Każdy z programów został uruchomiony dziesięciokrotnie. Otrzymane czasy wykonywania obliczeń pozwoliły na obliczenie średniego czasu wykonywania się algorytmu dla obu wersji programu (Rys. 2). Zgodnie z przewidywaniami program wykorzystujący bibliotekę BLAS wykonywał się średnio w 1.97561 s, gdy program oparty na standardowym algorytmie obliczania iloczynu macierzy wykonywał się średnio 14.6141 s.

W programach zostały użyte macierze $A[500][400]$ oraz $B[400][350]$. Podczas operacji mnożenia takich macierzy wykonywane jest 70000000 operacji.



Rys. 2 Porównanie czasu obliczeń dwoma programami

5. Podsumowanie

Zastosowanie bibliotek BLAS oraz pakietu LAPACK w połączeniu z systemem Linux pozwoliło na otrzymanie bardzo dobrych czasów obliczeń. Dzięki kompilacji bibliotek na daną architekturę sprzętową można w 100% wykorzystać moc obliczeniową serwera dzięki czemu wykonywane obliczenia będą wykonywane jeszcze wydajniej i szybciej.

Literatura

1. Dokumentacja BLAS <http://www.netlib.org/blas/>
2. Dokumentacja LAPACK <http://www.netlib.org/lapack/>
3. Dokumentacja Goto BLAS <http://www.tacc.utexas.edu/resources/software/#blas>
4. Dokumentacja MKL <http://www.intel.com/cd/software/products/asm-na/eng/307757.htm>

APLIKACJA KOMPUTEROWA DO WSPOMAGANIA ANALIZY RAN OPARZENIOWYCH

PAWEŁ PRZĄDO

Edukacja Techniczno-Informatyczna, EC3, 5 rok
Opiekunowie naukowci: prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak,
dr inż. Mirosław Dziewoński



Streszczenie. W artykule przedstawiono aplikację komputerową wspomagającą analizę zdjęć ran oparzeniowych. Omówiono podstawowe pojęcia związane z grafiką komputerową, a także operacje dotyczące przetwarzania obrazu, które zostały zaimplementowane w programie.

1. Wprowadzenie

Oparzenia to na ogół niegroźne, ale bolesne urazy. Rzadziej mamy do czynienia z oparzeniem na tyle poważnym, że konieczna jest pomoc lekarska lub leczenie szpitalne. Niezbyt częste są na szczęście przypadki śmiertelne, których przyczyną jest oparzenie. Jednak ból, powolne gojenie się ran powstałych w wyniku oparzeń oraz rozległe, szpecące blizny są ważnymi przesłankami, aby podejmować próby wspomagania procesu leczenia. Oparzenia często dotyczą dzieci. Nie potrafią one unikać sytuacji, które mogą być dla nich niebezpieczne. Dzieci mają poza tym dużo bardziej wrażliwą skórę i tkanki podskórne niż dorośli, a więc odniesione przez nie urazy są o wiele groźniejsze.

Praktycznie każde oparzenie wymaga właściwego postępowania leczniczego, które stwarza możliwości zmniejszenia jego skutków pod warunkiem odpowiedniej i szybko zastosowanej procedury medycznej.

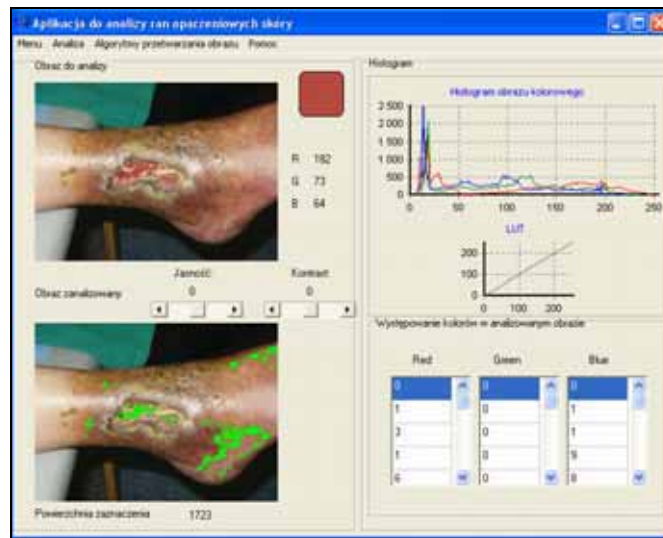
Przedstawiona w niniejszym artykule aplikacja komputerowa może wspomagać pracę lekarzy w czasie trwania postępowania leczniczego. Dzięki niej będą oni mogli nie tylko określić aktualny stan pacjenta, ale również stwierdzić jak przebiega lub, co gorsza, nie następuje gojenie się rany oparzeniowej. Za pomocą różnorodnych sposobów modyfikacji obrazu osoba prowadząca leczenie będzie mogła uzyskać ważne informacje dotyczące przede wszystkim stanu poszkodowanego, a także je zapisywać i ponownie wykorzystywać przy kolejnych wizytach.

