POSTĘPY nauki i techniki

Advances in Science and Technology

2/2008

Zespół Redakcyjny:

Gabriel Borowski – *redaktor naczelny*
Monika Wrona – *sekretarz redakcji*
Paweł Kordos
Aneta Duda

Czasopismo recenzowane

Rada Programowa:

- Prof. dr hab. inż. Klaudiusz Lenik – *przewodniczący Rady* – Politechnika Lubelska
- Prof. dr hab. inż. Jerzy Bursa – Politechnika Śląska w Gliwicach
- Prof. dr hab. inż. Franciszek Kluza – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
- Prof. dr hab. inż. Mirosław W. Kindraczuk – National Aviation University, Kiev
- Prof. dr hab. inż. Mykhaylo Pashechko – Politechnika Lubelska
- Prof. dr hab. inż. Tadeusz Pełczyński – Politechnika Lubelska
- Prof. dr hab. inż. Jan Senatorski – Instytut Mechaniki Precyzyjnej w Warszawie
- Dr hab. inż. Marek Jakubowski, prof. PL – Politechnika Lubelska
- Dr hab. inż. Franciszek Lis, prof. PL – Politechnika Lubelska
- Dr hab. inż. Dorota Wójcicka-Migasiuk, prof. PL – Politechnika Lubelska
- Mgr inż. Chojnacki Paweł – Prezes Zarządu Oddziału SIMP w Lublinie

Adres Redakcji:

Politechnika Lubelska
Katedra Podstaw Techniki
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38
tel. (0 81) 538 14 89, fax (0 81) 525 93 85
e-mail: kpt@pollub.pl, http://www.pnt.pollub.pl

© Copyright by Katedra Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej.

Wydawca:

Oddział SIMP w Lublinie
20-079 Lublin, ul. Chmielna 2a
e-mail: simp.lublin@neostrada.pl
http://www.lublin.simp.pl

Politechnika Lubelska
Katedra Podstaw Techniki
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38
http://www.kpt.pollub.pl

SPIS TREŚCI

METODY WIZUALIZACJI WNĘTRZA OBIEKTÓW 3D W PROGRAMIE AUTOCAD
JERZY MONTUSIEWICZ 5

OPTYMALIZACJA PROCESU KREŚLENIA W PROGRAMIE AUTOCAD
JERZY MONTUSIEWICZ, AGNIESZKA CZERKAWSKA, DARIUSZ REKUTA 16

PARAMETRYZACJA CECH GEOMETRYCZNYCH MODELU W SYSTEMIE CATIA V5
PIOTR PENKAŁA, MIROSŁAW MALEC 28

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PROGRAMU EASY RECOVERY DO ODZYSKIWANIA DANYCH
MIROSŁAW MALEC, MAGDALENA KOŁTYŚ 41

OPROGRAMOWANIE I-DEAS® DO MODELOWANIA I SYMULACJI PROCESU WTRYSKIWANIA
MARCIN IWANICKI TOMASZ JACHOWICZ 53

ZASTOSOWANIE MODELU NUMERYCZNEGO DO ANALIZY ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ ZANIECZYSZCZEŃ W LUBLINIE
ANETA DUDA 62

ZASTOSOWANIE TECHNIK INFORMATYCZNYCH W ANALIZIE ŚRODOWISKA NA PRZYKŁADZIE OZNACZEŃ CHROMATOGRAFICZNYCH
ANETA DUDA, JACEK CZERWIŃSKI 71

BADANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH BRYKIETÓW WĘGLA Z BIOMASĄ
GABRIEL BOROWSKI 81

CHARAKTERYSTYKI DYNAMICZNE WPŁYWU ATMOSFERYCZNYCH ZMIAN STRUMIENI CIEPNYCH NA POWIERZCHNIE PRZEGRÓD KOMÓR OBIEKTÓW TECHNICZNYCH
MAREK M. JANCZAREK, A. BULYANDRA 90

ANALIZA ZUŻYCIA TULEI CYLINDROWEJ SILNIKASPALINOWEGO O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM W TRAKCIE DŁUGOTRWAŁEJ EKSPLOATACJI
PAWEŁ KORDOS, PIOTR IGNACIUK 95

CHIP FORMATION AIDED BY HIGH PRESSURE CUTTING-TOOL LUBRICANT DURING TURNING
JERZY JÓZWIK, MAREK ŁUKASZ 106

WYBRANE ASPEKTY WYKORZYSTANIA WSPOMAGANIA KOMPUTEROWEGO W PROWADZENIU BADAŃ TRIBOLOGICZNYCH PROCESU TARCIA I ZUŻYCIA
KLAUDIUSZ LENIK, MICHAŁ PASZECZKO, KRZYSZTOF DZIEDZIC, MARCIN BARSZCZ 117

WYKORZYSTANIE MULTIMEDIÓW STRUMIENIOWYCH W KSZTAŁCENIU TECHNICZNYM I INFORMATYCZNYM
KONRAD GAUDA, ZYGMUNT LENIK 127

GRAFIKA BITMAPOWA W NAUCZANIU PRZEDMIOTU TECHNIKI MULTIMEDIALNE
KRZYSZTOF DZIEDZIC, RENATA LIS, JERZY MONTUSIEWICZ 140

ATRYBUTY UŻYTECZNOŚCI SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH W PROJEKTOWANIU EDUKACYJNYCH SERWISÓW INTERNETOWYCH
RENATA LIS, ROBERT LIS 153

Jerzy Montusiewicz*

METODY WIZUALIZACJI WNĘTRZA OBIEKTÓW 3D W PROGRAMIE AUTOCAD

WSTĘP

Dynamiczny rozwój technik komputerowych oraz oprogramowania w obszarze komputerowego wspomagania procesu projektowania spowodował, że obecnie trudno sobie wyobrazić działalność inżynierską bez trójwymiarowego modelowania. W wielu przypadkach modelowanie 3D staje się podstawowym sposobem zainicjowania procesu projektowania, zaś rysowanie na płaszczyźnie jest działaniem uzupełniającym i koniecznym ze względu na przyzwyczajenia starszej kadry inżynierskiej [5, 6, 7]. W modelowaniu trójwymiarowym wszelkie zmiany geometryczne dokonywane w parametrach modelu bryłowego wywołują automatyczną aktualizację rzutów i przekrojów, dzięki temu nie ma potrzeby przygotowywania wielu rzutów i przekrojów w klasycznym tego słowa rozumieniu. Ponadto projektowanie 3D pozwala na opracowywanie wariantowych rozwiązań oraz szybką ich ocenę w wirtualnym świecie komputerów zarówno pod względem funkcjonalnym, jak i estetycznym. Modelowanie 3D pozwala także na rezygnację z budowy wielu prototypów, ponieważ fotorealistyczna wizualizacja przygotowanych projektów przy dobrze wykonanym renderigu umożliwia wykonanie koniecznych symulacji w celu określenia poprawności proponowanych rozwiązań. Ponadto wykonany model 3D może być łatwo przetworzony na procedury wytwarzające część przy użyciu obrabiarek sterowanych numerycznie lub centrów obróbczych [9].

Rozwój oprogramowania do modelowania obiektów trójwymiarowych doprowadził do sytuacji, w której użytkownik musi szczególnie uważnie zastanowić się nad prawidłowym wyborem narzędzia do pracy. Obecnie mamy wiele specjalistycznych programów do modelowania obiektów technicznych, np.: AutoCAD, Inventor, Catia, Soliwords, I-DEAS, a także programów uniwersalnych, w których można także modelować postaci, np.: Maya, 3ds max, Softimage, Blender. Wiele z tych programów posiada również narzędzia do przeprowadzania animacji, dzięki czemu mogą być przydatne w wirtualnym sprawdzeniu poprawności zaprojektowanej konstrukcji.

W programach do modelowania obiektów 3D proces projektowania kompletnej konstruowanej części maszynowej jest podzielony na następujące fazy: modelowanie

* Jerzy MONTUSIEWICZ – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska; Wyższa Szkoła Umiejętności, Kielce.

kształtu obiektu, projektowanie realistycznych materiałów do powlekania powierzchni obiektu, projektowanie oświetlenia oraz sceny, na której model będzie prezentowany, oraz wykonanie jego fotorealistycznych widoków.

W pracy opisano i zilustrowano różne metody, które umożliwiają pokazanie wnętrza elementów modelowanych obiektów trójwymiarowych w programie AutoCAD. Ponadto zamieszczono przykłady pokazujące sposoby prezentacji konstrukcji złożonych z wielu elementów składowych.

TWORZENIE PRZEKROJÓW W TRADYCYJNYCH DOKUMENTACJACH TECHNICZNYCH

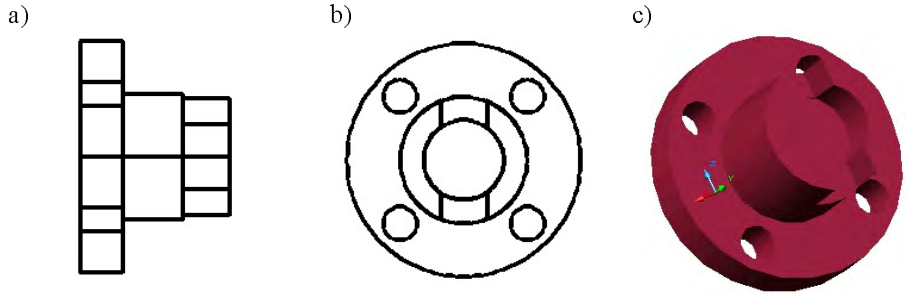
Prezentacja obiektu technicznego przy zastosowaniu standardowego zestawu widoków (rzutnia z góry, z przodu i z boku) często nie jest wystarczająca z uwagi na fakt, że nie ujawnia szczegółów wewnętrznych. Normy odnoszące się do przygotowywania dokumentacji technicznej pozwalają przedstawiać wewnętrzne elementy obiektów poprzez umieszczanie na rysunku linii niewidocznych (linia kreskowa), ale nie zawsze to pomaga. Skomplikowana struktura wnętrza modelowanego obiektu generuje pajęczynę linii, którą trudno zinterpretować. W takich sytuacjach stosujemy przekroje. Najogólniej mówiąc przekrój jest widokiem obiektu powstałym po jego myślowym przecięciu płaszczyzną i odrzuceniu fragmentu znajdującego się między płaszczyzną przekroju a obserwatorem. Tak zdefiniowany przekrój nie pozwala jednak skutecznie odsłonić wszystkich wewnętrznych szczegółów projektowanej konstrukcji. Aby usprawnić stosowanie przekrojów w praktyce i oszczędzić pracy projektantom, wprowadzono różne typy przekrojów, dzięki czemu opracowywana dokumentacja rysunkowa jest bardziej zwarta i łatwiejsza do szybkiego przeanalizowania. W rysunku technicznym można wyodrębnić następujące typy przekrojów: pełny, półprzekrój, cząstkowy, obrócony (kład miejscowy), przesunięty (kład przesunięty), stopniowy, złożeniowy, pomocniczy (wyrwanie), łamany, niewidoczny. Zagadnienia te – definicje i przykłady – w odniesieniu do rysunku technicznego na płaszczyźnie zostały opisane w wielu pozycjach literaturowych [1, 10] i dlatego nie będą tutaj prezentowane.

PRZESTRZENNA WIZUALIZACJA WNĘTRZA KONSTRUKCJI 3D

Tworząc modele trójwymiarowe obiektów technicznych również spotykamy się z zagadnieniem właściwego pokazania szczegółów wewnętrznych. Nie chodzi jednak w tym przypadku tylko o możliwość utworzenia stosownego przekroju, który będzie rzutowany na płaszczyznę. Celem pracy jest pokazanie metod i narzędzi służących do odsłonięcia wewnętrznej budowy pojedynczych obiektów oraz konstrukcji składających się z wielu elementów, i przedstawienie ich w trójwymiarowej wirtualnej prze-

strzeni. Należy w tym miejscu wyjaśnić, że tworzenie przekrojów jest możliwe, gdy w procesie generowania trójwymiarowych obiektów posługiwaliśmy się modelowaniem bryłowym. Model bryłowy, jako jedyny, składa się z powierzchni oraz wnętrza ograniczonego przez te powierzchnie. Nie można więc uzyskiwać przekrojów w przypadku, gdy zastosowano modelowanie powierzchniowie lub szkieletowe. Należy przy tym odróżnić zagadnienie techniki modelowania od sposobu wizualizacji obiektu 3D na monitorze komputerowym [2, 3, 8, 10].

W modelowaniu trójwymiarowym istnieje niepowtarzalna sytuacja, w której możemy szybko i bez zbytecznych nakładów pokazać w jednym ujęciu modelowany obiekt tak, aby widoczne były wszystkie istotne szczegóły. Włączenie widoku poprzez polecenie ORBITA umożliwia takie obrócenie obiektu, że wszystkie istotne elementy zostaną pokazane w jednym ujęciu, rys. 1.



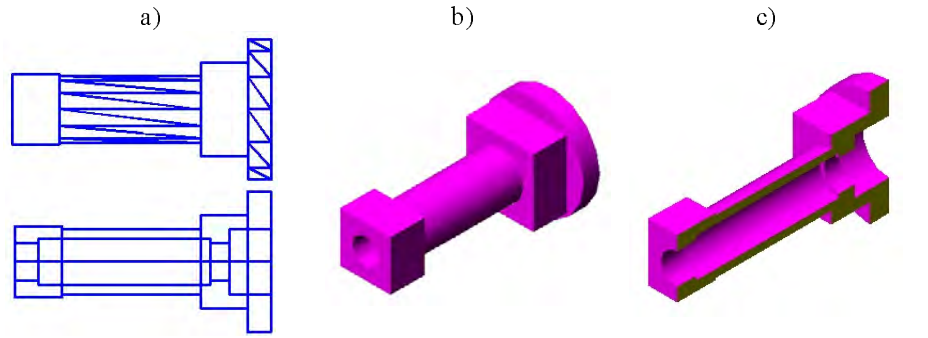
Rys. 1. Tarcza a) model krawędziowy 2D widok z boku; b) widok z góry; c) widok izometryczny obiekt po renderingu

Metody generowania przekrojów trójwymiarowych

Przekrój pełny powstaje po przecięciu płaszczyzną przekroju całego obiektu. W tym celu możemy użyć polecenia PŁAT. Opcje tego polecenia umożliwiają nam zachowanie tylko jednej części obiektu lub obu, jak to pokazano na rys. 2.

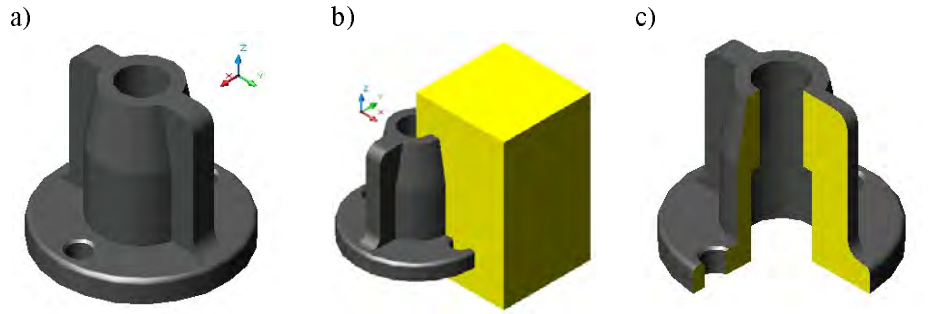
Uzyskanie właściwego końcowego efektu prezentowania przekroju w przestrzeni związane jest z poprawnym zastosowaniem procesu fotorealistycznej wizualizacji. Do tego celu można zastosować cieniowanie albo rendering. Na etapie przygotowywania przekrojów cieniowanie daje dobry efekt w krótkim czasie, ponieważ uzyskany obraz jest dodatkowo uplastyczniony poprzez wygenerowanie cienia. W przypadku stosowania polecenia RENDER, aby uzyskać realistyczny wygląd, należy dodatkowo zdefiniować między innymi typy i parametry oświetlenia.

W praktyce dobrym rozwiązaniem przy tworzeniu fotorealistycznego przekroju obiektu trójwymiarowego jest zastosowanie innego koloru do powlekania miejsca cięcia. Można to uzyskać wykorzystując polecenie KOLORUJ POWIERZCHNIĘ znajdujące się w pasku edycja brył, rys. 2c, lub rysując odejmowaną bryłę w tym kolorze, rys. 3b.



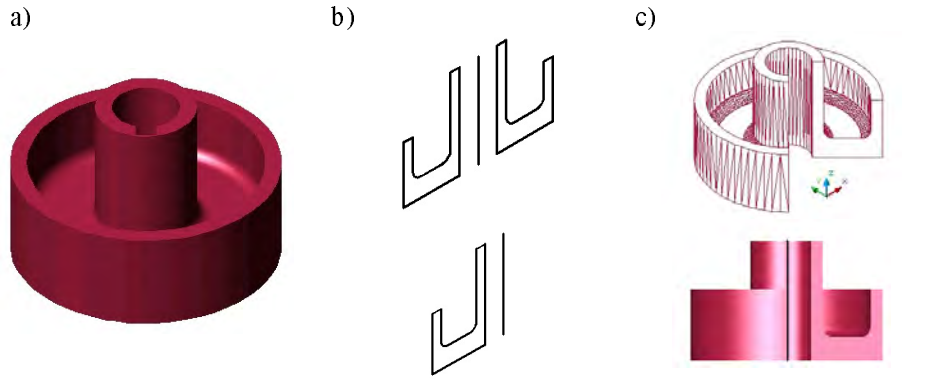
Rys. 2. Modelowany obiekt a) widok z boku, u góry model krawędziowy 3D, u dołu model krawędziowy 2D; b) widok izometryczny; c) widok izometryczny – przekrój

Półprzekroje stosujemy przedstawiając obiekty symetryczne. Taki przekrój tworzymy po przecięciu obiektu płaszczyzną przekroju tylko do osi symetrii. Pozostała część – półwidok – pozostaje bez zmian. W programie do tego celu nie możemy zastosować polecenia PŁAT, ponieważ nie ma opcji pozwalającej nam zdefiniować półpłaszczyznę. Półprzekrój możemy wykonać wykorzystując polecenie RÓŻNICA. W tym celu należy narysować prostopadłościan o wymiarach większych niż modelowany obiekt i umieścić go tak, aby jego krawędź znajdowała się w osi, jak pokazano to na rys. 3.



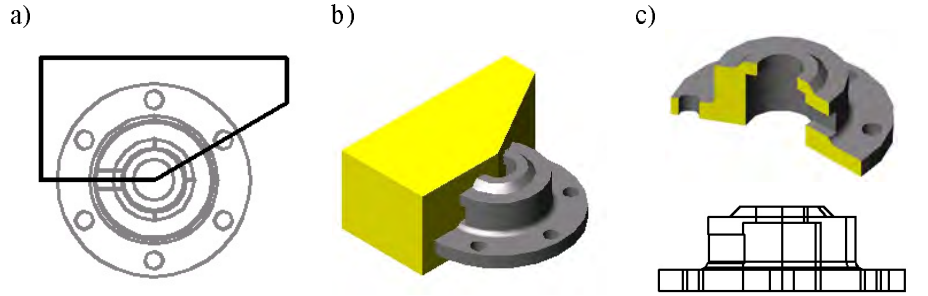
Rys. 3. Fazy tworzenia półprzekroju a) widok izometryczny obiektu; b) obiekt i kostka; c) półprzekrój

W przypadku obiektów w pełni symetrycznych, rysowanie półprzekrojów można z powodzeniem wykonać stosując polecenie PRZEKRĘĆ, rys. 4. Do uzyskania profilu obiektu należy wykorzystać polecenie PRZEKRÓJ, rys.4b. Uzyskany profil należy rozdzielić stosując polecenie ROZBIJ, a następnie obrócić go względem osi własnej obiektu o kąt 270°, rys,4c. Aby uzyskać dokładniejsze odwzorowanie kształtów obiektów obrotowych, należy wpisać wyższą wartość zmiennej systemowej FACETRES. Standardowa wartość zmiennej to 0.5, zaś zakres jej zmienności wynosi od 0.01 do 10 [4, 8].



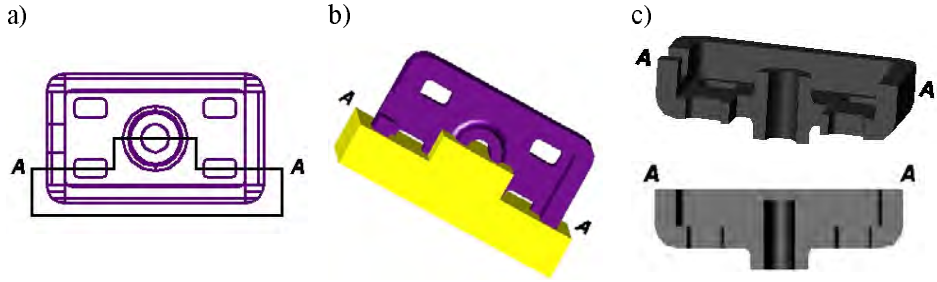
Rys. 4. Fazy tworzenia półprzekroju z wykorzystaniem polecenia PRZEKRĘĆ a) widok izometryczny obiektu; b) profil obiektu; c) półprzekrój

Przekrój łamany powstaje wtedy, gdy płaszczyzna przekroju zostaje załamana i dalej jest prowadzona pod zmienionym kątem. Na płaszczyźnie przekrój kreślony jest tak, jakby załamania nie było. Ten typ przekroju bardzo często stosowany jest do obiektów obrotowych. Do uzyskania takiego przekroju należy wykreślić wielokąt zamknięty, którego dwa boki będą pokrywały się z płaszczyznami przekroju (polecenia POLILINIA i REGION), rys. 5a. Następnie poleceniem WYCIĄGNIJ tworzymy bryłę o wysokości większej niż projektowany obiekt, rys.5b. Poleceniem RÓŻNICA odejmujemy ją od obiektu, rys.5c.



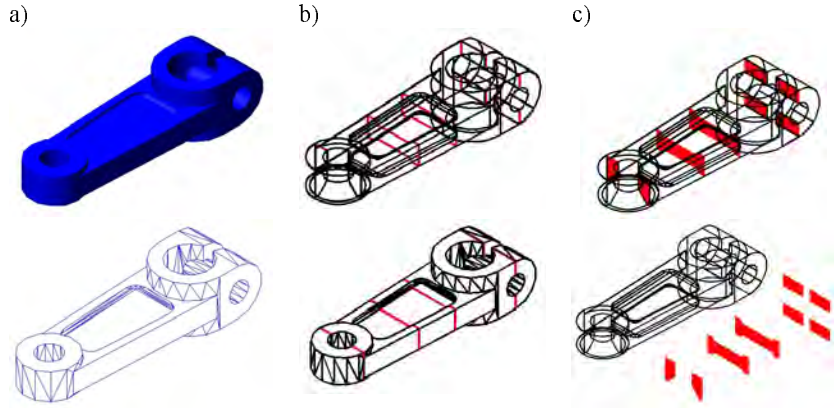
Rys. 5. Fazy tworzenia przekroju łamanego tarczy a) wykreślanie obrysu bryły; b) tworzenie bryły; c) przekrój łamany, widok izometryczny i rzut z boku

Przekrój stopniowy jest rodzajem przekroju pełnego, wykorzystującego płaszczyzny równoległe przesunięte względem siebie i przechodzące tak przez obiekt, aby pokazać jego ważne szczegóły. Przy rysowaniu przekroju odcinki prostopadłe do płaszczyzn przekroju są pomijane, rys. 6.