2. Aplikacja komputerowa

Program komputerowy napisano w środowisku programistycznym CodeGear RAD Studio, będącym narzędziem do tworzenia aplikacji w języku programowania C++. Aplikacja (rys. 1) pozwala na:

- odczyt i zapis obrazów w najpopularniejszych formatach graficznych tj. BMP i JPG zarówno z dysku jak i schowka systemowego,
- dokonanie analizy zdjęcia poprzez zaznaczenie i uwydatnienie wybranego przez użytkownika obszaru badań o podobnej kolorystyce i natężeniu barw oraz obliczenie jego powierzchni,
- tworzenie histogramów, czyli wykresów składowych barw czerwonego, zielonego i niebieskiego, z których stworzony jest obraz,
- odczyt liczby poszczególnych kolorów występujących w zdjęciu,

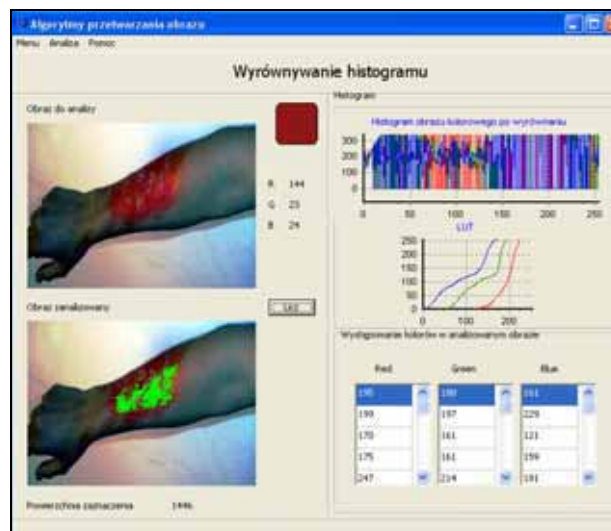
- płynną zmianę jasności i kontrastu oraz nasycenia kolorów,
- korekcję Gamma, a także wykonanie negatywu wczytanego obrazu,
- poprawę jakości zdjęcia poprzez wyrównanie oraz rozciągnięcie histogramu.



Rys. 1. Okno główne programu



Rys. 2. Oparzenie termiczne drugiego stopnia



Rys. 3. Oparzenie termiczne drugiego stopnia po wyrównaniu histogramu

Niektóre fotografie nie wymagają obróbki, aby program wskazał obszar rany o wybranym przez użytkownika odcieniu (rys. 1). Niestety, jednak nie wszystkie zdjęcia są tak dokładne, a prawidłowe odczytanie informacji z nich płynących może być znacznie utrudnione. Wtedy

przychodzą nam z pomocą różne metody obróbki obrazu. Widać to na rysunkach 2 i 3. Zdjęcie (rys. 2), z którego można było błędnie odczytać powierzchnię oparzenia, sugerując się między innymi zaczerwienieniem wokół rany, zostało poddane obróbce zwanej wyrównaniem histogramu (rys. 3). Teraz o wiele lepiej widać szczegóły i łatwiej rozgraniczyć obszary skóry uszkodzone termicznie od tych, które były tylko zaczerwienione.

Dzięki metodom obróbki obrazów jesteśmy w stanie poprawić jakość informacji zawartych w bitmapie.

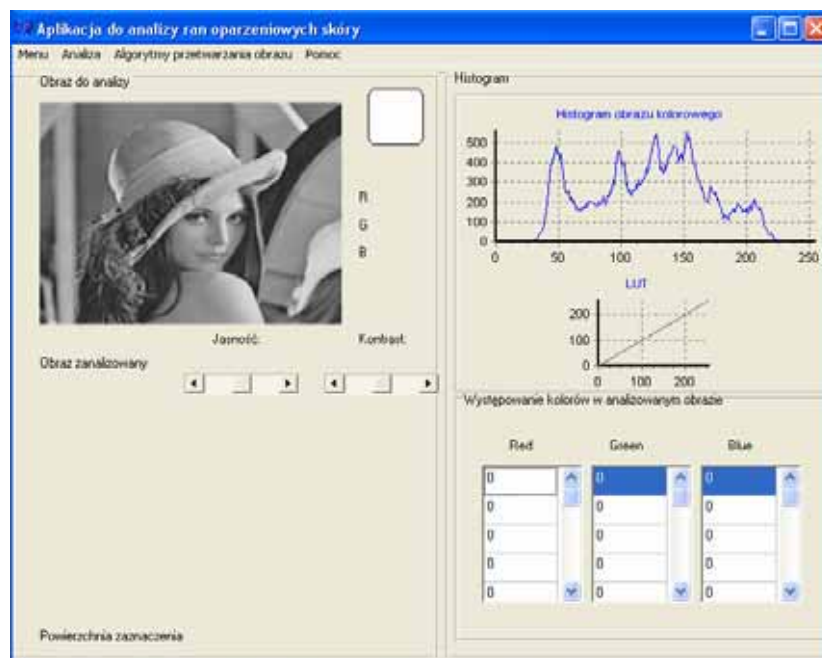
3. Przetwarzanie obrazów

Wyjaśnimy teraz pojęcie histogramu. Rozważmy zdjęcie cyfrowe, dla prostoty monochromatyczne. Składa się ono z kilku milionów małych kwadracików o różnej jasności jednego koloru (np. czerni). Kwadraciki są tak małe, że oko ludzkie nie widzi granicy między nimi, co daje poczucie ciągłości odcieni. Dla urządzenia elektronicznego, jakim jest aparat cyfrowy, są to jednak oddzielne elementy.

Odpowiedni program zapisany w procesorze aparatu potrafi rozróżnić 256 odcieni szarości tych elementów, przypisując wartość 0 czarnym, 255 białym a pośrednie wartości (1 do 254) elementom o coraz jaśniejszym odcieniu. Mając te dane, program nanosi na monitor wykres (histogram – rys. 4):

- na osi X (poziomej) numery odpowiadające jasności elementów,
- na osi Y (pionowej) liczbę elementów o danej jasności.

Bardziej zaawansowaną formą histogramu jest pokazanie jasności trzech podstawowych kolorów: czerwonego (R), zielonego (G) i niebieskiego (B). Taki histogram nazywany jest histogramem RGB. Umiejętność "odczytania" histogramu pozwala na lepszy dobór ekspozycji.



Rys. 4. Histogram obrazu „Lena” w odcieniach szarości

Histogram to wykres, który pokazuje, jaki jest rozkład ilościowy elementów o różnej jasności.

Wyrównywanie histogramu ma na celu takie dobranie wartości, aby wykres był możliwie „płaski”. Wyrównanie histogramu pozwala na uwypuklenie tych szczegółów w obrazie, które z uwagi na niewielki kontrast są mało widoczne. Należy jednak zauważyć, że nie jest to metoda uniwersalna i w przypadku niektórych histogramów nie daje zadowalających rezultatów. Wyrównywanie histogramu rozpoczynamy od policzenia dystrybuanty rozkładu prawdopodobieństwa:

$$D(x) = \int_{-\infty}^x h(x) dx \quad (1)$$

która w przypadku dyskretnym przyjmuje postać:

$$D(n) = \sum_{i=0}^n h(i) \quad (2)$$

Na podstawie dystrybuanty otrzymujemy tablicę LUT, której elementy wyznaczamy ze wzoru:

$$LUT(i) = \frac{D(i) - D_0}{1 - D_0} (k - 1) \quad (3)$$

gdzie i to wartość składowej obrazu oryginalnego, D_0 - pierwsza niezerowa wartość dystrybuanty obrazu oryginalnego, k - liczba możliwych wartości składowych obrazu.

Z uwagi na dyskretny charakter histogramu obrazu możliwe są sytuacje, że piksele o początkowo różnych wartościach po wyrównywaniu histogramu będą miały taką samą wartość.

4. Podsumowanie

Przedstawiona aplikacja komputerowa może wspomagać pracę lekarzy jak i wszystkich użytkowników, którzy zajmują się obróbką zdjęć. Wykorzystanie wielu metod cyfrowej obróbki obrazu, ich wzajemne przenikanie i nakładanie się, wskazuje na szeroki zakres możliwych zastosowań. Dzięki intuicyjnemu interfejsowi i pomocy dostępnej w menu, każdy będzie mógł szybko nauczyć się obsługi programu i wykorzystać go w odpowiednim dla siebie celu.

Literatura

1. <http://cyfbar.republika.pl/grafika.html>
2. <http://psi.zawidz.pl/psi/kurs/tipstricks.html>
3. Daniluk A., C++Builder Borland Developer Studio 2006. Kompendium programisty, (2006).
4. Porębski W., Programowanie w języku C++, Help.

NUMERYCZNA I DOŚWIADCZALNA ANALIZA MODALNA MASZYNY DO TESTÓW WSTRZĄSOWYCH

MATEUSZ SALWICZEK

Automatyka i Robotyka, AB3, 5 rok

Opiekunowie naukowci: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Burczyński,
dr inż. Adam Długosz



Streszczenie. Głównym celem pracy jest analiza modalna maszyny czyli wyznaczenie częstości oraz postaci drgań własnych. Na podstawie przeprowadzonego eksperymentu modalnego możliwe było określenie poprawności dokonanej analizy numerycznej – weryfikacja modelu oraz dobranych parametrów. W efekcie istnieje możliwość optymalizacji konstrukcji za pomocą oprogramowania MES. Założeniem optymalizacji jest uniknięcie zjawiska rezonansu mechanicznego.

1. Wprowadzenie

W dobie wszechobecnych komputerów proces projektowania nie może obejść się bez systemów komputerowego wspomaganie. Weryfikacja konstrukcji również coraz częściej bazuje na metodach numerycznych. Najbardziej popularna - Metoda Elementów Skończonych (MES) pozwala na uzyskanie wyników dla skomplikowanych geometrii oraz warunków brzegowych, dla których niemożliwe jest przeprowadzenie obliczeń analitycznych lub było by to nadzwyczaj trudne. Oznacza to, że dane zagadnienie może być symulowane numerycznie, bez konieczności budowania prototypu. Obniża to koszty, skraca czas oraz znacznie ułatwia proces optymalizacji konstrukcji.

Zjawisko rezonansu mechanicznego zachodzi pomiędzy układami drgającymi kiedy częstotliwości ich drgań zbliżają się do częstotliwości drgań własnych. Objawia się ono znacznym wzrostem amplitudy. Jest to podstawowe zjawisko wykorzystywane w procesie generowania dźwięku w instrumentach muzycznych lecz w przypadku maszyn najczęściej jest to zjawisko niepożądane gdyż może doprowadzić do błędnego działania lub obniżenia trwałości.