Rys. 6. Fazy tworzenia przekroju stopniowego a) wykreślanie obrysu bryły; b) generowanie bryły; c) przekrój stopniowy: widok izometryczny i rzut z boku

Przekrój obrócony różni się tym od przekroju zwykłego, że zostaje obrócony o kąt 90°. Natomiast przekrój przesunięty tworzymy w sytuacji, gdy nie ma na rzucie wystarczająco dużo miejsca na umieszczenie przekroju obróconego, rys.7c W obu przypadkach należy wykorzystać polecenie PRZEKRÓJ. Wygenerowane automatycznie przekroje należy zakreskować poprzez zastosowanie polecenia KRESKUJ. W procesie tworzenia tych przekrojów należy pamiętać o właściwym ustawianiu lokalnego układu współrzędnych LUW i wskazywaniu miejsca generowania przekroju.



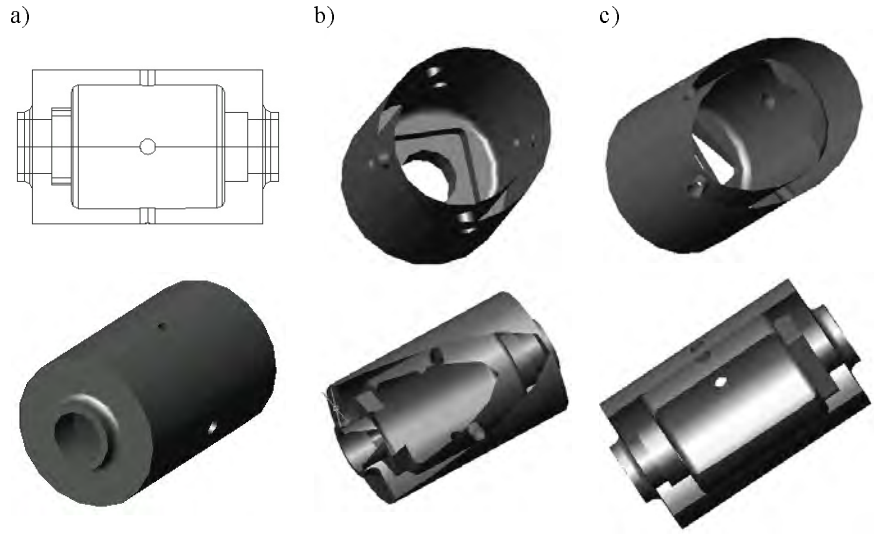
Rys. 7. Etapy generowania przekrojów a) modelowany obiekt w widoku po renderingu oraz obiekt z ukrytymi liniami; b) obiekt po wykonaniu polecenia PRZEKRÓJ; c) przekrój obrócony oraz przekrój przesunięty po zakreskowaniu

W przypadku prezentacji obiektu przy wykorzystaniu modelu krawędziowego bardzo często ułożenie linii zaciemnia obraz całości. Natomiast pokazanie przekrojów uplastycznia jego wygląd, rys. 7c.

Przekrój cząstkowy projektowanego elementu, zwany popularnie wyrwaniem, stosowany jest do pokazania pojedynczego szczegółu. Możemy go wykonać generując prostopadłościan (polecenie KOSTKA) o odpowiednich wymiarach, wstawiając we właściwe miejsce modelowanego obiektu i odejmując, rys. 8.

Rys. 8. Fazy tworzenia przekroju cząstkowego a) modelowany obiekt; b) generowanie prostopadłościanu; c) przekrój cząstkowy, widok z boku

Pokazanie wewnętrznej budowy obiektu jest możliwe również bez wykonywania przekrojów. Można to zrealizować poprzez włączenie PŁASZCZYZN TNĄCYCH i uruchomienie polecenia ORBITA 3D. Dzięki temu mamy możliwość przedstawienia odpowiedniego widoku, a ustawione płaszczyzny tnące odetną wirtualnie przód i tył modelowanego obiektu, rys.9. Przy włączeniu płaszczyzn tnących można wykorzystać również polecenie CIĄGŁE KRĄŻENIE 3D. Dzięki temu modelowany obiekt będzie krążył wokół zdefiniowanej przez projektanta osi obrotu, a płaszczyzny tnące będą odsłaniały jego wnętrze.

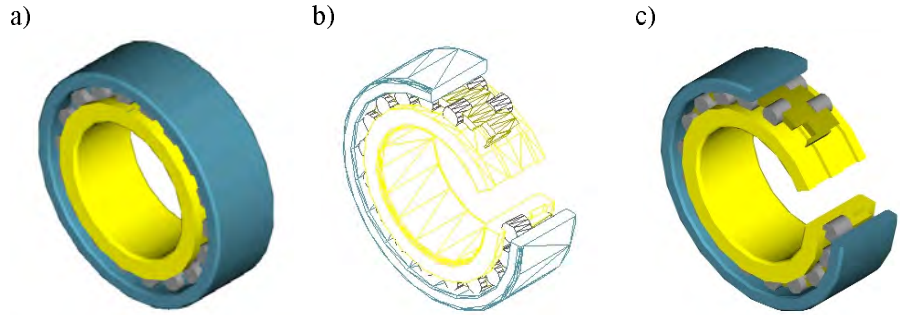


Rys. 9. Obiekt o skomplikowanym kształcie wnętrza a) widok z boku – model krawedziowy 2D oraz widok izometryczny po renderingu; b) widoki izometryczne po włączeniu przedniej płaszczyzny tnącej; c) u góry – widok izometryczny po włączeniu przedniej i tylniej płaszczyzny tnącej oraz, u dołu – przekrój wzdłuż osi

Metody wizualizacji obiektów złożonych

W przypadku prezentowania obiektów złożonych z wielu elementów składowych nie wystarczy zazwyczaj zastosowanie widoku izometrycznego nawet przy wykonaniu widoku w wielu rzutniach. Często stosowanym rozwiązaniem, które tylko częściowo ułatwia rozpoznanie elementów składowych, jest użycie różnych kolorów w trakcie rysowania. W bryłowym modelowaniu 3D należy bezwzględnie pamiętać, aby nie sumować elementów składowych w jeden obiekt.

Praktycznym sposobem w przypadku przedstawienia obiektów złożonych posiadających oś symetrii jest pokazywanie poszczególnych elementów składowych tylko we fragmencie tak, aby nie zasłaniały one innych elementów, rys. 10. W tym celu należy wygenerować przekroje składowych elementów obrotowych (polecenie PRZEKRÓJ), a następnie stosując polecenie PRZEKRĘĆ wykonać obroty uzyskanych zarysów o kąt mniejszy niż 360°. Zarys elementu zewnętrznego powinien być obracany o mniejszy kąt niż zarys elementu wewnętrznego. Inne elementy konstrukcji powinny być odpowiednio odcinane lub usuwane, aby nie zasłaniały pozostałych elementów składowych, rys. 10b oraz 10c.



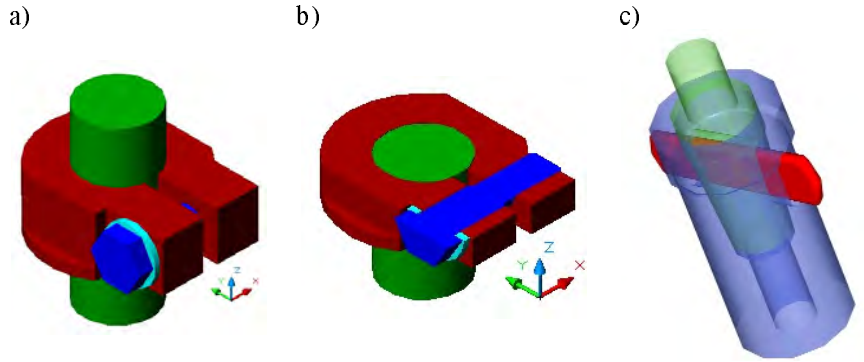
Rys. 10. Łożysko wałeczkowe dwurzędowe – widok izometryczny a) łożysko zmontowane; łożysko po wycięciu fragmentów elementów składowych: b) model krawędziowy 3D; c) model po renderingu

Często stosowanym sposobem pokazania wszystkich elementów składowych konstrukcji złożonej jest utworzenie widoku izometrycznego, w którym poszczególne części będą przesunięte względem siebie tak, aby nie zasłaniały się nawzajem, rys. 11. W tym celu należy użyć polecenia PRZESUŃ przy włączonej ortogonalności, dzięki czemu wykonywane przemieszczenia będą zawsze przeprowadzane wzdłuż osi układu współrzędnych.

Rys. 11. Obiekty złożone – widoki izometryczne: łożysko kulkowe dwurzędowe wahliwe a) zmontowane, b) rozmontowane; c) połączenie klinowe

Przekroje na rysunkach złożeniowych charakteryzują się tym, że w płaszczyźnie przekroju znajdują się niezależne od siebie elementy składowe. Przy rysowaniu takich przekrojów na płaszczyźnie, dla rozróżnienia poszczególnych części, stosujemy zróznicowane kąty pochylenia oraz gęstości linii kreskowania, a w przypadku, gdy części wykonane są z różnych materiałów konstrukcyjnych, różne style kreskowania. Przy wizualizacji przestrzennej przekroju zmontowanego obiektu najlepiej jest odróżnić elementy składowe poprzez zastosowanie odmiennej kolorystyki części. Do wykonania przekroju należy zastosować polecenie PŁAT, rys. 12b. Do właściwego kolorowania powierzchni przekrojów elementów używamy poleceń zgrupowanych w pasku narzędziowym EDYCJA BRYŁ.

Nietypowym podejściem do przedstawienia wnętrza obiektów trójwymiarowych jest wykorzystanie polecenia RENDER i włączenie częściowej przezroczystości materiałów pokrywających model. W tym celu do generowania realistycznego pokrycia projektowanego modelu należy zastosować technikę występującą pod nazwą



Rys. 12. Obiekty po montażu – widoki izometryczne: połączenie zaciskowe a) obiekt kompletny, b) przekrój; c) połączenie klinowe – rendering z włączeniem przezroczystości kolorów

ŚLEDZENIE PROMIENI. W tym przypadku mamy możliwość dołączenia z biblioteki materiałów bitmap reprezentujących rzeczywiste materiały pokryciowe. Program AutoCAD pozwala projektantowi na ustawienie wielu parametrów zastosowanego materiału, między innymi – stopnia przezroczystości. Na rys. 12c pokazano wygląd zmontowanego połączenia z użyciem klina poprzecznego po zastosowaniu materiałów powlekających typu kolorowe szkła z właściwie ustawionymi przezroczystościami.

WNIOSKI

Poprawne pokazywanie wewnętrznej budowy modelowanych obiektów 3D nie jest sprawą prostą i oczywistą. Wymaga zarówno wiedzy o stosowanych w technice różnych typach przekrojów, a także sposobach ich tworzenia w wirtualnej przestrzeni. Praktyczne wykonanie takich przekrojów prowadzi do jednoczesnego zastosowania wielu narzędzi należących do różnych kategorii: narzędzi do rysowania, edycji, lokalizacji precyzyjnej, do definiowania i zarządzania warstwami, do sterowania położeniem i orientacją lokalnego układu współrzędnych, a także narzędzi do uzyskiwania końcowego widoku modelowanego obiektu (rzutnie, widok, cieniuj, render, orbita).

Czytelne przedstawianie w przestrzeni obiektów złożonych z wielu elementów składowych jest istotne z punktu widzenia zrozumienia budowy i zasady działania modelowanej konstrukcji. Najprostszym sposobem wydaje się zastosowanie przesuwania elementów składowych konstrukcji względem siebie. Takie działanie nie wymaga od konstruktora stosowania skomplikowanych poleceń oraz procedur, i szybko prowadzi do uzyskania właściwego efektu końcowego. Oryginalnym podejściem jest wykonywanie renderowania modelu z włączoną częściowo przezroczystością materiałów pokrywających go.

Literatura

1. Dobrzański T.: *Rysunek techniczny maszynowy*. WNT, Warszawa 2005.
2. Kania L.: *Podstawy programu AutoCAD – modelowanie 3D*. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007.
3. Matthews B.: *Podstawy rysowania w przestrzeni. AutoCAD 2000 3D*. wyd. Helion, Gliwice 2001.
4. Montusiewicz J.: *Komputerowe modelowanie obiektów 3D, zestaw ćwiczeń laboratoryjnych do programu AutoCAD*. Lublin-Snopków 2003.
5. Montusiewicz J.: Metodologia nauczania komputerowego modelowania trójwymiarowego. [W:] Świć A. (red.): *Systemy informatyczne w kształceniu technicznym*. Monografia. Societas Scientiarum Lublinensis, ss. 78–83, Lublin 2005.
6. Montusiewicz J., Czerkawska A.: Specyfika tworzenia komputerowego zapisu obiektów technicznych. [W:] Lenik K., Borowski G. (red.): *Komputerowe wspomaganie w technice*. Monografia. Societas Scientiarum Lublinensis, ss. 5–13, Lublin 2006.

7. Montusiewicz J., Drapała R.: Uwagi metodologiczne do trójwymiarowego modelowania stolarki budowlanej. [W:] Lenik K. Borowski G. (red.) *Komputerowe wspomaganie w kształceniu*. Monografia. Sociatas Scientarium Lublinesis, ss. 41–49, Lublin 2006.
8. Pikoń A.: *AutoCAD 2007*. Helion, Gliwice 2007.
9. Przybylski W., Deja M.: *Komputerowo wspomagane wytwarzanie maszyn, podstawy i zastosowanie*. WNT, Warszawa 2007.
10. Winkler T.: *Komputerowy zapis konstrukcji*. WNT, Warszawa 1997.

Streszczenie

W pracy zaprezentowano zagadnienia dotyczące wykonywania przekrojów obiektów modelowanych w przestrzeni trójwymiarowej oraz sposobów pokazywania obiektów złożonych. Opisano różne typy przekrojów, które są wykonywane podczas przygotowywania dokumentacji technicznej projektowanych części maszyn. Przedstawiono sposoby generowania tych przekrojów, prezentując narzędzia i algorytmy postępowania, a także liczne przykłady ilustrujące poszczególne fazy postępowania.

METHODS OF VISUALISATION OF THE INTERIOR OF 3D OBJECTS IN THE AUTOCAD PROGRAM

Summary

The study presents issues concerning making sections of objects modeled in three-dimensional space as well as ways of showing complex objects. Different types of sections are described, used in preparing the technical documentation of manufactured machine parts. The study shows ways of generating such sections, presenting tools and procedure algorithms as well as many examples illustrating individual stages of the procedures.

Jerzy Montusiewicz*, Agnieszka Czerkawska*, Dariusz Rekuta*

OPTYMALIZACJA PROCESU KREŚLENIA W PROGRAMIE AUTOCAD

WSTĘP

Komputerowy zapis konstrukcji zdominował obecnie sposoby przygotowywania dokumentacji technicznych w biurach projektowych i firmach różnych branż. Stosowanie takiego rozwiązania wpływa nie tylko na dokładność rysunków i nieograniczone możliwości szybkiej ich korekty, ale przede wszystkim ułatwia pracę i oszczędza czas. Obecnie umiejętność obsługi programu wspomagającego projektowanie to już nie tylko dodatkowy atut, ale powszechnie wymagana umiejętność zawodowa. Jednym z profesjonalnych narzędzi komputerowych, powszechnie stosowanych przez firmy wykonujące dokumentacje projektowe jest program AutoCAD. Aby korzystanie z tego programu było efektywne niezbędny jest duży zasób wiedzy z zakresu jego obsługi, znajomość zaawansowanych narzędzi i możliwości ich stosowania. Program AutoCAD cechuje ogromna swoboda w jego adaptacji do potrzeb użytkownika oraz różnorodne możliwości elastycznego wykorzystywania poleceń. Daje to duże pole manewru użytkownikowi programu pod warunkiem, że w pełni opanował zasady komputerowego zapisu konstrukcji [2, 9] oraz narzędzia i ich opcje. W pracy przedstawiono skróconą charakterystykę grup narzędzi dostępnych w programie AutoCAD oraz pokazano, na przykładach rysowania części maszyn klasy wałek i płyta, alternatywne koncepcje kreślenia takich obiektów przy zastosowaniu różnych narzędzi.

TWORZENIE RYSUNKÓW W PROGRAMIE AUTOCAD

Proces tworzenia rysunków w grafice wektorowej odbywa się poprzez wykorzystanie tzw. prymitywów, czyli obiektów, które są zdefiniowane przez procedury matematyczne. Podstawowe obiekty tworzone na płaszczyźnie to: linia, polilinia, okrąg i łuk. Są jednak obiekty bardziej skomplikowane, takie jak: multilinia, prosta, półprosta, splajn, prostokąt, figury foremne. Aby móc swobodnie używać poleceń do ich rysowania, konieczna jest znajomość specyficznych cech oraz opcji tworzenia każdego obiektu. Różne możliwości definiowania oraz ustawień rysunkowych mogą w znacznym stopniu przyspieszyć pracę już na poziomie kreślenia obiektów, bez konieczno-

* Jerzy MONTUSIEWICZ, Agnieszka CZERKAWSKA, Dariusz REKUTA – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

ści ich późniejszej modyfikacji i poprawek. Tak więc sprawny przebieg procesu rysowania uzależniony jest w znacznym stopniu od znajomości dostępnych narzędzi, ich właściwości, opcji i sposobów ich stosowania [1, 4, 5, 6, 7].

Druga grupa narzędzi umożliwiająca tworzenie nowych obiektów rysunkowych to polecenia służące do zmian, dzięki którym możliwe jest powielanie oraz przekształcanie obiektów już istniejących. Te polecenia to: kopiuj, przesuń, lustro, skaluj, odsuń, rozciągnij, szyk, utnij, wydłuż, przerwij, fazuj, wykonaj zaokrąglenie itd. Stosowanie ich umożliwia skrócenie czasu tworzenia kompletnych rysunków, ponieważ niejednokrotnie wystarcza niewielka korekta obiektu istniejącego, aby otrzymać zupełnie nowy element konstrukcyjny. Umiejętność tworzenia tablic (szyk prostokątny lub kołowy), stosowania wielokrotnego kopiowania lub lustrzanego odbicia bardzo ułatwia i przyspiesza pracę, pozwala bowiem na kreślenie tylko części rysunku lub wybranych krawędzi. Polecenia do ucinania czy zaokrąglania umożliwiają zamiany jednych obiektów na inne (np. półproste na odcinki, łamane na odcinki i łuki). Sprawne korzystanie z narzędzi i właściwy ich dobór wymaga pewnego wyczucia i automatyzmu działania, który jest wynikiem wielu godzin ćwiczeń i pracy z programem. Dobra znajomość narzędzi edycyjnych pozwala na znaczne przyspieszenie procesu powstawania dokumentacji technicznej.

Podczas tworzenia dokumentacji technicznej bardzo istotna jest dokładność wykonywanych rysunków. Program AutoCAD udostępnia narzędzia do lokalizacji precyzyjnej, które pozwalają w szybki sposób ustalić pozycję kursora na istniejącym obiekcie bez znajomości współrzędnych oraz kreślenia linii konstrukcyjnych. Pozwala to na dokładne umieszczanie jednych obiektów względem innych lub przeprowadzenie precyzyjnej ich modyfikacji. Użytkownik może włączyć automatyczne wyszukiwanie takich charakterystycznych punktów, jak: środek okręgu, koniec czy symetria odcinka, punkt, w którym obiekty się przecinają lub są prostopadłe względem siebie itp. Zarówno włączanie stałych trybów lokalizacji, możliwość lokalizowania tylko wybranych punktów, jak i opcja ręcznego ich znajdowania daje użytkownikowi możliwość dostosowania programu do własnych potrzeb. Narzędzia do lokalizacji precyzyjnej funkcjonują w połączeniu z poleceniami, np.: do rysowania, modyfikacji, wymiarowania, wstawiania bloków; pełnią rolę pomocniczą i nie działają samodzielnie.

Kolejne polecenia ułatwiające proces tworzenia dokumentacji dotyczą definiowania bloków i ich umieszczania na rysunku. Blok może składać się z pojedynczego elementu lub większej liczby obiektów zgrupowanych w jeden obiekt specjalny o konkretnej nazwie. Bloki wykorzystywane są wówczas, gdy konieczne jest wielokrotne użycie tego samego obiektu. Ogromną zaletą bloków jest możliwość sterowania ich wyglądem i parametrami podczas wstawiania do rysunku poprzez skalowanie oraz określanie kąta obrotu. Stosowanie bloków nie tylko usprawnia kreślenie rysunku, ale ponadto znacznie zmniejsza jego rozmiar, gdyż do rysunku wstawiane są wyłącznie odnośniki do zdefiniowanych bloków. Możliwość tworzenia bloków zewnętrznych zapisywanych jako odrębne pliki dyskowe pozwala wykorzystywać ten sam blok w wielu rysunkach. Możliwe jest również tworzenie własnych tematycznych bibliotek i grupowanie w nich podobnych obiektów.

Proces kreślenia komputerowego zostaje znacząco przyspieszony poprzez zastosowanie warstw, w których można predefiniować cechy obiektów rysunkowych i grupować obiekty wg ich funkcji i określonych cech. Stosowanie warstw pozwala na łatwe zarządzanie obiektami rysunku poprzez zastosowanie różnych kolorów w warstwach, zwiększa widoczność poszczególnych obiektów i ułatwia pracę z dużymi rysunkami. Prawidłowe zdefiniowanie i organizacja warstw przyspiesza proces tworzenia dokumentacji technicznej, daje duże możliwości modyfikacji i różnych wariantów wydruku.