2. Przedmiot badań

W pracy analizowano maszynę, która pozwala na przeprowadzenie badań wstrząsowych dowolnych obiektów (Rys.1). Do ramy maszyny przymocowany jest siłownik hydrauliczny, który umożliwia pobudzenie badanego przedmiotu do drgań. Wymuszenia mogą mieć charakter sinusoidalny, okresowy, harmoniczny, bądź też można przypisać im dowolną funkcję przebiegu.

Urządzenie to powinno być skonstruowane tak aby częstotliwości drgań własnych jego struktury nie znajdowały się w zakresie wymuszeń jakie może osiągnąć układ wykonawczy maszyny. W przeciwnym wypadku istnieje możliwość powstania zjawiska rezonansu mechanicznego. Zjawisko to może wprowadzić poważne błędy do pomiarów wykonywanych przez urządzenie lub nawet je zniszczyć.



Rys. 1. Maszyna do badań wstrząsowych.

Tabela 1. Dane techniczne

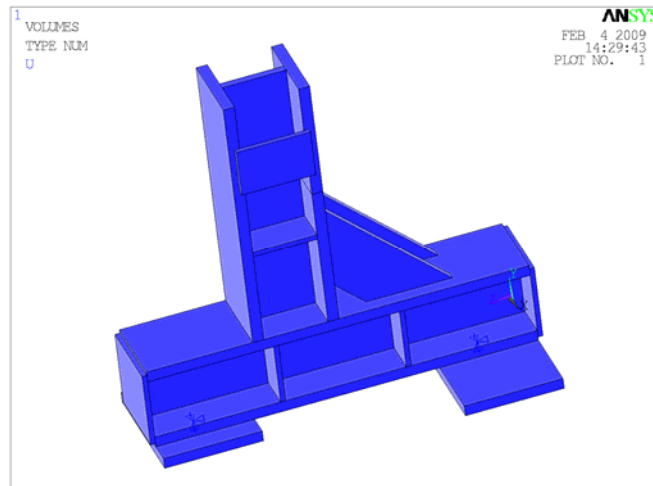
wymiary gabarytowe	dł./szer./wys. [mm]	1590/900/1445
materiał ramy	Stal	
	Gęstość	7850 kg/m ³
	Moduł Younga	210 000 MPa
	Liczba Poissona	0.3
zakres wymuszeń	Max	200 Hz
maksymalne przyspieszenia drgań		100 G

3. Numeryczna analiza modalna - wstępna

W pierwszej kolejności przeprowadzono wstępną analizę numeryczną, która miała na celu:

1. porównanie wpływu typu elementu skończonego na wyniki
2. wstępne określenie postaci drgań własnych

Przeprowadzono ją tylko dla ramy maszyny (bez układu wykonawczego) – w późniejszym etapie pozwoliło to określić wpływ układu wykonawczego na częstotliwości drgań własnych.



Rys. 2. Model ramy maszyny

Do porównania wpływu elementu wybrano następujące rodzaje elementów:

- przestrzenne czworoscienne 10 węzłowe z kwadratową funkcją kształtu – TET10 (162183 elementów)
- przestrzenne sześcioscienne 8 węzłowe z liniową funkcją kształtu – HEX8 (151032 elementów)
- powłokowe czworoboczne 8 węzłowe z kwadratową funkcją kształtu – SHELL8 (4560 elementów)

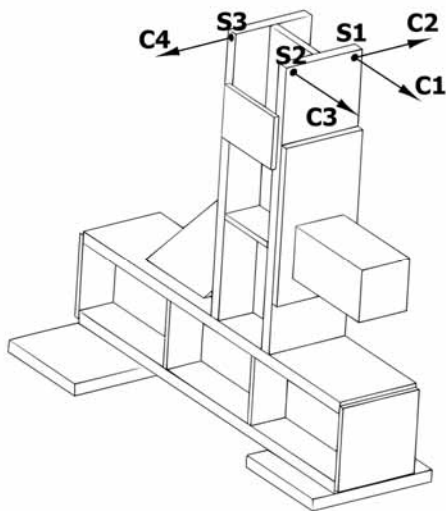
Okazało się, że różnica wyników w przypadku elementów przestrzennych nie przekracza 0.25%. Natomiast wyniki dla modelu powłokowego znacznie odbiegały od pozostałych. Grubości ścian ramy maszyny są na tyle duże, że nie można ich przedstawiać za pomocą płaskich elementów skończonych. Zatem do modelu numerycznego tej maszyny można stosować dowolne elementy przestrzenne przy odpowiednio gęstej dyskretyzacji.

Pierwsze trzy postacie drgań własnych znajdowały się w zakresie do 250 Hz oraz odnosiły się do górnej części maszyny. Najważniejsza pod względem eksploatacji maszyny okazała się druga, (skrętna postać drgań) gdyż znajdowała się w okolicy częstotliwości najczęściej używanej do testów czyli 150 Hz. Znajomość postaci drgań własnych pomogła w określeniu położenia czujników dla metody doświadczalnej.

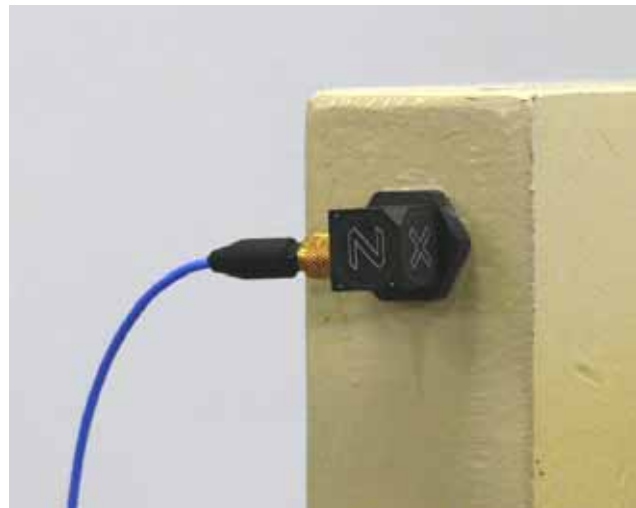
4. Eksploatacyjna analiza modalna

Na podstawie analizy z wykorzystaniem MES określono punkty pomiarowe, w których umieszczono akcelerometry S1, S2 i S3.

Eksperyment modalny polegał na pomiarze przyspieszeń drgań w zależności od częstotliwości wymuszenia pochodzącego od siłownika. Kierunki pomiarów C1, C2, C3 i C4 poszczególnych akcelerometrów pokazano na rys 3.



Rys. 3. Rozmieszczenie czujników oraz kierunki pomiaru

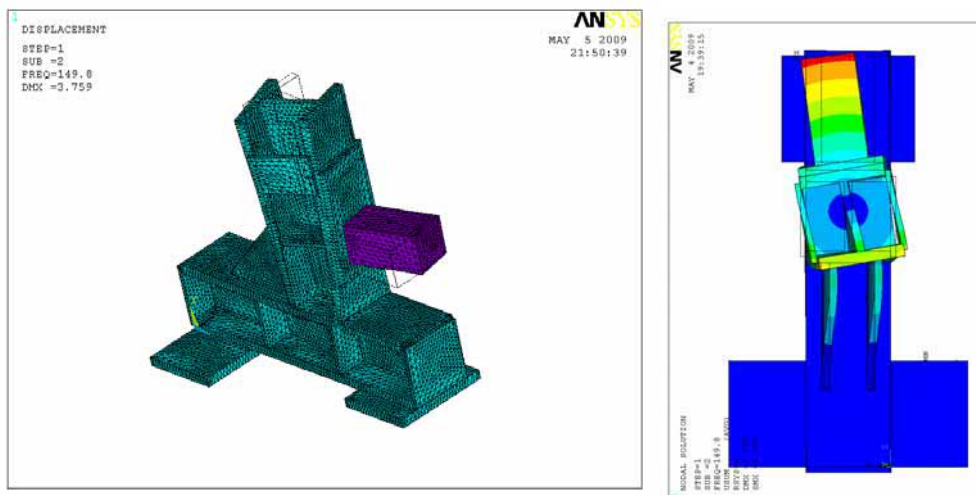


Rys. 4. Akcelerometr

Zgodnie z teorią zjawiska rezonansu, kiedy częstotliwość wymuszenia zbliżała się do częstotliwości rezonansowej, amplituda drgań zwiększała się kilkukrotnie. Na tej podstawie określono częstotliwości drgań własnych znajdujące się w zakresie wymuszeń układu wykonawczego (do 200Hz).

5. Numeryczna analiza modalna - właściwa

Polegała ona na wyznaczeniu częstości drgań własnych dla kompletnego modelu maszyny wraz z układem wykonawczym – ze względu na łatwość generowania siatki model zdyskretyzowano elementami TET10 (162183 elementy).



Rys 5. Druga postać drgań własnych (149.8 Hz)

Tabela 2. Zestawienie wyników

moda	wstępna analiza numeryczna (bez siłownika)	eksperyment modalny	właściwa analiza modalna (kompletny model)
1	51.789 Hz	~50 Hz	48.824 Hz
2	174.14 Hz	~150 Hz	149.80 Hz
3	240.86 Hz		224.54 Hz

Okazało się, że zwiększenie masy maszyny spowodowało obniżenie częstotliwości drgań własnych. Natomiast wyniki otrzymane dla takiego modelu były bardzo zbliżone do tych uzyskanych z eksperymentu. Zatem można stwierdzić, że przygotowany model numeryczny wraz z założonymi parametrami jest poprawny.

Na tej podstawie sporządzony model numeryczny można wykorzystać do optymalizacji konstrukcji.. Optymalizacja tejże konstrukcji może polegać na modyfikacji rozkładu masy lub na zmianie geometrii układu.

6. Podsumowanie

Metoda Elementów Skończonych to potężne narzędzie do rozwiązywania problemów inżynierskich lecz tylko w rękach doświadczonego inżyniera z nie małą wiedzą. Na poprawność wyników analizy numerycznej wpływa wiele czynników, m.in.: dobór elementu skończonego, gęstości siatki, dobór parametrów materiałowych oraz parametrów analizy, a nawet umiejętność interpretowania otrzymanych wyników. W pracy wykazano dużą zbieżność wyników analizy numerycznej w porównaniu z danymi uzyskanymi w eksperymencie.