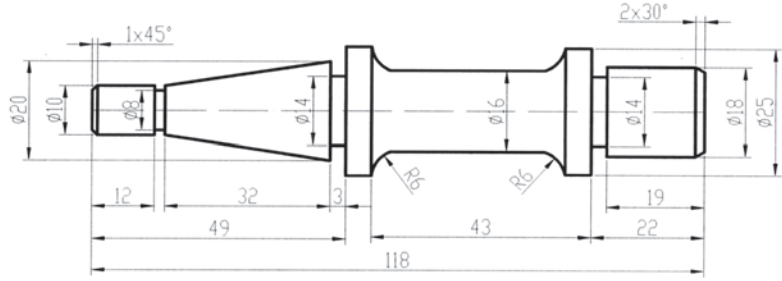
Środowisko programu oferuje również wiele narzędzi do programowania, najważniejsze z nich to: ActiveX Automation, AutoLISP, DCL (Dialog Control Language), ObjectARX, skrypty, slajdy, Visual Basic oraz kalkulator geometryczny [8]. Stosowanie tych zaawansowanych narzędzi wymaga jednak od użytkownika pogłębienia swojej wiedzy w zakresie języków programowania i praktycznego ich użycia.

OPTYMALIZACJA PROCESU KREŚLENIA

W programie AutoCAD jeden obiekt można narysować na wiele sposobów i przy użyciu różnych metod. To ta zaleta między innymi sprawia, że popularność programu ciągle rośnie. Zamierzony cel można osiągnąć stosując różne rozwiązania a nakład pracy zależy wyłącznie od stopnia znajomości programu. Warto podkreślić, że aby swobodnie stosować zaawansowane narzędzia, trzeba włożyć nieco wysiłku w opanowanie zasad działania programu. Niewątpliwe znaczenie ma również praktyka i doświadczenie osoby rysującej, pozwala bowiem na umiejętne stosowanie nabytej wiedzy oraz efektywne wykorzystanie programu w praktyce. Należy pamiętać, że stosując komputerowe techniki kreślenia nie chodzi o zastąpienie ołówka programem komputerowym, a o takie zastosowanie nowego narzędzia, aby szybko i możliwie najmniejszym nakładem pracy osiągnąć zamierzony cel. Aby było to wykonalne, należy przyjąć właściwą strategię wykonywania dokumentacji technicznej.

Alternatywne procedury rysowania obiektów klasy wałek

Na rys. 1. przedstawiono wykreśloną w programie AutoCAD część maszynową klasy wałek wraz z wymiarowaniem. Taki obiekt możemy narysować na różne sposoby, co zostanie szczegółowo zaprezentowane poniżej.



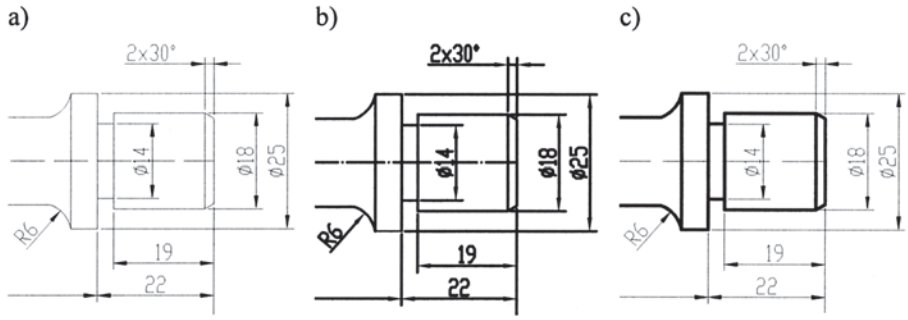
Rys. 1. Wałek wielostopniowy

Metoda klasyczna

Klasyczne podejście polega na wykonaniu rysunku na domyślnej warstwie „0” z zastosowaniem wyłącznie polecenia POLILINIA przy definiowaniu szerokości linii zgodnie z ich przeznaczeniem tak, jak to określono w polskiej normie [2]. Wówczas cały obiekt składałby się z oddzielnych segmentów, co w znacznym stopniu utrudniłoby jakąkolwiek jego modyfikację. Oprócz tego metoda taka jest czasochłonna i mało wydajna, zaś końcowy efekt może okazać się niezadowalający.

Metoda klasyczna z użyciem warstw

W przypadku wprowadzenia warstw i poprawnego ich zdefiniowaniu można zrezygnować z określania szerokości polilinii w czasie procesu kreślenia. Definiowanie warstw umożliwia wprowadzenie zmiennych systemowych, które określają w warstwie szerokość linii, ich rodzaj, a także kolor obiektów. Dzięki temu poprzez przełączanie warstw wybieramy warstwę aktywną i obiekty na niej tworzone przejmują wartości podstawione pod zmienne systemowe. W ten sposób uzyskujemy odpowiednie szerokości linii, które zostały użyte do wyznaczenia konturu obiektu, czy wymiarowania. Na rys.2. pokazano sytuację, gdy rysunek wałka został niewłaściwie wykonany na jednej warstwie (podpunkty a i b) oraz przy poprawnym zdefiniowaniu warstw (podpunkt c).



Rys. 2. Fragment wałka wykreślony niepoprawnie na jednej warstwie:
a) i b) odpowiednio: wyłączona/włączona opcja szerokości;
c) wałek wykonany poprawnie na wielu warstwach

Przy prawidłowym stosowaniu programu AutoCAD proces rysowania należy zawsze rozpoczynać od utworzenia odpowiednich dla kreślonego rysunku warstw i poprawnie je zdefiniować. Pozwoli to na właściwą jego organizację, co w znacznym stopniu ułatwi pracę, w szczególności wykonanie ewentualnej modyfikacji obiektów.

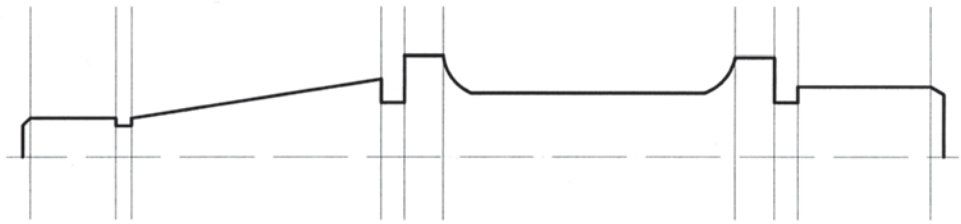
Kreślenie z wykorzystaniem poleceń: LUSTRO, LINIA, KOPIUJ, UTNIJ

Wstępna analiza rysunku pokazuje, że obiekt jest symetryczny względem poziomej osi, a zatem możliwe jest wykreślenie tylko połowy rysunku i wykonanie lustrzanego odbicia.

Proces rysowania należy rozpocząć od wykreślenie osi symetrii na warstwie o tej samej nazwie, gdyż stanowi ona bazę dla pozostałych obiektów. Następnie za pomocą polecenia POLILINIA (bądź LINIA), zgodnie z wymiarami należy odwzorować zarys obiektu na warstwie – *kontur obiektu*, tak jak to pokazano na rys. 3.

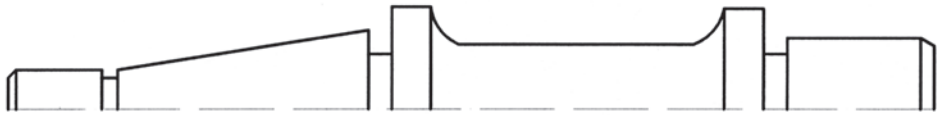
Rys. 3. Rysowanie konturu wałka

Linie obrazujące skoki wałka można wykonać rysując jeden pionowy odcinek (polecenie POLILINIA bądź LINIA), a następnie wykorzystując punkty charakterystyczne zarysu powielić je poleceniem KOPIUJ. Można również zastosować polecenie ODSUN, podajac za kazdym razem odpowiednia odleglosc odsuniecia (rys. 4).



Rys. 4. Kopiowanie linii pomocniczych

Zastosowanie polecenia UTNIJ dostosuje długości odcinków do obrysu konturu – za krawędzie tnące przyjęto: oś i zarys wałka, co pokazano na rys.5.



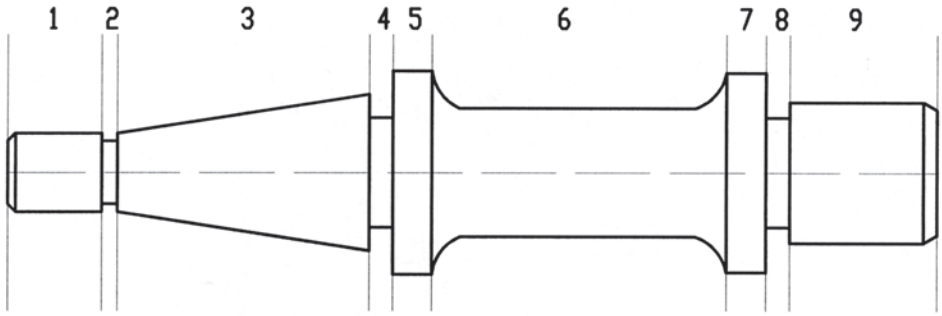
Rys. 5. Rysunek po zastosowaniu polecenia UTNIJ i włączeniu opcji szerokość

Druga część obiektu powstanie przez zastosowanie polecenia LUSTRO i odbicie istniejącego rysunku względem osi symetrii. W ten sposób powstanie kompletny rysunek wałka, tak jak to przedstawiono na rys. 1. Końcowym etapem tworzenia rysunku będzie zwymiarowanie obiektu na warstwie wymiarowanie.

Alternatywnym podejściem do utworzenia linii obrazujących skoki wałka jest wykorzystanie polecenia PÓŁPROSTA. Rysowane półproste należy od razu umieszczać w punktach charakterystycznych wałka. Zastosowanie polecenia UTNIJ w odniesieniu do półprostych zamienia je na stosowne odcinki.

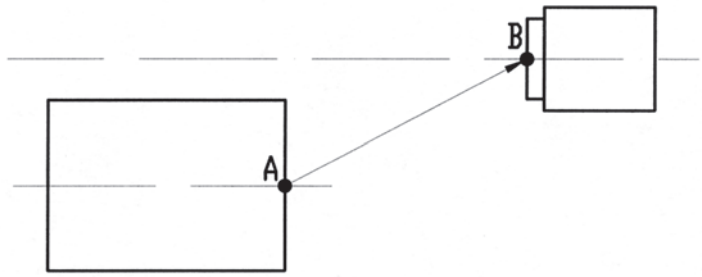
Kreślenie z wykorzystaniem poleceń: PROSTOKĄT, FAZUJ i ZAOKRĄGLIJ

Rysunek wałka można z powodzeniem wykonać stosując polecenie PROSTOKĄT. Po dokładnej analizie widać, że wałek ten składa się z kilku prostokątów, różniących się wymiarami oraz wyglądem naroży. Na etapie opracowywania strategii rysowania, nalezy koncepcyjnie podzielic rysunek na prostokaty skladowe, tak jak pokazano to na rys. 6.



Rys. 6. Podział wałka na poszczególne segmenty

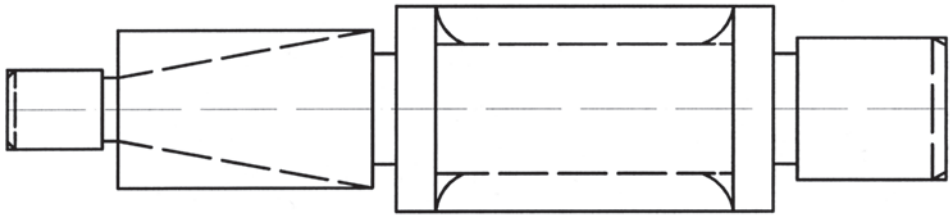
Właściwe rysowanie rozpocząć należy od wykreślenia osi symetrii (na warstwie o tej samej nazwie). Następnie za pomocą polecenia PROSTOKĄT (warstwa – *kontur obiektu*) należy narysować kolejne prostokąty, przyjmując skrajne wymiary poszczególnych segmentów wałka (po wybraniu polecenia PROSTOKĄT należy podać współrzędne przeciwległych narożników stosując współrzędne względne kartezjańskie). Kolejne prostokąty można rysować w dowolnym miejscu, ponieważ później za pomocą polecenia PRZESUŃ zmontujemy cały układ korzystając z lokalizacji precyzyjnej (znajdź punkt symetrii boków obu łączonych prostokątów). Sposób składania elementów wałka przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Przyłączanie kolejnych segmentów wałka (A i B – symetria boków)

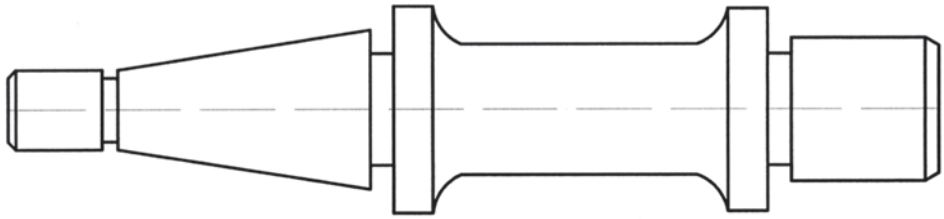
W kolejnym etapie kreślenia wałka należy dorysować brakujące linie przedstawiające fazy, podcięcia oraz kołnierze. Ścięcia narożników prostokątów można wykonać

przy użyciu polecenia FAZUJ, zaś polecenie ZAOKRĄGLIJ zastosowano do wykonania zaokrągleń właściwych narożników. Na rys. 8 przerywaną linią zaznaczono krawędzie, które będą modyfikowane w omówiony wyżej sposób.



Rys. 8. Wykonanie fazowań, zaokrągleń oraz podcięcia

W końcowej fazie pracy nad obiektem, za pomocą polecenia UTNIJ, należy usunąć niepotrzebne krawędzie. Wałek przygotowany do wymiarowania przedstawia rys. 9.



Rys. 9. Ostateczny rysunek wałka

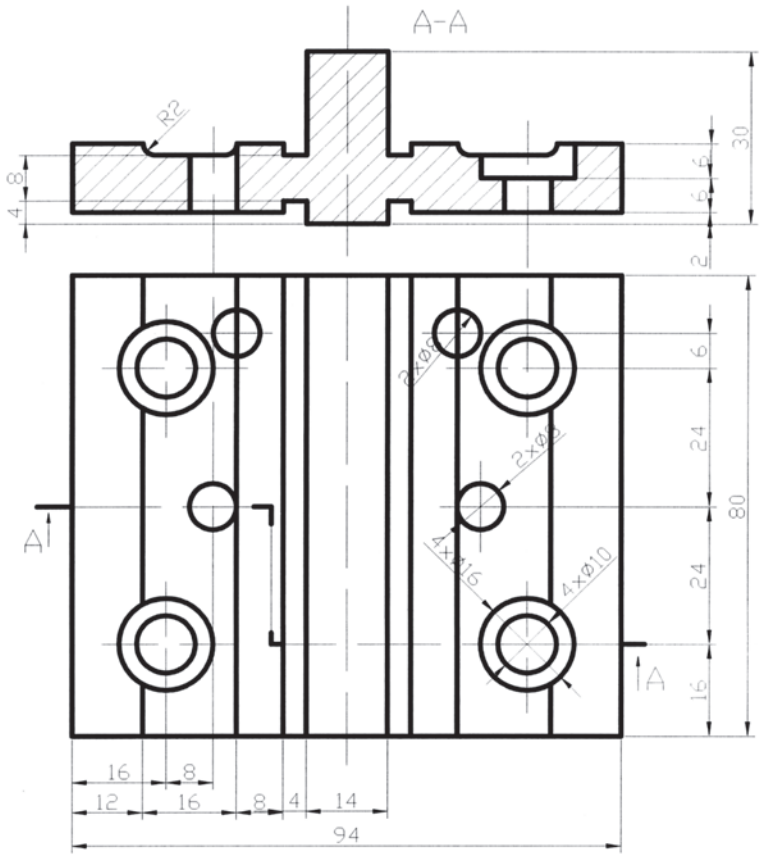
Metodyka rysowania obiektów klasy płyta

Na rys. 10. przedstawiono rzut oraz przekrój stopniowy A-A części maszynowej klasy płyta wraz z wymiarowaniem sporządzono w programie AutoCAD. Pokazana płyta jest częścią posiadającą oś symetrii, co umożliwia zastosowanie polecenia LUSTRO.

Kreślenie otworów w płycie, metoda 1

Rozpoczynając kreślenie należy utworzyć właściwe dla rysunku warstwy, a następnie za pomocą polecenia POLILINIA lub LINIA narysować główną oś symetrii oraz siatkę linii pomocniczych, a także kontur przedmiotu. Bardzo pomocna okazuje się tutaj znajomość polecenia ODSUŃ, gdyż pozostałe krawędzie górnej części rzutu można wykreślić podając kierunek i właściwą odległość odsunięcia. Otrzymany rezultat przedstawiono na rys. 11a.

Kolejnym etapem tworzenia rysunku jest wykreślenie otworów w miejscach wyznaczonych przez przecięcia osi symetrii. Do tego celu możemy zastosować polecenie OKRĄG lub PIERŚCIEŃ. Proces rysowania otworów współśrodkowych można znacznie skrócić wykorzystując polecenie ODSUŃ. Polecenie UTNIJ umożliwi zmo-

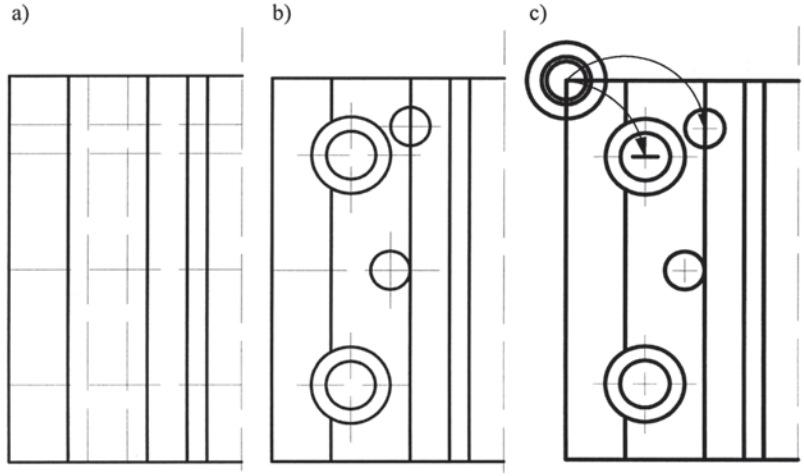


Rys. 10. Płyta

dyfikowanie krawędzi przecinających okręgi. Przygotowany w ten sposób półwidok płyty należy odbić za pomocą polecenia LUSTRO wzdłuż głównej osi symetrii. Na rys. 11b przedstawiono część płyty po przeprowadzeniu modyfikacji.

Kreślenie otworów w płycie, metoda 2

Siatka linii pomocniczych widoczna na rys.11a wprowadza pewien chaos, ponieważ nie mamy pewności, które punkty przecięcia są istotne do kreślenia otworów – stosunkowo łatwo można się pomylić. Okręgi można narysować zupełnie inaczej. Rysujemy pojedynczy okrąg tak, aby jego środek znajdował się w narożu płyty – polecenie OKRĄG, co pokazano na rys. 11c. Następnie poleceniem ODSUŃ tworzymy okręgi o podanych wymiarach. Poleceniem KOPIUJ ustawiamy dany okrąg w odpowiednim miejscu wykorzystując jako punkt bazowy jego środek (lokalizacja precyzyjna – znajdź centrum) oraz określając jego nowe położenie przez podanie względnych współrzędnych kartezjańskich na podstawie wymiarów płyty (dla okręgu o średnicy 8 mm będzie to: @28,-10). W tym przypadku osie okręgów można wykreślić



Rys. 11. a) wyznaczanie zarysu płyty oraz środków okręgów, b) wykreślenie otworów; c) umieszczanie okręgów poprzez podawanie współrzędnych względnych kartezjańskich

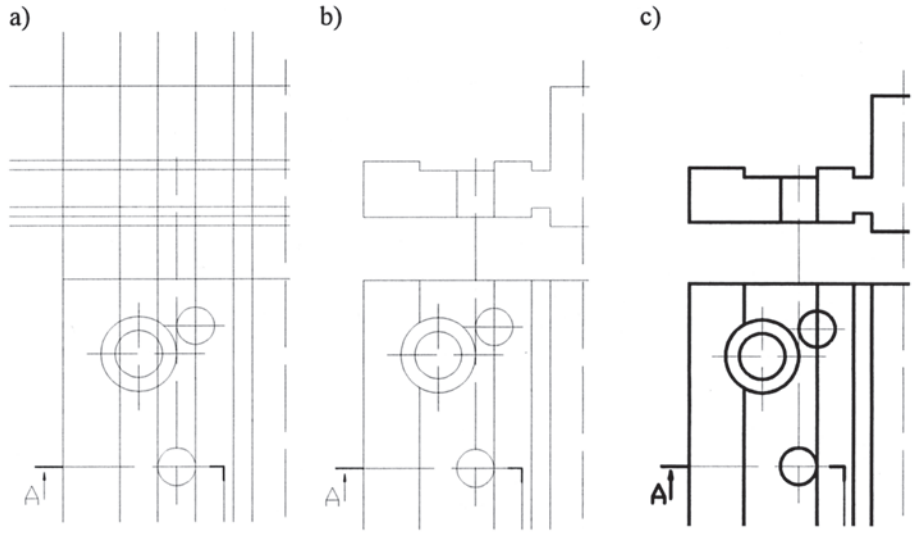
korzystając z polecenia ZNACZNIK ŚRODKA z paska narzędziowego WYMIARY. Takie podejście znacząco skraca czas wykonania tej części rysunku.

Kreślenie oznaczenia przekroju

Oznaczenie przekroju powinno być narysowane linią cienką punktową, zakończoną dwoma odcinkami linii grubej oraz pogrubionymi załamaniami linii, a także opisane drukowanymi literami. Najlepiej zdefiniować stosowną warstwę z rodzajem linii (punktowa) i przyporządkować jej szerokość linii cienkiej, np. 0.18 mm. Do rysowania należy użyć polecenia LINIA, wykorzystując charakterystyczne punkty, w tym przypadku środki okręgów. Pogrubienia początku, końca linii oraz załamania trasy należy rysować POLILINIĄ ze zdefiniowaną ręcznie szerokością, odpowiadającą linii konturowej. Konieczną modyfikację linii należy wykonać wykorzystując uchwyty i polecenie UTNIJ. Wykreślone oznaczenie przekroju można zobaczyć na rys. 10.

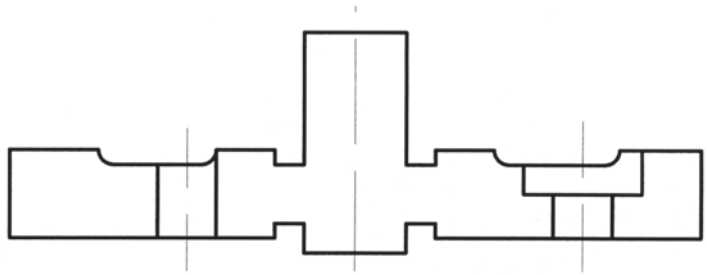
Kreślenie przekroju płyty

Przy rysowaniu przekroju płyty należy wykorzystać istniejący już rzut płyty poprzez wykreślenie linii odniesienia przenoszących wymiary szczegółów elementu. W ten sposób w kreśleniu przekroju wprowadzimy pewien automatyzm, co znacznie ułatwi wykonanie rysunku. Do przedłużenia osi symetrii należy wykorzystać działania na UCHWYTACH. Natomiast do przeniesienia pozostałych wymiarów można z powodzeniem użyć polecenia PROSTA, które umożliwia wykreślenie pęku linii pionowych i poziomych. W tych działaniach warto wspomagać się poleceniem ODSUŃ. Niepotrzebne części prostych usuwamy stosując polecenie UTNIJ, dzięki czemu proste na początku zamieniane są na półproste, a później na odcinki. Etapy działania dla lewej części płyty pokazano na rys. 12 a, b oraz c.



Rys. 12. Etapy wyznaczania krawędzi przekroju a) wykreślanie zarysu przekroju, b) zastosowanie polecenia UTNIJ, c) po włączeniu opcji szerokość

Prawą część konturu przekroju płyty można uzyskać wykorzystując polecenie LUSTRO, należy jednak dokonać przeniesienia wymiarów otworu, ponieważ zaznaczony przekrój nie jest symetryczny. Na końcu należy uzyskać właściwy kształt rowków płyty stosując polecenie ZAOKRĄGLIJ z aktywną opcją promień, rys. 13.



Rys. 13. Przekrój płyty

Tak wykreślony rysunek należy zakreskować oraz zwymiarować. Należy pamiętać, aby wykonać to na właściwych warstwach.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Poprawne wykonanie dokumentacji technicznych związane jest przede wszystkim z właściwym zaplanowaniem pracy, poprawną interpretacją rysunku i organizacją pro-

cesu rysowania. Obejmuje to nie tylko przygotowanie odpowiedniej struktury szablonów rysunkowych, ale również znajomość zaawansowanych narzędzi i poleceń programu. Na podstawie opisanych sposobów kreślenia obiektów klasy wałek oraz płyta stwierdzić można, że:

1. Proces przygotowywania dokumentacji technicznej projektowanych części maszyn przy użyciu komputerowych technik nie może odzwierciedlać tradycyjnych metod kreślenia przy użyciu ołówka, linijki oraz cyrkla. Projektant powinien przygotować własną strategię kreślenia opracowaną na podstawie dokładnej analizy projektowanej części, wykorzystując właściwości rysowanego obiektu, np.: istniejące osie symetrii, powtarzające się elementy.
2. Proces rysowania projektowanej części należy zawsze rozpoczynać od utworzenia odpowiednich dla kreślonego rysunku warstw i poprawnego ich zdefiniowania. Pozwoli to na właściwą organizację rysunku, co w znacznym stopniu ułatwi pracę, w szczególności wykonanie ewentualnych modyfikacji obiektów.
3. Praktyka kreślenia obiektów technicznych przy zastosowaniu programu AutoCAD pokazuje, że zawsze istnieje wiele alternatywnych sposobów ich rysowania. Wybór metody kreślenia zależy od umiejętności, posiadanej wiedzy oraz od indywidualnych przyzwyczajeń użytkownika programu AutoCAD.
4. Proces optymalizacji kreślenia wymaga zastosowania takich narzędzi, które umożliwiają maksymalne wykorzystanie ich wewnętrznych właściwości i wprowadzają do procesu kreślenia automatyzm działania. Zastosowanie poleceń z grupy narzędzi do edycji rysunków, np.: ODSUŃ, ZAOKRĄGLIJ, FAZUJ, ROZCIĄGNIJ, LUSTRO, UTNIJ, KOPIUJ pozwala zastąpić żmudne rysowanie obiektów podstawowych oraz przekształcać jedne obiekty w inne.
5. Wykonanie dokładnych rysunków techniką komputerową jest stosunkowo łatwe, kiedy projektant stosuje specjalistyczne narzędzia do lokalizowania punktów charakterystycznych rysowanych obiektów. Korzystanie z nich pozwala również uniknąć żmudnego powtarzania tych samych czynności.
6. Przy bardziej skomplikowanych rysunkach do przyspieszenia i optymalizacji procesu kreślenia należy używać obiektów typu BLOK. Obiekty takie możemy definiować sami w obrębie jednego rysunku, albo jako pliki dyskowe grupować w dostępne biblioteki gotowych części, które mogą być wielokrotnie wykorzystywane w różnych rysunkach.

Literatura

1. Czerkawska A., Montusiewicz J., Nauczanie grafiki inżynierskiej – komputerowej na kierunku zarządzanie i marketing. [W:] Świć A. (red.) *Systemy informatyczne w kształceniu technicznym*, Monografia, Societas Scientiarum Lublinensis, ss. 72–77, Lublin 2005.

2. Dobrzański T.: *Rysunek techniczny maszynowy*. WNT, Warszawa 2002.
3. Giełdowski L.: *Wymiarowanie*. WSiP, Warszawa 1999.
4. Kania L.: Podstawy programu AutoCAD – modelowanie 2D. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007.
5. Montusiewicz J.: *Nauczanie komputerowego zapisu konstrukcji na kierunku Wychowanie Techniczne*. [W:] Świć A. (red.) The Technological Information Systems in Engineer's Production and Technical Education, Societas Scientiarum Lublinensis, pp. 128–132, Lublin 2001.
6. Montusiewicz J., Czerkawska A.: Specyfika tworzenia komputerowego zapisu obiektów technicznych. [W:] Lenik K., Borowski G. (red.) *Komputerowe wspomaganie w technice*. Monografia. Societas Scientiarum Lublinensis, ss. 5–13, Lublin 2006.
7. Pikoń A.: *AutoCAD 2007*. Helion, Gliwice 2007.
8. Świszczowski S.: AutoLISP – dostosowanie programu AutoCAD do potrzeb użytkownika. MIKOM 2001.
9. Winkler T.: *Komputerowy zapis konstrukcji*. WNT, Warszawa 1997.

Streszczenie

W pracy opisano podstawowe grupy narzędzi koniecznych do przygotowania dokumentacji technicznej przy użyciu programu AutoCAD. Zwrócono szczególną uwagę na użycie warstw, ich poprawne definiowanie oraz znaczenie przy tworzeniu komputerowego zapisu konstrukcji. Opisano alternatywne sposoby kreślenia obiektów klasy wałek oraz płyty, stosując do tego celu różne strategie do ich rysowania. W zaproponowanych metodach tworzenia końcowej postaci obiektów zastosowano różne polecenia z grupy narzędzi do rysowania oraz edycji. Ponadto pokazano sposób wykorzystania właściwości rysowanych obiektów do właściwego doboru poleceń. W pracy zamieszczono liczne przykłady ilustrujące kolejne etapy procesu rysowania.

OPTIMALISATION OF THE DRAWING PROCESS IN THE AUTOCAD PROGRAM

Summary

The study describes the basic tool groups necessary in preparing technical documentation by means of the AutoCAD program. Special attention was paid to the use of layers, their proper defining and significance during the making of a computer record of the construction. Alternative ways of drawing objects of the shaft and plate types are described by using different strategies to draw them. In the methods proposed for creating the final shape of the objects different commands were applied from the tool group for drawing and edition. Moreover, a way of using the properties of the object drawn in the right choice of commands is shown. The study shows numerous examples of the successive stages of the drawing process.

Piotr Penkała*, Mirosław Malec**

PARAMETRYZACJA CECH GEOMETRYCZNYCH MODELU W SYSTEMIE CATIA V5

WSTĘP

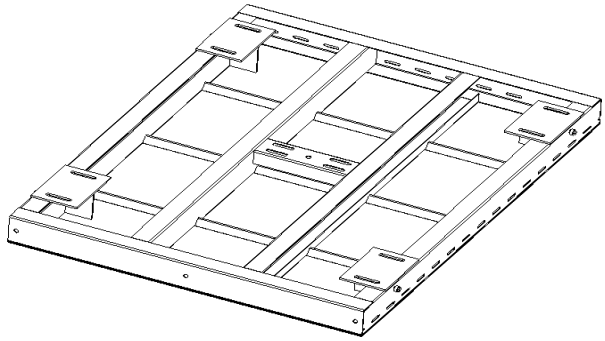
Zastosowanie parametryzacji cech geometrycznych modeli ma wielkie znaczenie i szerokie zastosowanie. Bezpośrednio w module Part Design mamy dostęp do grupy narzędzi o wspólnej nazwie „Knowledge". Do grupy tej należą narzędzia Formula, Low \ Design Table oraz Knowledge Inspector. Grupa tych narzędzi jest wspólna dla wszystkich modułów. Zastosowanie parametryzacji jest szczególnie korzystne w odniesieniu do modeli odwzorowujących obiekty (elementy), których cechy geometryczne podlegają normalizacji[6]. Przykładami obiektów (elementów) z branży mechanicznej, których cechy geometryczne podlegają normalizacji, są m.in. śruby, wkręty, nakrętki, podkładki, łożyska ślizgowe i toczne, wpusty, sprzęgła, siłowniki, sworznie itp. Wszystkie te elementy tworzą zwykle typoszeregi wymiarowe, których poszczególne egzemplarze nie różnią się (zwykle) od siebie postacią, ale właśnie układem wymiarów. Dlatego też wykonanie modelu parametrycznego danego obiektu umożliwia wygenerowanie dowolnego egzemplarza wymiarowego, należącego do jego typoszeregu. Jak można z tego łatwo wnioskować, dysponowanie modelami parametrycznymi znacznie przyspiesza proces projektowo-konstrukcyjny i czyni go zdecydowanie wydajniejszym.

PARAMETRY MODELU PODŁOGI DŹWIGU ELEKTRYCZNEGO

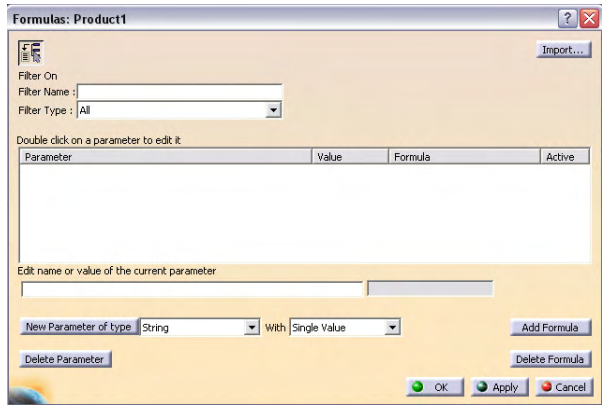
Opis postaci modelu

Jako przykład modelu parametrycznego przedstawiono model podłogi dźwigu elektrycznego (rys. 1). Wszystkie cechy geometryczne tego modelu są zależne od szerokości i długości podłogi, gdzie:
a – szerokość podłogi (stosowana w zakresie 930 – 1000 mm);
b – długość podłogi (stosowana w zakresie 930 – 1280 mm);
c – przesunięcie osi prowadnic względem osi podłogi.

* Piotr PENKAŁA – Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.
** Mirosław MALEC – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

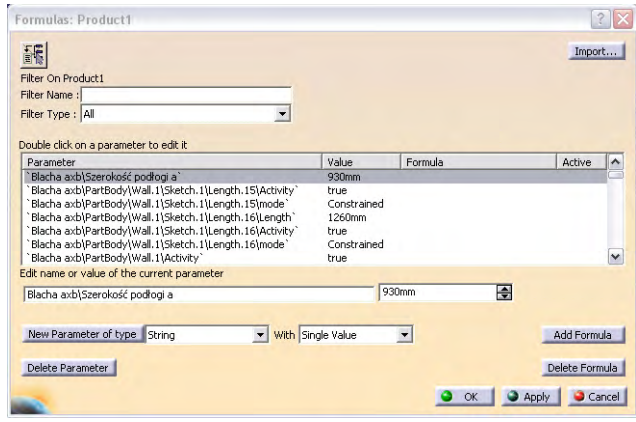


Rys. 1. Rysunek poglądowy podłogi dźwigu elektrycznego



Rys. 2. Okno dialogowe narzędzia Formula

W głównej części okna programu widzimy listę zawierającą nazwy parametrów cech modelu, ich aktualnych wartości, ewentualnie przypisanych im formuł i ich uaktywnienia. Każda cecha geometryczna czy tworzywowa modelu jest reprezentowana w postaci parametru o danej wartości. Nazwy tych parametrów są generowane przez system automatycznie i odpowiadają zawartości drzewa struktury modelu. Stosowanie domyślnych nazw parametrów jest jednak dość uciążliwe. Dlatego też dokonamy zmiany niektórych nazw. Aby zmienić nazwę wspomnianego parametru, należy myszką wskazać stosowną pozycję na liście „Parameter". Nazwa parametru pojawi się w polu *Edit name or value of the current parameter*. Aby zatwierdzić nową nazwę, „klikamy" myszką przycisk „Apply". Zmieniamy nazwę parametru szerokości podłogi. W tym celu włączamy funkcję *formula* i wskazujemy na część, której chcemy zmieniać parametry. Po zaznaczeniu całości będziemy widzieć w oknie wszystkie parametry, a przy większych złożeniach może być trudne znalezienie właściwego. Ułatwieniem szukania są filtry znajdujące się w lewej górnej części okna (rys. 3). Po znalezieniu

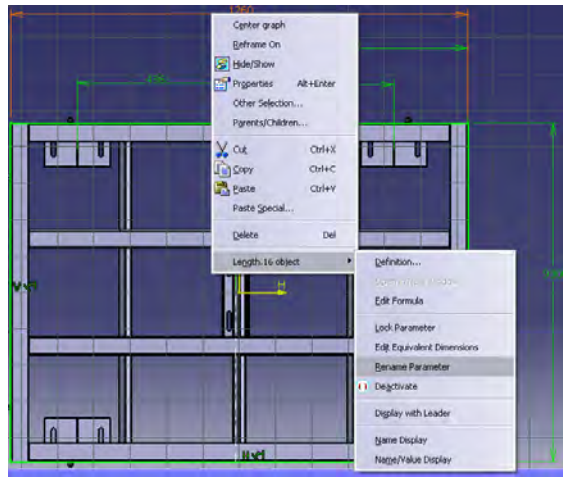


Rys. 3. Okno Formula – zmiana nazwy parametrów

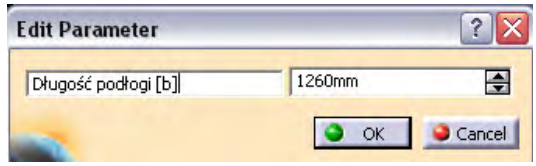
parametry szerokości podłogi o nazwie *Blacha axb\PartBody\Wall.1\Sketch.1\Length.15\Length,* wpisujemy jego nową nazwę i zatwierdzamy *Apply.*

Drugim sposobem na zmianę nazwy jest zmiana od razu po nadaniu wymiaru. W tym celu kursorem wskazujemy na wymiar, „klikamy" prawym klawiszem myszki i z menu podręcznego wybieramy polecenie *Lenght.XX object* i następnie po rozwinięciu kolejnego menu wybieramy *Rename Parameter* (rys. 4). Po pojawieniu się okna zmiany nazwy wpisujemy nową nazwę (rys. 5).

Ten sposób jest znacznie wygodniejszy, ponieważ nie trzeba szukać danego wymiaru i jest mniejsze prawdopodobieństwo pomyłki. Analogicznie postępujemy ze zmianą nazw pozostałych używanych parametrów. Należy pamiętać, aby nazwy parametrów odzwierciedlały nazwy powszechne parametrów, co znacznie ułatwia wyszu-



Rys. 4. Zmiana nazwy parametru w szkicowniku

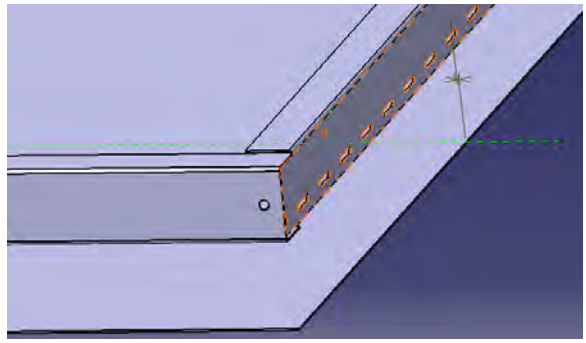


Rys. 5. Okno zmiany nazwy parametru

kiwanie parametrów, gdy nie zna się ich nazwy. Jeżeli parametryzuje się części znormalizowane najlepiej używać nazw używanych w normach.

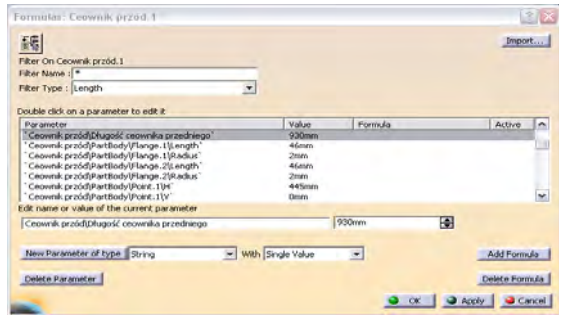
DEFINIOWANIE FORMUŁ

Parametryzacji podlegają nie tylko wymiary elementu, ale również wymiary więzów (*offset, Angle)* i wiele innych parametrów. Definiując formuły przy większym złożeniu trzeba się najpierw dobrze zastanowić, jakie są między nimi zależności. W przypadku opisywanej podłogi głównymi wymiarami będą szerokość i długość podłogi – od tych wymiarów będzie wszystko zależne.

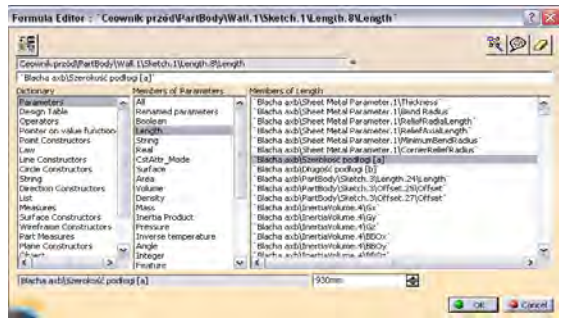


Rys. 6. Widok więzów pomiędzy ceownikami a blachą podłogi

Pomiędzy powierzchniami bocznymi ceowników a blachy są nadane więzy, co powoduje, że wraz ze zmianą wymiarów blachy będzie się zmieniało ich położenie, jednak ich długość się nie zmieni. W celu zdefiniowania formuły i parametru długości korzystamy z narzędzia *f*(x) - *formula*. Następnie wskazujemy na drzewie *Ceownik przód* (pokazuję tylko parametry wskazanego elementu) z listy *Filter type* wybieramy *Lenght* i szukamy długości ceownika (rys. 7). Po znalezieniu parametru długości „klikamy" na przycisk *Add Formula*. Po pojawieniu się okna „Formula Editor" z okna „Members of Parameters" wybieramy *Lenght*. Ponieważ długość ceownika będzie równa szerokości blachy, szukamy parametru szerokości blachy i „klikamy" na niego dwukrotnie, tak, aby się pokazał w górnym oknie równania. Następnie zatwierdzamy „OK". Analogicznie postępujemy z ceownikiem tylnym.



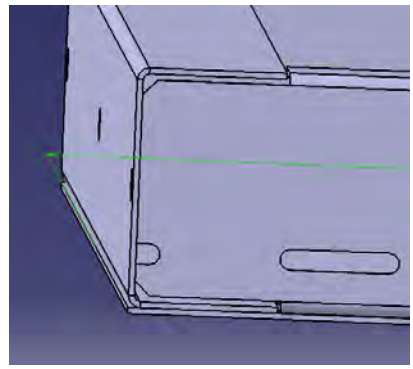
Rys. 7. Dodawanie formuły



Rys. 8. Okno edycyjne formuły.

W przypadku ceowników bocznych ich długość nie jest równa długości blachy, ponieważ jest krótsza o grubość blachy ceownika przedniego oraz tylnego.

W tym celu dodajemy formułę podobnie, jak w przypadku ceownika przedniego, jednak przed jej zatwierdzeniem dodajemy działanie arytmetyczne. Po dwukrotnym „kliknięciu" na parametrze *Długości podłogi* stawiamy kursor w oknie równania za



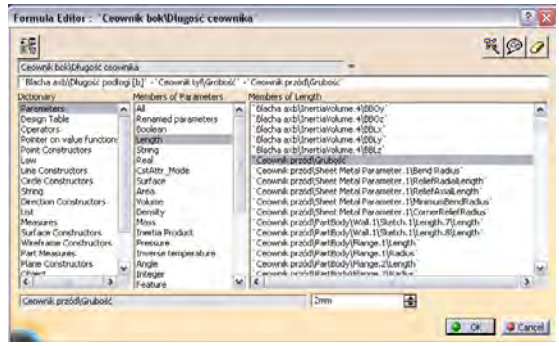
Rys. 9. Długość ceownika bocznego krótsza o grubość blachy.

dodanym parametrem długości podłogi i wpisujemy tam znak minusa '-'. Następnie szukamy parametru grubości ceownika przedniego i „klikamy" na niego dwukrotnie dodając go do równania. Powinien się pojawić po znaku '-'. Podobnie postępujemy z grubością ceownika tylnego. Wynikiem tego powinno być równanie:

Ceownik bok\Długość ceownika = «Blacha axb\Długość podłogi [b]« -«Ceownik tyl\Grubość« -«Ceownik przód\Grubość«,

co oznacza, że długość ceownika równa się różnicy długości podłogi oraz grubości ceowników przedniego i tylnego. W naszym przypadku długość ceownika = 1260-2-2 = 1256 mm.

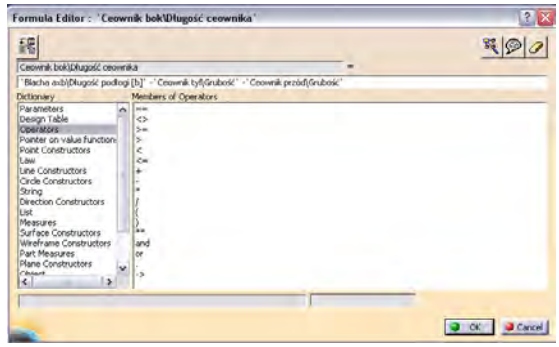
Wystarczy zdefiniować parametry tylko dla jednego ceownika bocznego, ponieważ drugi jest tylko „linkiem" i korzysta z tego samego pliku, któremu są przypisane wszystkie parametry.



Rys. 10. Końcowa postać formuły długości ceownika bocznego

Działanie arytmetyczne możemy wprowadzać na dwa sposoby:

- wybieranie parametrów z listy i wprowadzanie znaków działań z klawiatury,
- wybór działań z listy *Operators* gdzie mamy do dyspozycji główne działania matematyczne.