Przedstawioną maszynę najczęściej wykorzystuje się do badań w okolicy częstotliwości 150 Hz. Zatem istnieje duże prawdopodobieństwo zajścia zjawiska rezonansu. Wyniki badań zawarte w pracy mogą stanowić cenną informację o niebezpiecznych zakresach pracy maszyny do testów wstrząsowych

Literatura

1. Cempel C., Drgania mechaniczne. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 1984.
2. Osiński Z., Teoria drgań. PWN Warszawa 1978
3. Żółtowski B., Zeszyty naukowe akademii morskiej w Szczecinie

NUMERYCZNA REALIZACJA ZADANIA PROGRAMOWANIA KWADRATOWEGO

ŁUKASZ TURCHAN

Automatyka i Robotyka, AB3, 5 rok

Opiekunowie naukowci: prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak,
dr inż. Marek Jasiński



Streszczenie. W artykule omówiono problem programowania kwadratowego wraz z przykładem zastosowania. Przedstawiono również autorski program komputerowy bazujący na metodzie Wolfe'a do rozwiązywania tego typu zadań.

1. Programowanie kwadratowe

Zadanie programowania kwadratowego polega na wyznaczeniu maksimum kwadratowej funkcji celu przy zadanych ograniczeniach liniowych [1]

$$f(\mathbf{x}) = \mathbf{p}^T \mathbf{x} - \mathbf{x}^T \mathbf{C} \mathbf{x} \quad (1)$$

$$\mathbf{A} \mathbf{x} \leq \mathbf{b}, \mathbf{x} \geq \mathbf{0} \quad (2)$$

Aby wyznaczyć rozwiązanie tego typu problemów, najpierw należy zbudować zadanie zastępcze, a następnie wykorzystać metodę Wolfe'a bazującą na zmodyfikowanym algorytmie simpleks.

Sformułowanie zadania zastępczego rozpoczyna się od sprowadzenia warunków ograniczających do postaci kanonicznej (bazowej) [1]:

$$\bullet \quad a_{j1} \cdot x_1 + a_{j2} \cdot x_2 + \dots + a_{jn} \cdot x_n \leq b_j \quad (3)$$

$$\downarrow$$

$$a_{j1} \cdot x_1 + a_{j2} \cdot x_2 + \dots + a_{jn} \cdot x_n + x'_j = b_j$$

$$\bullet \quad a_{j1} \cdot x_1 + a_{j2} \cdot x_2 + \dots + a_{jn} \cdot x_n \geq b_j \quad (4)$$

$$\downarrow$$

$$a_{j1} \cdot x_1 + a_{j2} \cdot x_2 + \dots + a_{jn} \cdot x_n - x'_j + v_j = b_j$$

Zmienne sztuczne v_j w funkcji celu występują ze współczynnikiem równym 1. Następnie wprowadza się funkcję Lagrange'a [1]

$$L(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = f(\mathbf{x}) + \mathbf{y} \cdot \mathbf{g}(\mathbf{x}) \quad (5)$$

gdzie \mathbf{y} jest wektorem mnożników Lagrange'a.

Zakłada się, że istnieją pochodne cząstkowe funkcji f oraz g_i , dla $i = 1, 2, \dots, m$ i formułuje się następujące warunki nazywane warunkami Kuhna - Tuckera [1]:

$$\nabla_x L(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \mathbf{0}, \quad \mathbf{y} \cdot \mathbf{g}(\mathbf{x}) = \mathbf{0}, \quad \mathbf{g}(\mathbf{x}) \geq \mathbf{0}, \quad \mathbf{y} \geq \mathbf{0} \quad (6)$$

Ostatnim etapem jest wprowadzenie zmiennych sztucznych typu w_j do ograniczeń zadania zastępczego wynikającego z pierwszego warunku Kuhna – Truckera. Zmienne te należy uwzględnić w funkcji celu ze współczynnikiem równym 1. Otrzymuje się

$$\sum_{i=1}^n v_i + \sum_{j=1}^m w_j \rightarrow \text{MIN} \quad (7)$$

$$\mathbf{M} \cdot \mathbf{Z} = \mathbf{B}$$

gdzie \mathbf{M} jest macierzą lewej strony ograniczeń zadania zastępczego, \mathbf{Z} wektorem zmiennych (niewiadomych), natomiast \mathbf{B} – wektorem prawej strony ograniczeń, przy czym

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \bar{\mathbf{x}}' & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \bar{\mathbf{v}} & \mathbf{0} \\ 2\mathbf{C} & \mathbf{0} & \mathbf{A}^T & -\bar{\mathbf{y}}' & \mathbf{0} & \bar{\mathbf{w}} \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\mathbf{B} = [\mathbf{b} \quad \mathbf{p}]^T \quad (9)$$

$$\mathbf{Z} = [\mathbf{x} \quad \mathbf{x}' \quad \mathbf{y} \quad \mathbf{y}' \quad \mathbf{v} \quad \mathbf{w}]^T \quad (10)$$

gdzie \mathbf{A} to macierz współczynników ograniczeń (por. wzór (2)), \mathbf{C} - macierz formy kwadratowej, \mathbf{b} - wektor wyrazów wolnych ograniczeń, \mathbf{p} - wektor funkcji liniowej, \mathbf{x}' - wektor zmiennych bilansujących, $\bar{\mathbf{x}}'$ - jednostkowa macierz dla zmiennych bilansujących, \mathbf{v} - wektor zmiennych sztucznych typu v_j , $\bar{\mathbf{v}}$ - jednostkowa macierz dla zmiennych sztucznych typu v_j , \mathbf{y} - wektor mnożników Lagrange'a przy ograniczeniach, \mathbf{y}' - wektor mnożników Lagrange'a przy warunkach nieujemności, $\bar{\mathbf{y}}'$ - jednostkowa macierz dla zmiennych typu y' , \mathbf{w} - wektor zmiennych sztucznych typu w_j , $\bar{\mathbf{w}}$ - jednostkowa macierz dla zmiennych w_j .

2. Przykład obliczeń

Elektrownia w ciągu doby produkuje 16MWh energii, która przesyłana jest do 4 zakładów produkcyjnych. Funkcja zysków z przesyłania energii do tych zakładów dana jest następującym wzorem

$$f(x) = 60x_1 + 55x_2 + 69x_3 + 70x_4 - (4x_1^2 + 2x_2^2 + 5x_3^2 + 3x_4^2) - (2x_1x_2 + 2x_1x_3 + 4x_1x_4 + 2x_2x_3 + 2x_2x_4 + 4x_3x_4) \quad (11)$$

gdzie x_1 to ilość energii przesłanej do zakładu I, x_2 – do zakładu II, x_3 – do zakładu III, x_4 – do zakładu IV. Rozdzielić produkowaną energię pomiędzy wszystkie cztery zakłady tak, aby osiągnąć maksymalny zysk z jej przesyłu. Dodatkowo należy uwzględnić, że do zakładu I nie można wysłać więcej niż 4,5MWh, natomiast zakład III wymaga co najmniej 5MWh. Należy także sprzedać całą wytworzoną energię.

W pierwszej kolejności trzeba sformułować zadanie początkowe:

$$\begin{aligned} f(x) &= 60x_1 + 55x_2 + 69x_3 + 70x_4 - (4x_1^2 + 2x_2^2 + 5x_3^2 + 3x_4^2) - \\ &- (2x_1x_2 + 2x_1x_3 + 4x_1x_4 + 2x_2x_3 + 2x_2x_4 + 4x_3x_4) \rightarrow \text{MAX} \\ 1x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 &\leq 4,5 \\ 0x_1 + 0x_2 + 1x_3 + 0x_4 &\geq 5 \\ 1x_1 + 1x_2 + 1x_3 + 1x_4 &= 16 \\ x_1, x_2, x_3, x_4 &\geq 0 \end{aligned} \quad (12)$$

Następnie, na podstawie wzorów (3), (4), ograniczenia występujące w zadaniu (12) sprowadza się do postaci bazowej:

$$\begin{aligned}x_1 + x'_1 &= 4,5 \\x_3 - x'_2 + v_1 &= 5 \\x_1 + x_2 + x_3 + x_4 &= 16\end{aligned}\tag{13}$$

Kolejnym etapem jest zapisanie funkcji Lagrange'a i warunków Kuhna – Tuckera:

$$\begin{aligned}L(\mathbf{x}, \mathbf{x}', \mathbf{y}, \mathbf{y}') &= 60x_1 + 55x_2 + 69x_3 + 70x_4 - (4x_1^2 + 2x_2^2 + 5x_3^2 + 3x_4^2) - \\&- (2x_1x_2 + 2x_1x_3 + 4x_1x_4 + 2x_2x_3 + 2x_2x_4 + 4x_3x_4) + y_1(4,5 - x_1) + y_2(5 - x_3) + \\&+ y_3(16 - x_1 - x_2 - x_3 - x_4) + y'_1x_1 + y'_2x_2 + y'_3x_3 + y'_4x_4 \\ \frac{\partial L}{\partial x_1} &= 60 - 8x_1 - 2x_2 - 2x_3 - 4x_4 - y_1 - y_3 + y'_1 = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial x_2} &= 55 - 4x_2 - 2x_1 - 2x_3 - 2x_4 - y_2 + y'_2 = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial x_3} &= 69 - 10x_3 - 2x_1 - 2x_2 - 4x_4 - y_2 - y_3 + y'_3 = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial x_4} &= 70 - 6x_4 - 4x_1 - 2x_2 - 4x_3 - y_3 + y'_4 = 0 \\ &y_1(4,5 - x_1) + y_2(5 - x_3) + y_3(16 - x_1 - x_2 - x_3 - x_4) + \\ &+ y'_1x_1 + y'_2x_2 + y'_3x_3 + y'_4x_4 = 0 \\ &y_1, y_2, y_3, y'_1, y'_2, y'_3, y'_4 \geq 0\end{aligned}\tag{14}$$

Trzeci warunek Kuhna–Tuckera (6) jest powtórzeniem warunków ograniczających z zadania początkowego, z uwzględnieniem zmiennych sztucznych i bilansujących.