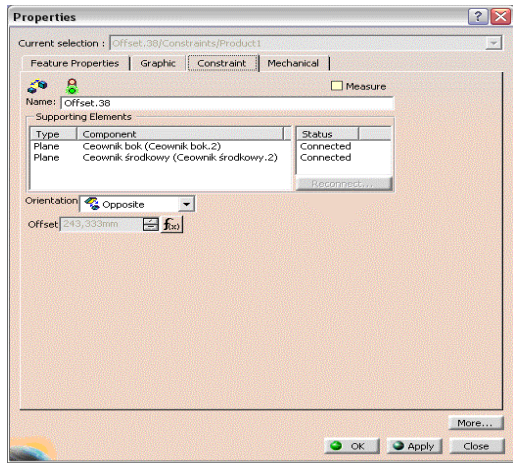


Rys. 11. Lista funkcji matematycznych

Również w zakładce *Math* mamy dużo funkcji trygonometrycznych, logarytmicznych oraz statystycznych. W przypadku ceowników środkowych długość wprowadzamy tak samo, jak dla ceowników bocznych, natomiast w celu ich prawidłowego położenia, wprowadzamy następujące więzy:

- *Contact Constraint* – pomiędzy powierzchniami: dolną ceownika a górną blachy (axb), czołową przednią ceownika środkowego a wewnętrzną ceownika przedniego. W ten sposób uzyskujemy rozwiązane usytuowanie wzdłuż podłogi, pozostaje jeszcze usytuowanie w drugim kierunku (szerokości). Ponieważ wprowadzamy dwa ceowniki środkowe i chcemy, aby były rozstawione w równych odcinkach,
- więzy odległości Offset nadajemy pomiędzy powierzchniami wewnętrznymi ceowników (bocznego i środkowego).

Następnie ceownik wyszukujemy w oknie „Formula", jego nazwa jest nadawana automatycznie i przyjmuje postać: *Constraints\Offset.xx\Offset.xx\Offset*, gdzie xx oznacza numer nadanego z kolei więzu. W celu zmiany tej nazwy wybieramy ją na drzewie, a następnie „klikając" prawym klawiszem myszki z menu podręcznego wybieramy *Properties* i zakładkę *Conastraint*, gdzie w polu „Name" możemy zmienić nazwę.



Rys. 12. Zmiana nazwy więzu

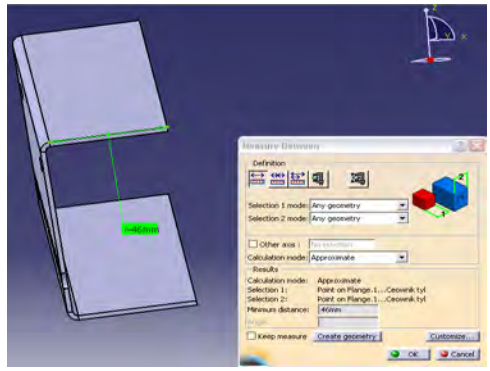
Gdy już znajdziemy w oknie „Formuły" właściwy „Constraint" „klikamy" na przycisk "Add Formula" w celu dodania równania matematycznego. Końcowa postać równiania powina wyglądać w sposób następujący:

(«Blacha axb\Szerokość podłogi [a]« -2*(«Ceownik bok\PartBody\Flange.1\Length« +«Ceownik bok\Sheet Metal Parameter.1\Bend Radius«)-2*(«Ceownik środkowy\PartBody\Flange.3\Length« +«Ceownik środkowy\Sheet Metal Parameter.1\Bend Radius«))/3

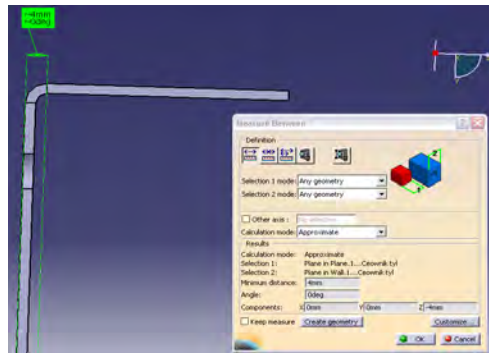
gdzie:

Flange.x\Length – szerokość prostej części półki ceownika (odległość na rys. 13),

Sheet Metal Parameter.1\Bend Radius – promień zagięcia (odległość na rys. 14).



Rys. 13. Graficzne przedstawienie długości Flange.x\Length



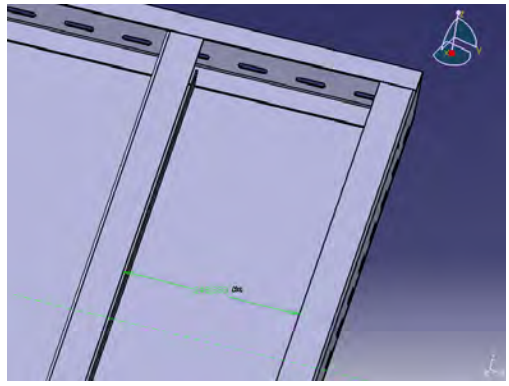
Rys. 14. Graficzne przedstawienie długości Bend Radius Flange.x\Length

Suma tych dwóch parametrów daje nam całkowitą szerokość półki ceownika. Logicznie równanie możemy zapisać w postaci

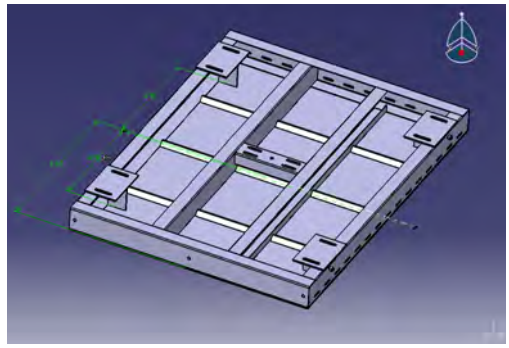
$$rozstaw = \frac{szer.podłodł.[a] - 2 \cdot szer.ceownika.bocznego - 2 \cdot zer.ceownika.środkowego)}{3}$$

Wynik tego równania daje nam odległość pokazaną na rys. 15. W podobny sposób postępujemy z drugim ceownikiem środkowym, jak i z kątownikami rozmieszczonymi poprzecznie.

Na rys. 16 przedstawiono wygląd całej podłogi. Parametryzacja powinna być wykonana tak, aby wszystkie pola, na które została podzielona blacha poprzez ceowniki i kątowniki były sobie równe. Tak samo ceownik mocujący powinien znajdować się w osi prowadnic.



Rys. 15. Odległość pomiędzy ceownikami



Rys. 16. Widok podłogi po parametryzacji

Wszelkie zmiany wartości, jak i parametrów, żeby były widoczne wymagają aktualizacji. Po jakiejkolwiek zmianie element jest podświetlany na czerwono i podświetla się ikona *Update All*. Jeżeli parametryzacja została przeprowadzona prawidłowo oraz wszystkie więzy zostały nadane prawidłowo i siebie nie wykluczają, ikona zgaśnie, a element zmieni swoje gabaryty (jeżeli zostały wprowadzone inne). Dobrym sposobem jest częste używanie tej ikony (jeżeli się zapala), co znacznie ułatwia wyszukanie błędów, jeżeli takowe się pojawią.

TABLICA PROJEKTOWA

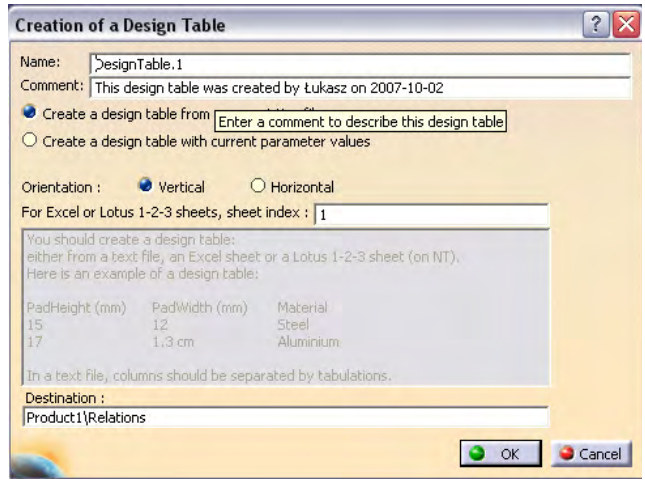
Następnym bardzo przydatnym etapem parametryzacji jest stworzenie tablicy projektowej – – *Design Tabele*, w której możemy umieścić dane. Najpopularniejsze i najbardziej powszechne są tablice w *MS Excel*. W tym celu możemy stworzyć tablicę projektową wcześniej, a następnie podpiąć „link". Wartości tych parametrów, tworzą

typoszereg wymiarowy. Ich użycie będzie powodowało zmiany wartości parametrów opisujących geometrię modelu.

Tabela 1. Podstawowe wymiary podłogi

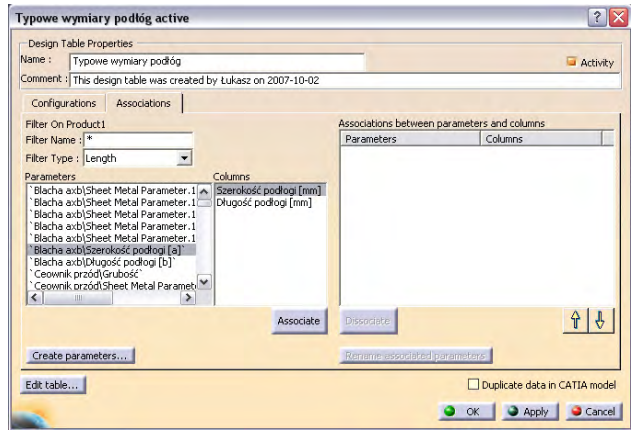
	A	B
1	Szerokość podłogi (mm)	Długość podłogi (mm)
2	930	1030
3	930	1130
4	930	1180
5	930	1230
6	930	1260
7	930	1280
8	960	1260
9	960	1280
10	1000	1180
11	1000	1230
12	1000	1280

Bardzo ważna jest nazwa kolumny, może być ona dowolna, pod warunkiem umieszczenia na końcu tej nazwy jednostki miary w nawiasie okrągłym. Czyli na końcu każdej nazwy kolumny powinien się znajdować dopisek „(mm)". W przypadku braku dopisanych jednostek lub napisanie w innym nawiasie wystąpi niezgodność jednostek pomiędzy plikiem w Excelu a „Partem"w Catii. Mając więc stosowny plik z danymi opisującymi parametry modelu możemy utworzyć z niego tablicę projektową. Tablica ta nie jest niczym innym, jak swego rodzaju pomostem pomiędzy plikiem arkusza kalkulacyjnego, a plikiem modułu Part Design. W celu jej utworzenia wskazujemy myszką ikonę narzędzia Design Table. Uaktywnia się okno dialogowe narzędzia.



Rys. 17. Okno kreatora tablicy projektowej

W polu Name wpisujemy nazwę tablicy projektowej. W naszym przypadku będzie to nazwa *Tablica projektowa* z wymiarami typowych podłóg dźwigu elektrycznego. Zawartość pola „Comment" możemy pozostawić bez zmian. Następnie zaznaczamy polecenie "*Create a design table from a pre-existing file"*, ponieważ wcześniej utworzyliśmy stosowny plik. W polu „Destination" widzimy aktualną nazwę modelu. Gdybyśmy wcześniej nie utworzyli pliku z wartościami parametrów, tablicę można by było utworzyć, zaznaczając polecenie *Create a design table with current parameter values.* Operację nadania nazwy i wyboru sposobu utworzenia tablicy projektowej kończymy klikając" przycisk „OK". Następnie w nowo otwartym oknie wskazujemy ścieżkę dostępu do pliku i otwieramy tabelę. W uaktywnionym oknie dialogowym zmieniamy zakładkę na Associations. W oknie *Parameters* widzimy wszystkie parametry naszego modelu, natomiast w oknie *Columns* są kolumny z naszej tabeli. W celu łatwiejszego znalezienia właściwych parametrów (długości i szerokości podłogi) z listy *Filter Type* wybieramy Lenght. Ponieważ szerokość i długość blachy podłogi są wymiarami zmiennymi i wszystkie wymiary są od nich uzależnione musimy dwie kolumny tabeli powiązać właśnie z tymi wymiarami. W oknie *Parameters* wybieramy przez podświetlenie Blacha axb\Szerokość podłogi [a], a w oknie *Columns* wybieramy szerokość podłogi (nazwa kolumny) i zatwierdzamy przyciskiem *Associate.*



Rys. 18. Powiązanie parametrów tablicy z parametrami modelu.

Powiązanie powinno się pokazać w trzecim oknie *Associations between parameters and columns.* Analogicznie postępujemy z „długością podłogi".

WNIOSKI

Aktualnie w każdym przedsiębiorstwie dąży się do jak największej automatyzacji, szczególnie produkcji, ale również i prac inżynierskich. Postęp w programach CAD spowodował, że część pracy systemy wykonują same. Faktem jest, że komputer nie wykona wszystkiego sam i potrzebna jest wiedza inżynierska aby rysunki zostały zrobione prawidłowo. Możemy jednak znacznie to zautomatyzować poprzez parametryzację modelu, tworzenie skryptów VBA wstawiających automatycznie tabelkę rysunkową oraz jej uzupełnienie, jak i wiele innych rzeczy, w zależności od przedsiębiorstwa. Dla przykładu wyobraźmy sobie tworzenie rysunku zestawieniowego dla podłogi dźwigu elektrycznego. Rysunek posiada wiele detali oraz rzutów, które należy rysować osobno, również wymiarowanie takiego rysunku jest bardzo pracochłonne. Przy produkcji seryjnej produkowane podłogi posiadają różne wymiary gabarytowe, a co się z tym wiąże różne wymiary poszczególnych elementów. Dla zautomatyzowania takich rysunków musielibyśmy posiadać kilkanaście szablonów, które trzeba by było edytować i dostosowywać do najbardziej zbliżonej podłogi.

Literatura

1. Penkała P., Dobiaszewski M.: *Use of CAD software in the assembly of gear pump.* ИНЖЕНЕР.Студенческий научно-технический журнал. ДонНТУ, № 8, с. 149–151, Донецк 2008.
2. Penkała P., Dobiaszewski M.: *A principles of assemblies construction in T-Flex CAD software,* Автоматизация: Проблемы, Идеи Решения: Материалы междунар. научн.-техн. конф. Изд-во СевНТУ, с. 35–37, Севастополь 2007.
3. Penkała P., Dobiaszewski M.: *An assembly of pump model in In-Flex software.* Прогрессивные Направления Развития Мащино-Приборостроительных Отраслей И Транспорта. Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, с. 131–133, Севастополь 2007.
4. Penkała P., Przychodzeń P.: *The description of modelling,folded riveted constructions, with using the CAD system.* Прогрессивные Направления Развития Мащино-Приборостроительных Отраслей И Транспорта» Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, с. 149–151, Севастополь 2007.
5. Penkała P., Czaramaga T. *The use of CAD/CAM software in part class of frame modeling.* Прогрессивные Направления Развития Мащино-Приборостроительных Отраслей и Транспорта. Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, с. 150–152, Севастополь 2007.
6. Skarka W., Mazurek A.: *CATIA Podstawy modelowania i zapisu konstrukcj.* Wydawnictwo Helion, Gliwice 2003.
7. Winkler T.: *Komputerowe wspomaganie CAD/CAM. Komputerowy zapis konstrukcji.* WNT, Warszawa 1997.
8. Wyleżoł M.: *Modelowanie bryłowe w systemie CATIA. Przykłady i ćwiczenia.* Wydawnictwo Helion, Gliwice 2002.

Streszczenie

System Catia składa się z większej liczby różnych modułów, pomiędzy którymi możliwy jest przepływ informacji (danych). W pracy przedstawiono możliwości, jakie daje współpraca modułu Part Design z modułem Knowledge Advisor. Moduł Knowledge Advisor, należący do grupy Infrastructure, jest przeznaczony do definiowania m.in. reguł, makropoleceń. równań matematycznych i tzw. „sprawdzeń", a więc elementów będących głównie środkami reprezentowania wiedzy.

PARAMETERIZATION OF GEOMETRICAL OF MODEL FEATURES IN CATIA v.5 SOFTWARE

Summary

The CATIA software consists of different modules, among which the flow of information is possible. In paper they have presented the possibilities, that gives the collaboration between *Part Design* module and *Knowledge Advisor* module. *Knowledge Advisor* module, belong to *Infrastructure Group* is assigned to for define rules, macro-instructions, mathematic equation and so-called "verification", and so elements that are mainly the means of knowledge.

Mirosław Malec*, Magdalena Kołtyś*

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PROGRAMU EASY RECOVERY DO ODZYSKIWANIA DANYCH

WPROWADZENIE

Zwiększające się ilości danych na dyskach twardych to problem dotyczący każdego użytkownika komputera zwłaszcza, jeśli jest on podłączony do Internetu. Dane komputerowe są bowiem narażone na różne niebezpieczeństwa. Utrata danych jest chyba najbardziej nieprzyjemną sytuacją dla posiadacza komputera. Przyczyną może być awaria komputera, atak wirusa, przypadkowe skasowanie i wiele innych nieprzewidzianych sytuacji, ale efekty ich nieraz bywają katastroficzne. Odzyskiwanie danych jest niekiedy droższe od skutków jakiejkolwiek innej awarii sprzętu komputerowego. Najprostszym sposobem ochrony danych przed ich utratą jest zapobieganie utracie. Awaria może się jednak zdarzyć zawsze. W takich sytuacjach najlepszym rozwiązaniem mogą okazać się programy do odzyskiwania danych. Internet oferuje wiele, często darmowych wersji takiego oprogramowania.

PROGRAM EASY RECOVERY

Programy do odzyskiwania danych są to narzędzia specjalistyczne służące do wyszukiwania na nośniku plików, które nie są widoczne przez system. Oprogramowanie tego typu w większości przypadków jest płatne, ale istnieje możliwość skorzystania z darmowych, 30-dniowych wersji demonstracyjnych. Wersje demonstracyjne mają pewne ograniczenia, zazwyczaj jest to brak możliwości kopiowania danych wyszukanych na nośniku. Jednak umożliwiają one w niemal każdym przypadku bezpłatne skanowanie nośnika w celu poszukiwania utraconych danych. Ze względu na dużą ilość programów użytkowych specjalizujących się w obszarze odzyskiwania danych, autorzy pracy zdecydowali się na dokładniejsze sprawdzenie jednego z nich - programu Easy Recovery. Program ten został wybrany, ponieważ cieszy się on dużą popularnością i według internautów daje możliwość skorzystania z różnych metod odzyskiwania danych. Ponadto program ten posiada inne przydatne funkcje takie jak diagnostyka dysku, naprawianie niektórych plików z pakietu Microsoft Office, aktualizacje i inne (rys. 1).

* Mirosław MALEC, Magdalena KOŁTYŚ – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

Rys. 1. Zdjęcie okna programu Easy Recovery – Zakładka Disk Diagnostics

Dodatkowo program obsługuje partycje FAT12, FAT 16, FAT 32, NTFS i NTFS5. W zależności od wersji pozwala także na instalowanie dodatkowych narzędzi, które mogą zwiększać jego funkcjonalność. Wszystkie zainstalowane narzędzia są umieszczane w jednej z kategorii. Instalacja nowych narzędzi może przebiegać automatycznie również za pośrednictwem Internetu. Standardowy pakiet wersji Easy Recovery Professional zawiera następujące funkcje: Disk Diagnostics (diagnostyka dysku), Data Recovery (odzyskiwanie danych), File Repair (naprawa plików), Email Repair (naprawa plików utworzonych przez program MS Outlook), Software Updates (aktualizacje), Crisis Center (centrum kryzysowe). W starszych wersjach programu dwie ostatnie funkcje nie są dostępne.

BADANIA SKUTECZNOŚCI WYKORZYSTANIA PROGRAMU EASY RECOVERY NA PODSTAWIE BADAŃ DYSKU TWARDEGO I KARTY PAMIĘCI FLASH

Pliki wykasowane z nośnika w rzeczywistości pozostają na nim, tylko informacja o nich zostaje wykasowana z tablicy alokacji tak, że nie są one widoczne przez system. Podczas formatowania dysku dochodzi do usunięcia tablicy alokacji i zapisania jej na nowo w tym samym lub w innym systemie plików, co powoduje, że pliki nie są widziane przez system. Miejsce, w którym się znajdowały pliki jest uznawane za puste i jeśli dojdzie do ponownego zapisu to nowe pliki umieszczane są w pierwszych wolnych sektorach. Jeśli nośnik nie zostanie ponownie zapisany wówczas można je odzyskać korzystając z programów do odzyskiwania danych. Program Easy Recovery to, jak już wspomniano, jedna z najpopularniejszych aplikacji do odzyskiwania danych utraconych w wyniku błędów logicznych na nośniku lub w wyniku błędu użytkownika. W dalszej części pracy przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań skuteczności odzyskiwania danych tym programem w kilku najczęściej przytrafiających się przypadkach utraty danych.

Wykorzystanie programu Easy Recovery do odzyskiwania danych z karty Flash

Karta pamięci Flash jest najczęściej używana w urządzeniach przenośnych. W badaniach wykorzystano kartę pamięci Secure Digital o pojemności 512 MB (rzeczywista wielkość 488 MB) sformatowaną w systemie FAT 16. Karta ta wykorzystywana jest do robienia zdjęć i nagrywania krótkich filmów aparatem firmy Samsung oraz spełnia funkcję PenDriva do przenoszenia danych i tworzenia kopii zapasowych. Program podczas badania odzyskiwał dane w następujących symulowanych przypadkach ich utraty:

- Sformatowanie karty w aparacie;
- Skasowanie pojedynczych zdjęć z karty w aparacie;
- Skasowanie plików w komputerze;
- Skasowanie plików w komputerze i wykonanie nowych zdjęć;
- Skasowanie zdjęć w aparacie i wykonanie nowych zdjęć;
- Sformatowanie karty w aparacie i wykonanie nowych zdjęć.

Materiał badawczy, który odzyskiwał program był w każdym przypadku ten sam i obejmował dane w postaci:

- 280 zdjęć zrobionych przez aparat z nazwą przyporządkowaną przez aparat,
- 6 filmów nagranych przez aparat w formacie .AVI, z nazwą przyporządkowaną przez aparat,
- 101 zdjęć przechowywanych na karcie i podpisanych przez użytkownika,
- 1 film w formacie .WMA, przechowywany na karcie,
- 1 plik instalacyjny przechowywany na karcie,
- 127 plików dokumentowych umieszczonych w dwóch folderach i w kilku podfolderach – wśród nich znajdowało się 5 plików ukrytych .TMP.