Na podstawie tak przekształconego zadania, można zapisać zadanie zastępcze

$$\begin{aligned}\text{FC: } & v_1 + w_1 + w_2 + w_3 + w_4 \rightarrow \text{MIN} \\ \text{O: } & x_1 + x'_1 = 4,5 \\ & x_3 - x'_2 + v_1 = 5 \\ & x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 16 \\ & 8x_1 + 2x_2 + 2x_3 + 4x_4 + y_1 + y_3 - y'_1 + w_1 = 60 \\ & 4x_2 + 2x_1 + 2x_3 + 2x_4 + y_2 - y'_2 + w_2 = 55 \\ & 10x_3 + 2x_1 + 2x_2 + 4x_4 + y_2 + y_3 - y'_3 + w_3 = 69 \\ & 6x_4 + 4x_1 + 2x_2 + 4x_3 + y_3 - y'_4 + w_4 = 70 \\ \text{WB: } & \mathbf{x}, \mathbf{x}', \mathbf{y}, \mathbf{y}', \mathbf{v}, \mathbf{w} \geq \mathbf{0}\end{aligned}\tag{15}$$

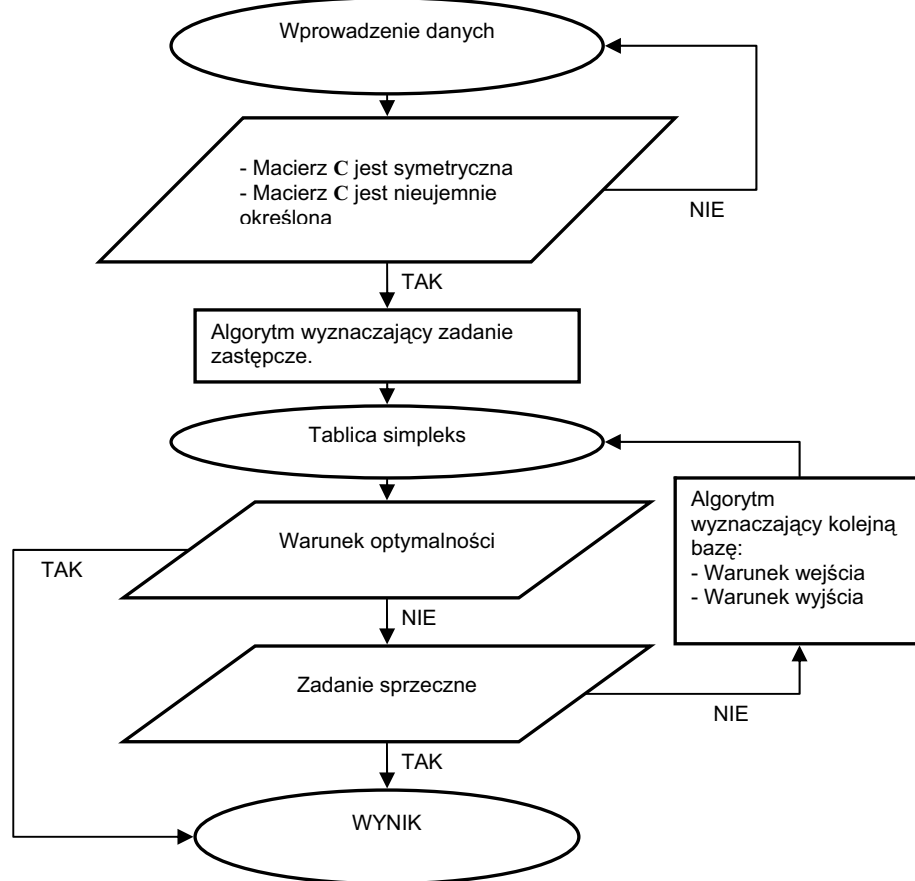
Rozwiązanie jest następujące:

$$x_1 = 1,6875 \quad x_2 = 5,9375 \quad x_3 = 5 \quad x_4 = 3,375\tag{16}$$

Tak więc, do elektrowni I należy przesłać 1,6875MWh, do elektrowni II - 5,9375MWh, do elektrowni III – 5MWh, a do elektrowni IV – 3,375MWh energii.

3. Program komputerowy

Autorska aplikacja do wyznaczania rozwiązań zadań programowania kwadratowego korzysta z metody Wolfe'a. Na rysunku 1 przedstawiono algorytm programu, który został napisany w języku programowania wyższego rzędu C++/CLI.



Rys. 1. Algorytm działania programu

W celu wykonania obliczeń, do programu należy wprowadzić jedynie współczynniki funkcji celu oraz ograniczeń. Program jest intuicyjny i łatwy w użytkowaniu, a otrzymane wyniki można zapisać do plików tekstowych lub plików z rozszerzeniem *csv*.

4. Wnioski

Dzięki zastosowaniu metody Wolfe'a, zadania programowania kwadratowego można rozwiązywać przy użyciu efektywnego, zmodyfikowanego algorytmu simpleks. Istotnym problemem podczas pisania programu była konieczność uwzględnienia wszystkich przypadków szczególnych pojawiających się w metodzie Wolfe'a.

Literatura

1. Trzaskalik T., Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2003..
2. Praca zbiorowa pod red. Ewy Majchrzak. Dziewoński M., Jasiński M., Kałuża G., Majchrzak E., Mendakiewicz J., Paruch M., Piasecka-Belkhat A., Badania operacyjne. Teoria i zastosowania, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.