Każda próba odzyskania utraconych danych została wykonana trzykrotnie. Jak wynika z przeprowadzonych badań, program Easy Recovery wykazuje 100 % skuteczności w przypadku zwykłego skasowania plików z karty pamięci Flash. Skasowane pliki zarówno w aparacie jak i w komputerze, zostały całkowicie odzyskane i wszystkie działają poprawnie. Natomiast przy usunięciu plików w komputerze i wykonaniu nowych zdjęć na karcie (łączna pojemność nowych zdjęć zajmowała 16,7 MB) odzyskano wszystkie zdjęcia, filmy, plik instalacyjny oraz 17 dokumentów. Niestety jeden folder nie został odzyskany ani żadne pliki, które się w nim znajdowały, mimo że jego pojemność przekraczała pojemność, którą zajęły nowe zdjęcia. Również podczas skasowania 19 zdjęć i 1 filmu w aparacie fotograficznym i ponownym wykonaniu nowych zdjęć (9,8 MB), odzyskano 18 zdjęć, co stanowi 94,7 % wszystkich zdjęć utraconych. Aparaty fotograficzne i inne urządzenia korzystające z pamięci Flash mają możliwość formatowania karty podobnie jak komputer. Wykonano więc badania odzyskiwania danych z karty pamięci Flash sformatowanej w aparacie fotograficznym. Przy sformatowaniu karty w aparacie fotograficznym do odzyskania plików skorzystano najpierw z metody Delated Recovery, jednak skuteczność tej metody okazała się nie-

wielka, bo odzyskano zaledwie 4,7% poprawnie działających zdjęć, jeden film i 11 plików dokumentowych. Niektóre zdjęcia zostały odzyskane podwójnie pod inną nazwą. Ciekawym faktem w tym przypadku jest to, że odzyskane zostały wszystkie dokumenty, które umieszczone były w folderze, a nie odzyskano żadnych plików umieszczonych poza folderami i żadnych umieszczonych w podfolderach. Nie było możliwości skorzystania z metody Format Recovery, gdyż program nie chciał skanować plików tą metodą (karta nie była formatowana w komputerze).

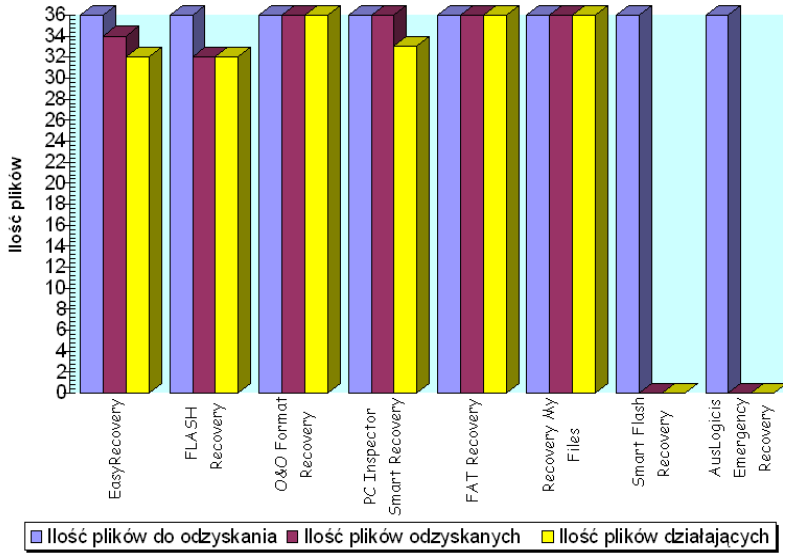
Najlepszą skutecznością wykazała się metoda Raw Recovery, której używa się w ostateczności do odzyskiwania danych. Metoda ta wyszukuje nagłówków plików i każdy format pliku umieszcza w osobnych folderach. Podczas odzyskiwania danych tą metodą można było zauważyć, że dobra skuteczność jest w przypadku zdjęć, bo odzyskano wszystkie zdjęcia wykorzystane w teście, z tego aż 92,7% zdjęć działało poprawnie. 19 zdjęć ze wszystkich odzyskanych, było uszkodzonych w pewnym stopniu tzn. na zdjęciu brakowało części obrazu. 8 zdjęć zostało uszkodzonych tak, że nie była widoczna większa część zdjęcia. Filmy zostały odzyskane częściowo i odtworzono je w programie AllPlayer, tylko jeden film działał prawidłowo natomiast pozostałe były podzielone na mniejsze części w ten sposób, że początek filmu po naprawieniu przez program AllPayer został odtworzony a kolejne części były zapisywane w katalogu ze zdjęciami jako pliki .JPG o bardzo dużej pojemności w porównaniu z innymi zdjęciami (mimo, że ich jakość jest słaba). Plik .wma, który był umieszczony na karcie zamienił format na .asf i tylko część pliku była możliwa do odtworzenia. Plik instalacyjny został podzielony na mniejsze pliki i również nie był możliwy do odzyskania. Odzyskano 126 plików dokumentowych, które w większości nie dawały się uruchomić. Tylko 29 plików było możliwych do uruchomienia. Nawet, jeśli pliki dokumentowe zostały uruchomione to nie oznaczało to pełnego sukcesu, gdyż 5 z tych plików zawierało tylko i wyłącznie puste strony. Jeden plik dokumentowy o pojemności 8,22 MB, który zawierał 93 strony został odzyskany niekompletnie, bo po odzyskaniu miał pojemność 1,82 MB i zawierał tylko 55 stron. Pozostałe pliki odzyskano w całości. W przypadku odzyskiwania danych ze sformatowanej karty i nadpisanej nowymi zdjęciami o pojemności 10,8 MB dane odzyskiwano tylko metodą Raw Recovery, ponieważ dała ona jedyny pozytywny efekt podczas odzyskiwania danych ze sformatowanej karty. W tym przypadku odzyskano 86,9 % zdjęć, z czego 80,8 % działało poprawnie. Wynik odzyskiwania pozostałych danych był podobny jak w przypadku formatowania plików bez nadpisywania. Podczas odzyskiwania danych zauważono, że pozmieniane zostały niektóre nazwy plików. Korzystając z metody Delated Recovery zmiany nazw wystąpiły jedynie dla plików zdjęciowych i filmowych, których nazwy były przyporządkowane przez aparat, natomiast zachowana została ich kolejność. Nazwy zdjęć wprowadzone przez użytkownika nie uległy zmianie. Również zmieniona została nazwa jednego pliku dokumentowego. Inne pliki i foldery odzyskiwane tą metodą, zachowały pierwotny układ i nazwy. Metoda Delated Recovery spowodowała zmianę układu i zmianę nazw zdjęć i filmów (tylko tych podpisanych przez aparat) podczas odzyskiwania danych ze sformatowanej karty pamięci. Dane wówczas zostały odzyskane i poukładane w dwóch folderach o zmienionej

nazwie. W metodzie Raw Recovery utworzone są foldery, których nazwa zawiera rodzaj plików, jakie są w nim umieszczane. Każdy plik umieszczany w folderze ma przydzielaną kolejną nazwę porządkową w takiej kolejności jak został odzyskany. Również ten sam problem jest w przypadku plików dokumentowych. W celu porównania skuteczności proponowanego programu do odzyskiwania danych z innymi tego typu programami przeprowadzono kolejny test wykorzystując w nim kartę pamięci Flash. W badaniu wykorzystano kartę pamięci Flash o pojemności 32 MB sformatowaną w systemie FAT 16, na której zapisane były 33 zdjęcia i 3 filmy .AVI. Karta została sformatowana na aparacie fotograficznym i przetestowana kilkoma programami do odzyskiwania danych. Programy, które wykorzystano w badaniach to: Easy Recovery, Disk Internals Flash Recovery, Recovery My Files, PC Inspector Smart Recovery, O&O Format Recovery, DiskInternals FAT Recovery, Smart Flash Recovery, AusLogicis Emergency Recovery. Wszystkie te programy umożliwiają bezpłatne skanowania nośnika w poszukiwaniu utraconych plików oraz przywrócenie tych danych wraz z wykupieniem licencji. Jak wynika z badań większość testowanych programów poradziło sobie znakomicie z odzyskaniem zdjęć z karty Flash. Przy odzyskiwaniu filmów skuteczność była mniejsza. Nie jest to jednak miarodajna ocena, ponieważ na karcie (jako test) były tylko 3 filmy wymagające odzyskania. W tabeli 1 oraz na rysunku 2 pokazano podsumowanie wyników odzyskania danych przez testowane programy. Dane te dotyczą tylko i wyłącznie ilości wszystkich odzyskanych plików oraz plików poprawnie działających, dlatego nie są miarodajnym wskaźnikiem jakości odzyskiwania co do poszczególnych formatów plików. Pozwalają natomiast określić skuteczność odzyskiwania danych.

Tabela.1. Podsumowanie wyników odzyskania danych z karty pamięci Flash

Programy	Ilość plików utraconych	Ilość plików odzyskanych	Ilość plików działających
Easy Recovery	36	34	32
FLASH Recovery	36	32	32
O&O Format Recovery	36	36	36
PC Inspector Smart Recovery	36	36	33
FAT Recovery	36	36	36
Recovery My Files	36	36	36
Smart Flash Recovery	36	0	0
AusLogicis Emergency Recovery	36	0	0

Z prezentowanego zestawienia wynika, że w przypadkach programów Smart Flash Recovery i AusLogicis Emergency Recovery nie odzyskano żadnych danych z pamięci Flash. W trzech przypadkach, czyli dla programów O&O Format Recovery, Recovery My Files i Disk Internals FAT Recovery wszystkie trzy kolumny są ze sobą zrównane, oznacza to, że dane zostały odzyskane w stu procentach i wszystkie działają poprawnie. Pozostałe programy uzyskały bardzo dobre wyniki co do odzyskiwania zdjęć, ale nie radziły sobie z plikami .AVI.



Rys. 2. Skuteczność wykorzystania programu Easy Recovery w porównaniu z innymi programami do odzyskiwania danych z pamięci Flash

Wykorzystanie programu Easy Recovery do odzyskiwania danych z dysku twardego

W dysk twardy jest wyposażony każdy komputer. Na nim zazwyczaj instaluje się system operacyjny umożliwiający korzystanie z komputera, jak również przechowuje się dane, z których się najczęściej korzysta. W przypadku odzyskiwania danych z dysku twardego pojawia się problem, który nie dotyczył pamięci Flash (ponieważ jest ona nośnikiem wymiennym), mianowicie nie powinno się odzyskiwać danych na dysku z którego te dane zostały usunięte, ponieważ może to spowodować nadpisanie utraconych plików. Dotyczy to również instalowania programów na tym dysku, zamykania systemu i wielu innych czynności, których nie powinno się wykonywać w razie utraty. W badaniu wykorzystano dysk zapasowy o pojemności rzeczywistej 1,51 GB, który był podłączony do komputera w tzw. kieszeni. Dysk został sformatowany w systemie plików FAT 32 pod systemem Windows, a w późniejszej części badań korzystano z systemu NTFS. Dysk wykorzystywany był tylko do przenoszenia danych. Program podczas badań będzie próbował odzyskiwać w każdym przypadku te same dane, czyli:

- 156 zdjęć, kilka zdjęć ma nazwy przyporządkowane przez aparat,
- 4 filmów nagranych w formacie .AVI z nazwą porządkową z aparatu,
- 1 film .RMVB,
- 1 film w formacie .WMA,
- 1 plik instalacyjny,
- 1 plik .PDF,

- 3 pliki .MP3,
- 41 plików dokumentowych umieszczonych w jednym folderze i w dwóch podfolderach – wśród nich znajduje się 8 plików ukrytych .TMP.

Również dla dysku twardego próby odzyskania danych wykonano po trzy razy. Podczas prób zamodelowano następujące przypadki utraty danych:

- Pliki usunięte szybkim formatowaniem z partycji FAT 32;
- Pliki usunięte normalnym formatowaniem z partycji FAT 32;
- Przypadkowe skasowanie plików z partycji FAT 32;
- Przypadkowe skasowanie plików z partycji NTFS;
- Sformatowanie partycji NTFS;
- Pliki wykasowane z partycji FAT 32 i nadpisane przez nowe dane;
- Formatowanie programem Partition Magic 8.0 i zmiana systemu na NTFS
- Stworzenie partycji, zniszczenie partycji i zmiana systemu plików na FAT 32

Podczas formatowania dysku z danymi niezależnie od tego, czy skorzystano z szybkiej metody czy dogłębnego formatowania, to wynik odzyskiwania danych metodą Format Recovery był ten sam: odzyskano 70,5% zdjęć, 33,3% filmów i 100% dokumentów. Pozostałych plików nie odzyskano. Zauważono również, że wśród zdjęći filmów, które zostały odzyskane brakowało plików zajmujących kolejne miejsca na dysku (końcowe zdjęcia i filmy w folderze). Dodatkowo wszystkie pliki, które były umieszczone poza folderem zostały utracone. W wyniku odzyskiwania danych metodą Raw Recovery również uzyskano takie same dane zarówno w przypadku formatowania szybkiego jak i dogłębnego. Dodatkowo odzyskano 1,51 GB danych, co jest równe pojemności całego dysku twardego. Do próby wykorzystano 156 zdjęć, które to zostały odzyskane, jednak 9 z tych zdjęć nie wyświetla kompletnego obrazu. Również odzyskane zostały fragmenty filmów, które były przechowywane na dysku jednak podobnie jak w przypadku karty Flash, również tutaj filmy te zostały podzielone a części filmów zostały zapisane jako pliki .JPG o bardzo dużej pojemności w porównaniu z innymi zdjęciami (mimo, że ich jakość jest słaba). Plik filmowy z rozszerzeniem .RMVB zamienił swój format na .RM i nie był możliwy do odtworzenia w całości. Plik .PDF został odzyskany w całości jednak nie może być odtworzony. Odzyskano 2 pliki muzyczne .MP3, które poprawnie działały. Wśród dokumentów odzyskane zostało tylko 48,8 % poprawnie działających plików. Pliku instalacyjnego nie odzyskano. Odzyskanych danych metodą Raw Recovery było dużo więcej. Znaleziono wśród nich: pliki muzyczne (31 plików .MP3 – w tym 30 działających, 4 pliki .MID – w tym 4 działające, 40 .WAV – żaden nie działa), pliki graficzne (190 .JPG – w tym 190 działających, 145 .GIF – w tym 145 działających), pliki instalacyjne (48 plików, w tym 12 działających), pliki dokumentowe (22 działające).

Wśród plików zdjęciowych .JPG znaleziono 29 zdjęć z przed formatowania które poprawnie działały. Prawie wszystkie pliki .MID i .MP3 dały się odtworzyć w całości, natomiast pliki .WAV nie były możliwe do odtworzenia. Nie było także problemów z uruchomieniem plików graficznych .GIF. Wśród odzyskanych plików instala-

cyjnych, z czego 12 plików działała poprawnie, nie było możliwości znalezienia pliku, który wykorzystano w badaniu, ponieważ większość plików została podzielona i odzyskana pod inną nazwą. W kolejnym badaniu odzyskiwano dane skasowane z partycji FAT 32. W tej próbie odzyskano zaledwie 70,5 % wszystkich wykorzystanych w badaniu zdjęć wszystkie dokumenty, pliki .MP3, dokument .PDF, plik instalacyjny oraz 4 filmy, z których tylko trzy zostały uruchomione. Czwarty film po odzyskaniu miał pełny rozmiar, ale nie był możliwy do uruchomienia żadnym dostępnym programem. Zauważono, że pliki, które nie zostały odzyskane to pliki zajmujące kolejne miejsca na dysku, są to te same pliki, których nie odzyskano metodą Format Recovery przy sformatowanej partycji. Wyniki badań na skasowanej partycji FAT 32 i następnie nadpisanie jej przez 70,3 MB innych danych zapisanych na dysku prezentują się następująco. Przy wykorzystaniu metody Delated Recovery wyniki niewiele się różniły od tych, które otrzymano w poprzednim badaniu, czyli odzyskano 70,5 % zdjęć, 50 % filmów i pozostałe pliki. Jednak w tym przypadku brakowało filmu o pojemności 149,7 MB (wcześniej ten film został przywrócony w całości, ale nie zostało odtworzony). Wykorzystano tu również metodę Raw Recovery, którą to odzyskano 84% zdjęć, z czego 78,2 % poprawnie działało. Pozostałe pliki odzyskano w takim samym stopniu jak podczas odzyskiwania danych ze sformatowanej partycji metodą Raw Recovery. Wyniki badań dotyczące usunięcia danych z partycji NTFS zostały przedstawione poniżej. Zarówno dane ze sformatowanego dysku jak i usunięte pliki zostały całkowicie odzyskane i wszystkie działają poprawnie. Co więcej, odzyskiwanie metodą Delated Recovery skasowanych plików trwało łącznie z kopiowaniem ok. 20 minut podczas, gdy z partycji FAT 32 trwało to dwa razy dłużej. Również w przypadku sformatowanego dysku odzyskiwanie danych trwało krócej, pomimo iż było tu więcej plików do kopiowania (ponieważ więcej danych odzyskano). W badaniach modelowano również odzyskiwanie danych w skrajnych przypadkach. Jednym z przypadków była zmiana systemu plików w programie Partition Magic, ponieważ na nowo zostaje zbudowana struktura plików. W tej sytuacji dane nie były możliwe do odzyskania metodą Format Recovery. Natomiast skorzystanie z metody Raw Recovery, zarówno w tym przypadku jak i w przypadku zniszczenia partycji i ponownej zmiany systemu plików na FAT 32 dało taki sam efekt jak w przypadku zwykłego sformatowania dysku, czyli odzyskano te same pliki w takim samym stopniu uszkodzenia. Różnica natomiast polegała w ogólnym czasie potrzebnym na odzyskanie plików, który w obu przypadkach był prawie dwukrotnie dłuższy niż wcześniejsze użycie metody Raw Recovery. We wszystkich metodach odzyskiwania, z jakich skorzystano tylko metoda Raw Recovery spowodowała zmianę nazw plików we wszystkich próbach. Metoda Delated Recovery zarówno w przypadku partycji NTFS i FAT 32 nie spowodowała zmian nazewnictwa. Odzyskiwanie danych metodą Format Recovery z partycji FAT 32, spowodowało umieszczenie plików w dwóch folderach (tak jak były umieszczone przed formatowaniem), ale nazwy tych folderów uległy zmianie. Przy partycji NTFS pozostał ten sam układ danych, co przed formatowaniem. W celu porównania skuteczności proponowanego programu do odzyskiwania danych z innymi tego typu programami przeprowadzono kolejny test wykorzystując

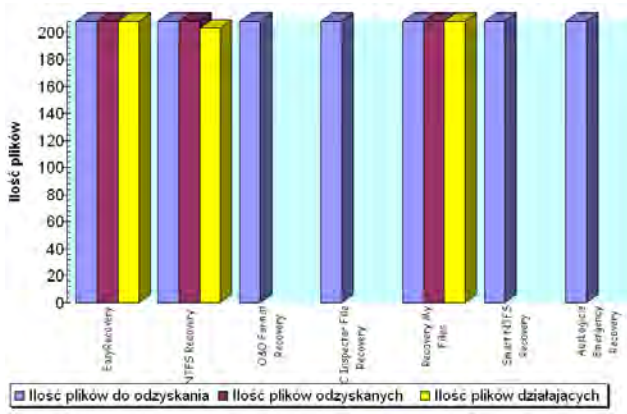
w nim dysk 1,51 GB, na którym była utworzona tylko jedna partycja NTFS. Dane z dysku zostały usunięte programem Eraser 5.7, a następnie umieszczono na nim dane przygotowane do próby.

Odzyskiwanie partycji NTFS

Partycja ta została sformatowana i próbowano ją odzyskać różnymi programami. Programy te zostały pobrane z Internetu, są to : Easy Recovery, Disk Internals Flash Recovery, Recovery My Files, PC Inspector Smart Recovery, O&O Format Recovery, DiskInternals FAT Recovery, Smart Flash Recovery, AusLogicis Emergency Recovery. W Tabeli 2 przedstawiono podsumowanie wyników odzyskiwania danych z partycji NTFS. Wyniki te dotyczą tylko ilości wszystkich odzyskanych plików oraz plików poprawnie działających, dlatego nie są miarodajnym wskaźnikiem jakości odzyskiwania co do poszczególnych formatów plików. Można natomiast określić dzięki nim skuteczność odzyskiwania danych ze sformatowanej partycji NTFS. Dane z tabeli 2 przedstawiono również na rysunku 3.

Tabela 2. Podsumowanie wyników badań odzyskania danych z partycji w systemie plików NTFS

Programy	Ilość plików do odzyskania	Ilość plików odzyskanych	Ilość plików działających
Easy Recovery	208	208	208
NTFS Recovery	208	208	203
O&O Format Recovery	208	–	–
PC Inspector File Recovery	208	–	–
Recovery My Files	208	208	208
Smart NTFS Recovery	208	–	–
AusLogicis Emergency Recovery	208	–	–



Rys. 3. Skuteczność wykorzystania programu Easy Recovery w porównaniu z innymi programami do odzyskiwania danych z partycji w systemie plików NTFS

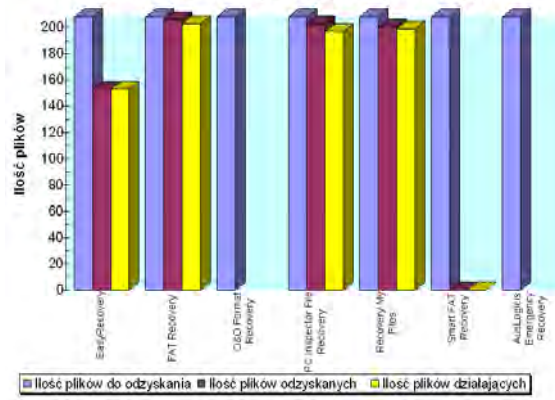
Jak widać w próbie odzyskiwania plików z partycji NTFS najlepiej wypadły programy Easy Recovery oraz Recovery My Files, które odzyskały wszystkie dane wykorzystane w teście.

Odzyskiwanie partycji FAT 32

W tym przypadku wykorzystano ten sam dysk tylko, że został sformatowany w systemie FAT 32. Na dysku umieszczono te same dane. Partycja ta została sformatowana i próbowano ją odzyskać tymi samymi programami co w przypadku partycji NTFS. Odzyskiwano: 156 zdjęcia, 6 filmów, 1 plik instal., 1 plik .pdf, 3 pliki .mp3, 41 dokumentów. Podobnie jak w przypadku partycji NTFS również dla partycji FAT 32 program do odzyskiwania danych powinien wykazać się skutecznością dla wszystkich rodzajów plików. W tabeli 3 i rysunku 4 przedstawiono podsumowanie wyników odzyskiwania danych z partycji FAT 32.

Tabela 3. Podsumowanie wyników badań odzyskania danych z partycji w systemie plików FAT 32

Programy	Ilość plików do odzyskania	Ilość plików odzyskanych	Ilość plików działających
Easy Recovery	208	153	153
FAT Recovery	208	206	203
O&O Format Recovery	208	–	–
PC Inspector File Recovery	208	203	197
Recovery My Files	208	200	199
Smart FAT Recovery	208	0	0
AusLogicis Emergency Recovery	208	–	–



Rys. 4. Skuteczność wykorzystania wybranych programów do odzyskiwania danych z partycjiw systemie plików FAT 32

WNIOSKI

Jednym z celów prezentowanej pracy było wykazanie, że dane w przypadku logicznej ich utraty, można odzyskać zarówno w warunkach szkolnych jak i domowych oraz w równie dobrym stopniu tak jak oferują to specjalistyczne firmy odzyskujące dane. Jest to możliwe dzięki oprogramowaniu, jakie oferuje sieć Internet. Sukces podczas odzyskiwania zależy przede wszystkim od postępowania użytkownika, od tego, jakie kroki podejmie w danym momencie. W drugiej kolejności zależy od programu, z jakiego się korzysta, od rodzaju nośnika, systemu plików i sposobu w jaki utracono dane. Przestrzeganie wszystkich zasad oraz dobrze podjęte decyzje przez użytkownika pozwalają w wielu przypadkach na całkowite odzyskanie danych. Podczas badań wykazano, że w każdym przypadku, największym niebezpieczeństwem, na jakie są narażone utracone dane, jest ich nadpisanie przez inne pliki. Należy uważać żeby w momencie utraty nie doszło do ponownego zapisu na nośniku, ponieważ wtedy odzyskanie nadpisanych danych jest praktycznie niemożliwe. Program Easy Recovery jest bardzo skutecznym narzędziem do odzyskiwania danych z dysków twardych. Jest w stanie odzyskać dane w przypadkach, gdy pliki zostaną przypadkowo usunięte lub zostanie sformatowana nie ta partycja. Do odzyskiwania danych skorzystano z 3 metod: Delated Recovery, Format Recovery i Raw Recovery. Metoda Delated Recovery wykorzystywana była w przypadkach skasowania plików. Okazałą się bardzo skuteczna dla pamięci Flash. Odzyskano nią też pliki z partycji NTFS, pomimo błędów występujących na dysku, jednak nie do końca poradziła sobie ona z systemem FAT 32.

Z metody Format Recovery korzystano wówczas, gdy nośnik został sformatowany. Niestety metoda ta nie chciała skanować sformatowanej karty pamięci Flash, co spowodowało całkowitą utratę niektórych plików z tej karty. W przypadku partycji NTFS program poradził sobie doskonale z odzyskaniem wszystkich plików tą metodą. Jednak podobnie jak poprzednia metoda i ta także nie poradziła sobie z odzyskaniem plików z partycji w systemie FAT 32. Gdy pozostałe metody zawodziły korzystano z metody Raw Recovery. Skuteczność tej metody potwierdziła się w każdych nawet najbardziej skrajnych warunkach przeprowadzonego testu. Program Easy Recovery umożliwia również wybór formatu plików, który ma być odzyskany, co może znacznie skrócić czas skanowania. Wersja testowa programu Easy Recovery pozwala na przeskanowanie nośnika oraz na podgląd plików tekstowych i niektórych zdjęć. Mimo, iż ma możliwość skanowania nośnika w poszukiwaniu danych to nie ma on możliwości kopiowania danych, które zostały odzyskane (chyba, że znajdują się gdzieś na dysku). Stuprocentową skutecznością wykazał się też program Recovery My Files. Program ten umożliwia bezpłatne skanowanie dysku, posiada bardzo szczegółową listę formatów plików, które mają być wyszukane. Dodatkowo umożliwia podgląd plików zdjęciowych, dokumentów tekstowych i plików .PDF, i być może jeszcze innych formatów plików, których nie sprawdzono w próbie. Jednak skanowanie tym programem zajęło dużo czasu (w przypadku partycji NTFS trwało około godziny). Warto też wspomnieć o programie PC Inspector Smart Recovery, który

umożliwia bezpłatne skopiowanie plików na dysk twardy. Taką możliwość dają też programy Smart NTFS Recovery, Smart FAT Recovery, Smart Flash Recovery i AusLogicis Emergency Recovery, ale nie wykazały się w tym badaniu dużą efektywnością. Najgorzej w testach wypadły programy Smart NTFS Recovery, Smart FAT Recovery, Smart Flash Recovery i AusLogicis Emergency Recovery, ponieważ nie odzyskały żadnych plików z partycji FAT-owskich i nie chciały przeskanować dysku z błędem logicznym w systemie NTFS.

Literatura

1. Preston W.C.: Backup & Recovery. Wydawnictwo O'Reilly, 2006.
2. Czarny P.: Odzyskiwanie danych w praktyce. Wydawnictwo Helion, 2002.
3. Opracowanie zbiorowe: Northon Ghost – Podręcznik użytkownika. Semantec 2002.
4. Metzger P.: Anatomia PC. Wydanie VII. Wydawnictwo Helion, 2002.
5. Simpson A.: Windows XP Biblie. Hungry Minds 2001.
6. Pawlak M.: Ostatnia deska ratunku. Chip 05/1999 s. 146; 10/2002 s. 22.
7. Orłowski J.: Test programów do tworzenia obrazów partycji – Kopia zawsze doskonała. Chip 10/2002 s. 24.
8. Kuniszewski S.: Przegląd programów do odzyskiwania plików – Dane z odzysku. Chip 10/2002 s. 40.
9. Chabiński A.: Gdy zawiodą domowe sposoby odzyskiwania utraconych danych, warto zwrócić się o pomoc do fachowców – Walka o każdy bit. Chip 10/2002 s. 46.
10. Rudziński A.: Odzyskanie skasowanych partycji i plików – Na własną rękę. Chip 02/2004 s. 34.

Streszczenie

W pracy przedstawiono analizę skuteczności programu Easy Recovery w różnych przypadkach utraty danych z dysku twardego i z karty pamięci Flash. Artykuł ukazuje również porównanie możliwości opisanego programu z innymi programami do odzyskiwania danych w warunkach modelowanych testów porównawczych.

POSSIBLE USES OF THE EASY RECOVERY PROGRAM FOR RECOVERING DATA

Summary

The paper presents the analysis of the effectiveness of the Easy Recovery program in various cases of data loss from hard disc and the Flash memory card. The article compares also the effectiveness of the program in question with other data recovery programs proved in different kinds of tests.

Marcin Iwanicki*, Tomasz Jachowicz**

OPROGRAMOWANIE I-DEAS® DO MODELOWANIA I SYMULACJI PROCESU WTRYSKIWANIA

WSTĘP

I-DEAS® należy do grupy programów CAD/CAM/CAE, umożliwiającym komputerowe wspomaganie kolejnych faz procesu produkcyjnego, począwszy od projektowania i kreślenia wraz z wykonaniem dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej, poprzez symulację i możliwość wykonania różnorodnych testów kontrolnych (m.in. wytrzymałościowych), aż do wytwarzania (generowanie programów sterujących obrabiarką numeryczną), łącznie ze sferą zarządzania produktem. [8, 9].

Przeznaczony dla przetwórców tworzyw polimerowych pakiet I-DEAS® MoldFlow Plastics Insight umożliwia symulację i modelowanie zjawisk zachodzących podczas procesu wtryskiwania. Analiza dotyczy zagadnień związanych z procesem wtryskiwania tworzyw termoplastycznych, tworzyw utwardzalnych oraz mieszanek gumowych, oprócz tego wspierane jest projektowanie form wtryskowych [5, 8].

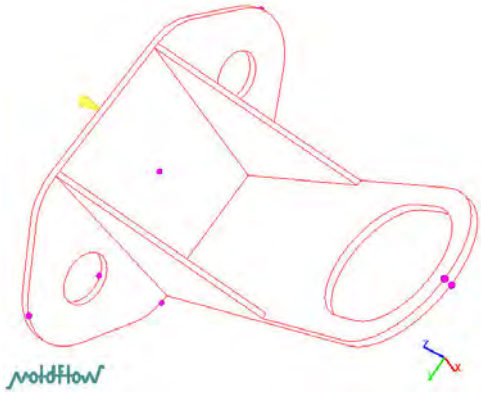
Podstawowe moduły tworzące pakiet I-DEAS® MPI to I-DEAS® MPI/Flow, służący do symulacji i modelowania przepływu tworzywa w układzie kanałów wlewowych i gnieździe formującym oraz proces wypełniania formy wtryskowej, I-DEAS® MPI/Cool przeznaczony do analizy przebiegu ochładzania wypraski oraz MPI/Warp do określania wartości skurczu przetwórczego i stopnia deformacji wypraski. Ponadto występują katalogi standardowych części form wtryskowych (między innymi DME, Hasco, Futaba), danych materiałowych (MDLA) oraz maszyn przetwórczych. Narzędzia do konstrukcji form wtryskowych to I-DEAS® VGX Moldbase oraz I-DEAS® Part Adviser. I-DEAS® VGX Moldbase umożliwia automatyczne dobieranie i składanie poszczególnych elementów wchodzących w skład formy wtryskowej oraz prawidłowe ich pozycjonowanie, w czego efekcie otrzymuje się kompletny złożeniowy model narzędzia [8, 10]. I-DEAS® Part Adviser dostarcza dokładnych informacji na temat położenia linii łączenia się strumieni tworzywa, miejsc zamknięcia pęcherzyków powietrza oraz czasu wypełnienia poszczególnych obszarów gniazda formującego. Możliwe jest również uzyskanie informacji o wartościach temperatury frontu tworzywa podczas wypełniania gniazda formującego oraz wartościach ciśnienia, jakie tworzywo wywiera na ścianki formy [8, 10].

* Marcin IWANICKI – doktorant w Katedrze Procesów Polimerowych, Politechnika Lubelska.
** Tomasz JACHOWICZ – Katedra Procesów Polimerowych, Politechnika Lubelska.

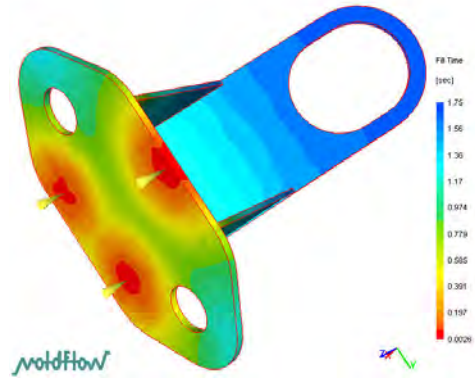
I-DEAS® MPI/FLOW

Moduł I-DEAS® MPI/Flow służy do symulacji fazy wypełniania gniazda formującego formy wtryskowej, zestalania tworzywa w formie i docisku podczas procesu wtryskiwania tworzyw termoplastycznych. Całościowa analiza płynięcia i wynikający z niej opis procesu wtryskiwania ułatwia optymalizację konstrukcji formy, ustalenie parametrów procesu i dobór odpowiedniej wtryskarki w celu uzyskania wypraski o odpowiedniej jakości.

Analizie poddawane są czynniki wpływające na zachowanie się tworzywa w trakcie procesu, m.in. ciśnienie wtryskiwania, grubość ścianek wypraski i temperatura gniazda formującego formy wtryskowej [2, 11]. Podstawowym celem symulacji procesu wtryskiwania jest ustalenie odpowiedniej kombinacji ciśnienia wtryskiwania i temperatury, nie wykraczając przy tym poza zalecany zakres, określony przez właściwości tworzywa przetwarzanego [3, 13]. Dzięki symulacji jest możliwa ocena projektu formy przed jej wykonaniem oraz optymalizacja warunków wtryskiwania. Uzyskuje się dzięki temu skrócenie czasu potrzebnego na wykonanie wytworu, zmniejszenie kosztów wytwarzania, poprawę jakości oraz uniknięcie kosztownych poprawek w konstrukcji formy [1, 4, 12].



Rys. 1. Wynik symulacji przedstawiający położenie komór powietrznych w końcowym stadium wypełniania gniazda formującego (air-traps) [10]



Rys. 2. Symulacja wypełniania gniazda formującego wraz z zaznaczeniem położenia punktów doprowadzenia tworzywa (kanałów przepływowych zakończonych przewężką) [10]

Przygotowanie symulacji zjawisk zachodzących podczas procesu wtryskiwania wymaga wprowadzenia ogólnych charakterystyk dotyczących kształtu i wymiarów wypraski, właściwości tworzywa przetwarzanego i warunków procesu [3, 15]. Opracowany model wypraski i opis matematyczny procesu jest wykorzystywany w kompletnej symulacji wykonywania wypraski wtryskowej i dotyczy zarówno wypełniania gniazda

formującego i docisku, jak również służy do wykonania późniejszej analizy ochładzania wypraski, skurczu przetwórczego i odkształceń wypraski [3, 10, 13].

Geometria modelu trójwymiarowego, w którego skład wchodzi wypraska, układ kanałów wlewowych i rozprowadzających oraz forma, jest definiowana przy pomocy modułu I-DEAS® Finite Element Modeling. Istnieje możliwość generowania modelu automatycznie, półautomatycznie lub interakcyjnie z innych modeli trójwymiarowych wykonanych w systemie I-DEAS®. Funkcje modułu FEM pozwalają na automatyczne generowanie powierzchni środkowej części modelu oraz określanie grubości elementów powłokowych w oparciu o geometrię modelu bryłowego wypraski [8, 16].

Kanały przepływowe, zarówno chłodzone, jak i grzane oraz rodzaj układu wlewowego są modelowane przy pomocy siatki elementów skończonych z zewnętrznym obiegiem lub określonym przez użytkownika przekrojem poprzecznym. Możliwe jest również wprowadzanie stożkowych kanałów przepływowych [7]. Kanał centralny i kanały doprowadzające oraz przewężka są definiowane za pomocą siatki elementów skończonych (bryłowych) lub kombinacji elementów powłokowych, elementów do modelowania kanałów oraz węzłów. Kształt i wymiary powierzchni gniazda formującego są określane automatycznie na podstawie modelu trójwymiarowego wypraski oraz układu przepływowego formy wtryskowej. Rozmiary modelu 3D otrzymanego przy wykorzystaniu siatki elementów skończonych nie są ograniczane liczbą węzłów i elementów cząstkowych, co umożliwia poprawne wymodelowanie wypraski i konstrukcji formy [2, 6].

Trójwymiarowa symulacja uzyskiwana w oparciu o moduł I-DEAS® MPI/Flow umożliwia przeprowadzanie analiz izotermicznych i nieizotermicznych. Program do przetwarzania wyników automatycznie analizuje warunki występujące w różnych obszarach wypraski podczas wypełniania gniazda formującego oraz grupuje wyniki według stopnia ważności. Selekcja rezultatów zapewnia śledzenie najbardziej istotnych informacji. Procedura selekcji wyników podaje wartości minimalnej temperatury frontu strumienia tworzywa, maksymalnego ciśnienia, naprężenia stycznego, szybkości ścinania, temperatury oraz siły zamykającej formę. Dla każdego z czynników wpływających na przebieg procesu wtryskiwania są tworzone wykresy położenia i czasu trwania ekstremum.

Dzięki modułowi I-DEAS® MPI/Flow jest możliwa analiza linii łączenia powstających w miejscach spotkania się strumieni płynącego tworzywa, powodujących m.in. osłabienie i wady powierzchni wypraski. Dobra jakość i właściwe położenie linii łączenia są uzyskiwane poprzez zmianę warunków procesu, zmianę konstrukcji układu kanałów przepływowych, kształtu i wymiaru przewężek, ich liczby i położenia. Symulacja umożliwia interakcyjną ocenę wpływu zmian jednego lub wielu czynników na jakość i położenie linii łączenia. Dokonywana jest również ocena: położenia kanałów odpowietrzających, kąta łączenia się strumieni płynącego tworzywa, czasu formowania, temperatury frontu tworzywa i stopnia przenikania się strumieni. Pozwala to na dokładne określenie jak przepływa tworzywo w poszczególnych kanałach przepływo-

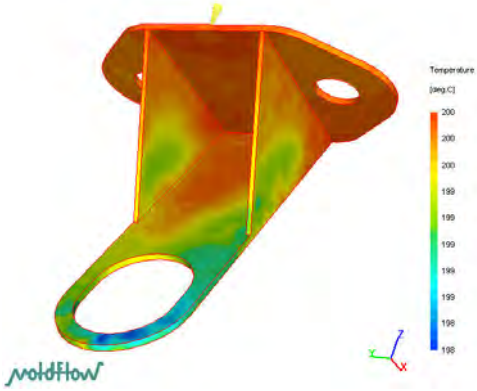
wych i w gnieździe formy. Analiza trwa do chwili, w której cała wypraska jest zestalona, przepływ zakończony, a forma zostaje otwarta.

Wszystkie wyniki analiz wykonanych przy pomocy modułu I-DEAS® MPI/Flow mogą być przedstawione w funkcji czasu. Wśród nich można wyróżnić: temperaturę i położenie frontów płynącego tworzywa, ciśnienie, temperaturę warstwicową, temperaturę tworzywa, szybkość ścinania w poszczególnych warstwach, naprężenia ścinające, prędkość przepływu i jej wektory, orientację właściwości, grubość zastygającej ścianki wypraski i kanałów, stopień wypełnienia gniazda formującego, skurcz objętościowy, procentowe zmniejszenie grubości wypraski, przeładowanie gniazda formującego oraz siłę zamykającą. Ponadto jest możliwa optymalizacja wymiarów kanałów przepływowych z automatycznym przeskalowaniem ich wartości na podstawie obliczeń reologicznych oraz automatyczne aktualizowanie modelu. Każdy zbiór wyników może być animowany w funkcji czasu wtryskiwania [9, 16].

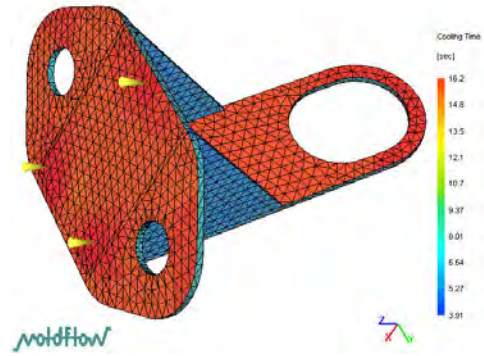
I-DEAS® MPI/COOL

Przy pomocy modułu I-DEAS® MPI/Cool przeprowadza się analizę ochładzania formy wtryskowej, mającą na celu optymalizację jej projektu z punktu widzenia konstrukcji układu chłodzenia w taki sposób, aby osiągnąć możliwie najbardziej równomierną intensywność ochładzania przy jednoczesnym zachowaniu jak najkrótszego czasu cyklu procesu wtryskiwania. Wyniki analizy ochładzania formy pozwalają na skrócenie czasu cyklu i obniżenie kosztów wytwarzania bez straty jakości wypraski. Projektant formy ma możliwość przeanalizowania oraz szybkiej oceny różnych alternatywnych rozwiązań konstrukcyjnych układu chłodzenia, modelując położenie i wymiary kanałów chłodzących w odniesieniu do gniazda formującego, rodzaj medium chłodzącego, natężenie przepływu i wartość temperatury początkowej cieczy chłodzącej. Uzyskanie możliwie równomiernego stopnia odprowadzenia ciepła z formy wtryskowej skutkuje wyraźnym zmniejszeniem wartości skurczu przetwórczego wypraski wtryskowej oraz poprawia jakość jej powierzchni, pozwalając w konsekwencji na otrzymanie produktu o wymaganych walorach użytkowych [2]. Unika się przez to wysokich strat z powodu powstawania wyprasek wadliwych oraz konieczności występowania kosztowych dodatkowych operacji technologicznych, jakim musiałaby być poddawana gotowa wypraska już po zakończeniu procesu wtryskiwania [8, 9].

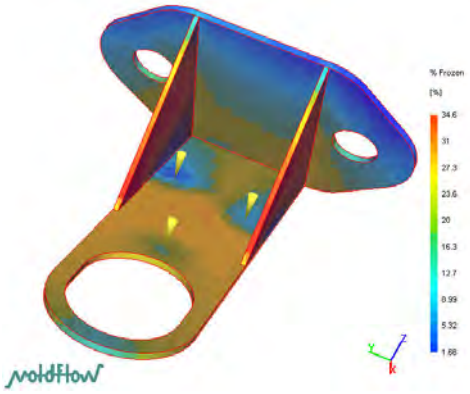
Przestrzenna analiza cieplna wykorzystuje metodę elementów granicznych (przyściennych) do określenia szybkości przenikania ciepła oraz rozkładu temperatury zarówno w wyprasce jak i w materiale formy wtryskowej. Szybkość przenikania ciepła jest głównym czynnikiem wpływającym na długość fazy ochładzania, a w konsekwencji na czas całego cyklu wtryskiwania. Niejednorodny gradient temperatury w objętości wypraski oraz w formie jest źródłem pojawienia się skurczu oraz innych związanych z nim problemów i kosztów [2, 14].



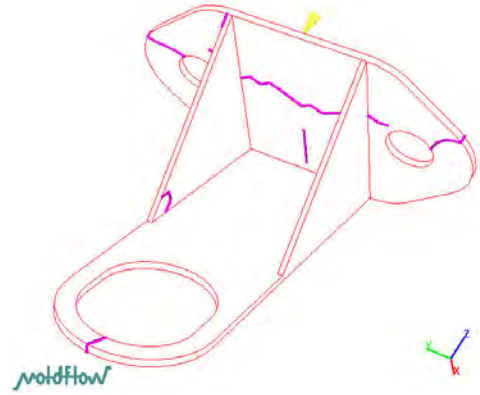
Rys. 3. Rozkład temperatury na powierzchni wypraski [10]



Rys. 4. Symulacja przebiegu ochładzania wypraski [10]



Rys. 5. Graficzne przedstawienie przebiegu zestalania się wypraski w gnieździe formującym



Rys. 6. Położenie frontu zastygającego tworzywa [10]

Wyniki analiz są przedstawiane w postaci graficznej oraz z możliwością animacji w funkcji czasu. Przy pomocy modułu I-DEAS® MPI/Cool w przypadku wypraski można analizować: rozkład temperatury na powierzchni gniazda formującego, rozkład gradientu temperatury na ścianach przeciwległych do gniazda formującego, rozkład gradientu temperatury tworzywa w funkcji czasu wtryskiwania, rozkład maksymalnej temperatury tworzywa w funkcji czasu wtryskiwania, rozmieszczenie względnego położenia szczytu temperaturowego w funkcji czasu wtryskiwania, położenie frontu zastygającego tworzywa, rozkład profilu temperatury w każdym punkcie gniazda formującego. W odniesieniu do formy wtryskowej wyniki symulacji opisują: rozkład temperatury na powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej wkładek gniazda formującego oraz powierzchni podziału formy, rozkład różnic temperatury na przekroju poprzecznym

wkładek gniazda formującego oraz powierzchni podziału formy, temperaturę powierzchni zewnętrznych formy oraz układu chłodzenia, ciśnienie w układzie chłodzenia, natężenie przepływu cieczy chłodzącej oraz liczbę Reynoldsa w każdym punkcie układu chłodzenia [9, 10].

I-DEAS® MPI/WARP

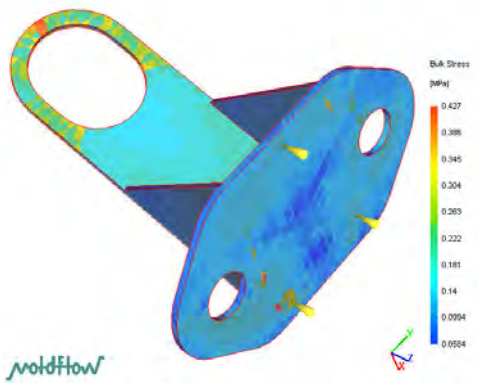
I-DEAS® MPI/Warp umożliwia analizę skurczu przetwórczego oraz deformacji wypraski. Możliwość przeanalizowania zachowania się wypraski przy symulowanych różnych parametrach procesu wtryskiwania oraz modelowanie zróżnicowanych konstrukcyjnie układów ochładzania formy umożliwia określenie położenia stref największego skurczu oraz deformacji. Dzięki temu w fazie projektowania można przeprowadzić optymalizację konstrukcji formy, dobierając zarówno rodzaj materiału jak i korygując odpowiednie wielkości geometryczne w celu zminimalizowania negatywnego wpływu skurczu przetwórczego i odkształcenia wypraski. W oparciu o wyniki analiz pochodzących z I-DEAS® MPI/Warp można spełnić wymagania o charakterze jakościowymi i ekonomicznym, związane z otrzymaniem wypraski o wysokiej stabilności wymiarowej, dobrych właściwościach optycznych powierzchni oraz żądanej dokładności pasowania z innymi współpracującymi z nią częściami.

Będący integralną częścią pakietu I-DEAS® Moldflow Plastic Inside moduł I-DEAS® MPI/Warp współpracuje z pozostałymi modułami, pozwalając na kompleksową optymalizację całego procesu wytwarzania elementów z tworzyw polimerowych. Jedną z zalet tego modułu jest uwzględnienie rodzajów skurczu przetwórczego podczas jego symulacji. I-DEAS® MPI/Warp uwzględnia w obliczeniach zarówno skurcz poprzeczny jak i skurcz wzdłużny w stosunku do drogi płynięcia, związany z anizotropową budową tworzyw polimerowych, korzystając z informacji zawartych w bazie danych materiałowych MDLA. Dane materiałowe użyte do obliczeń podczas modelowania uwzględniają większość czynników wpływających na skurcz przetwórczy, między innymi kinetykę krystalizacji, szczególnie ważną podczas analizy skurczu tworzyw krystalicznych.

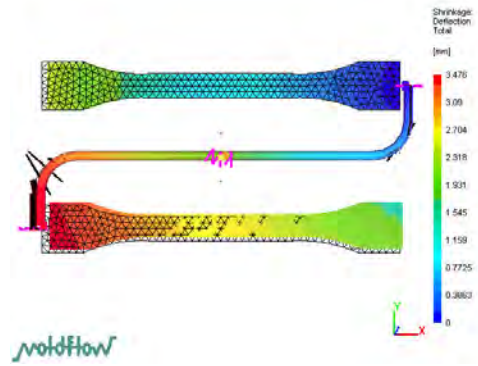
W module I-DEAS® MPI/Warp istnieje możliwość analizy deformacji i skurczu wyprasek z tworzyw napełnionych napełniaczem w postaci włókien. Właściwości materiałowe i geometryczne włókien napełniacza oraz ich wzajemna orientacja w znaczący sposób wpływają na wartość skurczu i deformacji o wiele bardziej niż właściwości tworzywa pełniącego rolę osnowy [14]. Dane materiałowe dotyczące materiału napełniacza są pobierane z odpowiedniej bazy danych, zaś modelowanie zjawiska skurczu może uwzględniać albo pomijać zróżnicowanie wartości skurczu właściwego polimeru osnowy oraz napełniacza. Wyniki analiz z tego modułu mogą być wykorzystywane później w obliczeniach wytrzymałościowych i strukturalnych.

Część wyprasek z tworzyw jest tzw. wypraskami cienkościennymi, szczególnie podatnymi na deformację. Przy pomocy modułu I-DEAS® MPI/Warp można prze-

analizować kształt i wartość deformacji, z wizualnym przedstawieniem przewidywanego zniekształcenia wypraski. Korzystając z otrzymanych wyników poprzez zmiany w konstrukcji modelu wypraski optymalizuje się jej ostateczny kształt. W przypadku, kiedy nie następuje globalna deformacja wypraski istnieje możliwość analizy przemieszczeń miejscowych o charakterze lokalnym. Zarówno analiza odkształceń globalnych jak i przemieszczeń lokalnych znajduje zastosowanie w szczególnym przypadku korygowania niekorzystnego wpływu tzw. efektu narożnego, dotyczącego wyprasek w kształcie pudełek. Na skutek intensywnych zjawisk cieplnych w tych obszarach wyprasek pozostają wyższe naprężenia szczątkowe, intensyfikujące deformację wypraski.



Rys. 7. Wynik symulacji ilustrujący rozkład naprężeń w wyprasce wtryskowej [10]



Rys. 8. Graficzne przedstawienie symulacji odkształcenia wypraski [10]

Inną z cech charakterystycznych modułu I-DEAS® MPI/Warp jest możliwość analizy skurczu nie tylko w odniesieniu do powierzchni zewnętrznych, ale także w dowolnym przekroju wypraski, co ma szczególne znaczenie w przypadku symulacji dotyczących tworzyw napełnionych napełniaczem w postaci włókien lub proszku.

Wyniki analiz są przedstawiane w postaci graficznej oraz z możliwością animacji w funkcji czasu. Przy pomocy modułu I-DEAS® MPI/Warp można analizować: skurcz objętościowy, jednostkowy skurcz liniowy poprzeczny i podłużny, jednostkowe naprężenia główne i odkształcenia, kierunki orientacji tworzywa, kierunki orientacji włókien napełniacza, naprężenia Von Missesa, deformację całkowitą oraz deformację i ugięcie w odniesieniu do trzech głównych osi w układzie kartezjańskim, przebieg deformacji w węzłach konstrukcji i kierunek naprężeń głównych. Dostępna jest także analiza właściwości mechanicznych. W celu lepszej wizualizacji wyników można wyznaczone odkształcenie elementu powiększyć o definiowany współczynnik zwielokratniający.

PODSUMOWANIE

Proces wtryskiwania ma jeden z najwyższych udziałów wśród pozostałych metod przetwórstwa tworzyw polimerowych, dlatego stał się obiektem wszechstronnej analizy przy wykorzystaniu specjalistycznego oprogramowania inżynierskiego CAD/CAM/CAE.. Symulacja rozkładu temperatury oraz przepływu tworzywa w kanałach i gnieździe formującym formy wtryskowej oraz warunków chłodzenia, wpływających na zmianę wymiarów, kształtu i deformacji wypraski wtryskowej jest podstawą zarówno do modyfikacji konstrukcji samej wypraski jak i poprawnego zaprojektowania formy wtryskowej, będącej jednym z najdroższych narzędzi przetwórczych. Możliwość przeanalizowania przebiegu procesu wtryskiwania w postaci zdolnej do wielokrotnego powtórzenia symulacji komputerowej pozwala na zoptymalizowanie parametrów procesu, cech geometrycznych wypraski wtryskowej i tworzącej ją formy oraz dobór najlepszego tworzywa i maszyny przetwórczej o odpowiednich właściwościach (na przykład objętości i masy tworzywa wtryskiwanego, ciśnieniu wtrysku, sile zamykania formy).

Na wyniki symulacji procesu wtryskiwania wpływa wiele czynników, między innymi szczegółowość opisu właściwości tworzywa, dokładność wykonania modeli wypraski i układu wlewowego, a także rodzaj i cechy modelu matematycznego opisującego zjawiska poddawane symulacji. Jakość otrzymywanych analiz i ich odniesienie do warunków rzeczywistych zależy zarówno od zakresu możliwości obliczeniowych programu, jak również doświadczenia użytkownika, którego wyrazem jest między innymi stworzenie optymalnego modelu FEM i ustalenie właściwych warunków brzegowych, opisujących parametry symulowanego procesu, na przykład ciśnienia, temperatury lub czasu.

W dziedzinie przetwórstwa tworzyw szczególne znaczenie ma wciąż rozwijająca się analiza przepływu tworzywa w kanałach narzędzi przetwórczych, a także symulacje zmian zachodzących w tworzywie na skutek jego ochładzania się i krzepnięcia. Ciągły wzrost mocy obliczeniowej komputerów umożliwia przygotowywanie i przeprowadzanie coraz bardziej zaawansowanych analiz i symulacji. Ma to wpływ zarówno na wstępna ocenę właściwości wytrzymałościowych i użytkowych wytworów z tworzyw, a także na skomplikowany proces konstruowania narzędzia, prowadząc w rezultacie do obniżenia kosztów ekonomicznych przygotowania i rozpoczęcia produkcji.

Literatura

1. Augustyn K.: CAD/CAM/CAE. TS Raport 2003, 29, 22–23.
2. Beaumont J. P.: Projektowanie i strategia procesu wtryskiwania. TS Raport 2005, 38, 10-15.
3. Bociąga E.: Modelowanie procesu wypełniania gniazda formy wtryskowej. Polimery 2002, 2, 122–129.
4. Aluru J., Keefe M., Advani S.: Simulation of injection molding into rapid-prototyped molds. Rapid Prototyping Journal 2001, 1, 42–45.
5. Garbacz T., Jachowicz T., Kowalska B.: I-DEAS® - narzędzie do symulacji procesu wtryskiwania i konstrukcji form wtryskowych. IX Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, Jurata 2005. Wydawnictwo Garmond, Warszawa 2005.

6. Jachowicz T.: Analiza wpływu warunków symulacji procesu wtryskiwania na dokładność jej wyników. Materiały polimerowe i ich przetwórstwo. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa 2000, 179–191.
7. Jachowicz T.: Wpływ konstrukcji układu wlewowego na wartość skurczu przetwórczego wypraski wtryskowej. V Szkoła komputerowego wspomagania projektowania, wytwarzania i eksploatacji. Szczyrk 2001, 289–296.
8. I-DEAS®. Site Planning and Implementation Guide. Structural Dynamics Research Corporation, Milford, Ohio, 2001.
9. I-DEAS®. Witryna internetowa UGS PLM Solution: www.ugs.pl.
10. I-DEAS®. Help Library English. D09005-1. EDS PLM Solution, Milord, Ohio, 2001.
11. Koszkul J., Nabiałek J., Koszkul M.: Symulacja wypełnienia gniazda formy wtryskowej z wykorzystaniem programu Moldflow Plastics Insight. Materiały polimerowe i ich przetwórstwo. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2000, 203–210.
12. Pacula B.: Nowoczesne systemy CAD w projektowaniu form wtryskowych. TS Raport 2004, 34, 4–5.
13. Sikora R., Bociąga E.: Wybrane zagadnienia przepływu tworzywa w formie wtryskowej. Polimery 2003, 2, 27–32.
14. Zöllner O., Sagenschneider U.: Możliwości obliczania skurczu i wypaczenia termoplastów wzmocnionych włóknem szklanym. TS Raport 2004, 33, 60–64.
15. Tie G., Dequn L., Humin Z.: Three-dimensional finite element method for the filling simulation of injection molding. Engineering with Computers 2006, 21, 289–295.
16. Shih R. H.: Parametric Modeling with I-deas 9. Schroff Development Corporation, SDC Publications, Mission 2002.

Streszczenie

W artykule omówiono moduły oprogramowania I-DEAS®, służące do symulacji i modelowania zjawisk zachodzących podczas wtryskiwania tworzyw polimerowych. Scharakteryzowano moduły umożliwiające analizę przepływu tworzywa w układzie kanałów wlewowych i gnieździe formującym oraz procesu wypełniania formy wtryskowej (I-DEAS® MPI/Flow) oraz analizę przebiegu ochładzania wypraski (I-DEAS® MPI/Cool), a także określenie wartości skurczu przetwórczego i stopnia deformacji wypraski (I-DEAS® MPI/Warp).

Summary

I-DEAS® SOFTWARE FOR MODELLING AND SIMULATION OF INJECTION MOLDING

This article shows the general modules of software know as I-DEAS® assigned to simulation and modelling of effects proceeding during injection moulding of polymers. The module, which is a parts of the computer system, related with analyse of polymer flow and mould filling process (I-DEAS® MPI/Flow) has been characterised. Also the module assigned to analyse of mould cooling (I-DEAS® MPI/Cool) has been described. Moreover the module used to determining value of shrinkage and deformation of injection moulding part (I-DEAS® MPI/Warp) has been presented.

Aneta Duda*

ZASTOSOWANIE MODELU NUMERYCZNEGO DO ANALIZY ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ ZANIECZYSZCZEŃ W LUBLINIE

WSTĘP

Zanieczyszczenie powietrza w dużych miastach uwarunkowane jest emisją z zakładów przemysłowych, sektora bytowo-gospodarczego. Wzrasta także udział emisji niskiej tj. zanieczyszczenie powietrza pochodzące ze spalin pojazdów silnikowych oraz kotłowni i palenisk domowych. Od wielu lat prowadzone są na szeroką skalę badania, których celem jest poznanie mechanizmów przebiegu reakcji fotochemicznych w troposferze, prowadzących do powstawania zanieczyszczeń wtórnych. Efektem tych badań jest opracowanie matematycznych modeli zjawisk fizykochemicznych, które w sposób jakościowy i ilościowy opisują przebieg głównych chemicznych reakcji w atmosferze. Wykorzystuje się je do komputerowego symulowania przebiegu procesów fizykochemicznych, mających miejsce w niskiej troposferze [1].

STRUKTURA PROGRAMU

Do realizacji modelu numerycznego zastosowano środowisko programistyczne C++ Builder [2, 3]. Program został napisany w oparciu o metody obliczania stanu zanieczyszczenia powietrza dla źródeł istniejących i projektowanych. Program wykonuje obliczenia dla zadanych parametrów emitora i otoczenia. Najpierw wyliczane jest stężenie 30- minutowe według formuły Pasquilla (opartej na rozkładzie Gaussa) dla 36 sytuacji atmosferycznych (zgodnie z tokiem obliczeniowym opisanym w załączniku do Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 3 września 1998 r. w sprawie metod obliczania stanu zanieczyszczenia powietrza dla źródeł istniejących i projektowanych) [4]. Stężenie to liczone w odległości do 100m w każdą stronę zapisywane jest do 36 plików. Następnie wybierana jest sytuacja, w której wystąpi stężenie maksymalne, Na podstawie tych stężeń oraz róży wiatrów obliczane jest stężenie średnioroczne. Po prostu liczba występowania danej sytuacji atmosferycznej dla danego kierunku podzielona przez liczbę wszystkich zaobserwowanych sytuacji mnożona jest przez dane stężenie w danym punkcie. W ten sposób z 36 robi się jedna tablica, która następnie jest transformowana.

* Aneta DUDA – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

Z uwagi na uzyskanie wymaganej dokładności obliczeń transformacja tablicy dokonywana jest co 1°.

Zasadniczym problemem pracy było przystosowanie programu do możliwości symulacji transportu substancji zanieczyszczających dla źródła liniowego. Metoda zastępowania źródła liniowego zespołem źródeł punktowych dotyczy źródeł odcinków prostoliniowych o określonej długości, stałej emisji z jednostki długości i stałej efektywnej wysokości emitora. W programie zastosowano metodę podziału źródła liniowego o danej długości D na odcinki długości $d_k < 10$ m, przy czym źródło punktowe usytuowane jest w środku odcinka d_k. Emisja zanieczyszczeń z takiego źródła linowego obliczana jest za pomocą wzoru [4] :

$$e_k = E \cdot \frac{d_k}{D}$$

gdzie:

e_k – emisja substancji zanieczyszczających z jednego ze źródeł punktowych zastępujących źródło powierzchniowe lub liniowe [g/s],

d_k – długość boku kwadratowego źródła powierzchniowego lub długość odcinka źródła liniowego, powstałych z poddziału źródła powierzchniowego lub liniowego [m],

D – długość boku kwadratowego źródła powierzchniowego lub długość źródła liniowego [m].

Kolejnym etapem obliczeń jest wykonanie obliczeń na podstawie wprowadzonych danych parametrów technicznych emitora, danych meteorologicznych i charakterystycznych wielkości wpływających w sposób istotny na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń:

– *graniczna prędkość gazów na wylocie emitora (V_{gr})* [4]

$$V_{gr} = 0{,}5 \cdot h^{0{,}6}$$

gdzie:

h – geometryczna wysokość emitora liczona od poziomu terenu [m]

– *emisja ciepła z emitora (Q)* [4]

$$Q = \frac{\Pi d^2}{4} \cdot v \cdot C_p \cdot \frac{273{,}16}{T} \cdot \frac{p_s}{1013{,}25} \cdot \left(T - T_0\right)$$

gdzie:

d – średnica wewnętrzna wylotu emitora [m],

v – prędkość gazów odlotowych na wylocie emitora [m/s],

C_p – ciepło właściwe gazów odlotowych przy stałym ciśnieniu w warunkach normalnych [kJ/(m^3 x K)],

T – temperatura gazów odlotowych na wylocie emitora [K],
p_s – ciśnienie gazów odlotowych na wylocie emitora [KPa],
T_0 – średnia temperatura powietrza dla okresu obliczeniowego (sezonu lub roku) [K].

W przypadku braku informacji o ciśnieniu gazów na wylocie emitora przyjmuje się p_s = 101,3 kPa..

Parametr charakterystyczny emitora K obliczany jest według formuły Hollanda lub Concawe:

– *parametr emitora według formuły Hollanda* [4]

$$K = 1{,}5 \cdot v \cdot d + 0{,}00974 \cdot Q$$

– *parametr emitora według formuły Concave* [4]

$$K = 1{,}126 \cdot Q^{0{,}58}$$

W tabeli 1 przedstawiono zasady wyznaczenia parametru emitora K [4].

Tabela 1. Zasady wyznaczenia parametru emitora K [4]

Typ emitora	Warunki dotyczące		
	prędkości gazów odlotowych na wylocie emitora v [m/s]	emisji ciepła z emitora Q [kJ/s]	parametru emitora K
Wyrzutnia zadaszona	dowolne	dowolne	K = 0
Wyrzutnia pozioma	$v \le v_{gr}$	dowolne	K = 0
Wyrzutnia pionowa	$v > v_{gr}$	$Q \le 2 \times 10^4$	formuła Hollanda
		$Q > 2 \times 10^4$	formuła Concave

Obliczenia stanu zanieczyszczenia powietrza obejmują następujące parametry meteorologiczne:

– *prędkość wiatru na wysokości wylotu emitora (u_h)* [4]

$$u_h = u_a \cdot \left(\frac{h}{14}\right)^m$$

gdzie:

u_a – prędkość wiatru na wysokości anemometru [m/s],

– *średnia prędkość wiatru w warstwie od poziomu terenu do pozornego punktu emisji ū* [4]

$$\overline{u} = \frac{u_a}{m+1} \cdot \left(\frac{H}{14}\right)^m$$

gdzie:

m – stan równowagi atmosfery

H – wysokość pozornego punktu emisji lub efektywna wysokość źródła powierzchniowego lub liniowego [m]

14 – wysokość anemometru.

– *współczynnik poziomej dyfuzji atmosferycznej* (σ_y) [4]

$$\sigma_y = A \cdot x^a$$

gdzie:

A – współczynnik we wzorze na obliczanie współczynników dyfuzji atmosferycznej,

x^a – składowa odległości emitora od punktu, dla którego dokonuje się obliczeń, równoległa do kierunku wiatru (wartość a podana w tabeli 2),

– *współczynnik pionowej dyfuzji atmosferycznej* (σ_z) [4]

$$\sigma_z = B \cdot x^b$$

gdzie:

B – współczynnik we wzorze na obliczanie współczynników dyfuzji atmosferycznej,

x^b – składowa odległości emitora od punktu, dla którego dokonuje się obliczeń, równoległa do kierunku wiatru (wartość b podana w tabeli 2),

– *współczynniki A i B oblicza się według wzorów* [4]:

$$A = 0{,}08 \cdot \left(6m^{=0,3} + 1 - \ln\frac{H}{z_0}\right)$$

$$B = 0{,}38m^{1,3} \cdot \left(8{,}7 - \ln\frac{H}{z_0}\right)$$

gdzie:

z_0 – średnia wartość współczynnika aerodynamicznej szorstkości terenu w sektorze róży wiatrów lub na obszarze objętym obliczeniami [m].

Występujące we wzorach wartości stałych zależnych od stanu równowagi atmosfery – m, a, b przedstawione są w tabeli 2.

Tabela 2. Wartości a, b i m zależne od stanu równowagi atmosfery [4]

Stała	Stan równowagi atmosfery					
	1	2	3	4	5	6
a	0,080	0,143	0,196	0,270	0,363	0,440
b	0,888	0,865	0,845	0,818	0,784	0,756
m	1,284	1,108	0,978	0,822	0,660	0,551

Wysokość pozornego punktu emisji oblicza się w zależności od parametru K, wysokości emitora h oraz prędkości wiatru u_h w następujący sposób:
– *dla K=0* [4]

$$H = h$$

– *gdy parametr K jest obliczany według formuły Hollanda, wówczas* [4]:

$$H = h + \frac{K}{u_h}$$

gdzie:

u_h – prędkość wiatru na wysokości wylotu emitora [m/s]

– *gdy parametr K jest obliczany według formuły Concawe, wówczas* [4]:

$$H = h + \frac{K}{u_h^{0,7}}$$

Następny krok programu stanowi wyznaczenie stężeń gazowych substancji zanieczyszczających, jakie wystąpią w określonej sytuacji meteorologicznej. Należy przy tym przyjąć następujące założenia: źródło znajduje się w punkcie o współrzędnych $X_e=Y_e=0$, $Z_e= H$ oraz że oś X pokrywa się z kierunkiem wiatru, a oś Y jest prostopadła do osi X. Dla tak przyjętych warunków początkowych stężenie substancji gazowej w powietrzu odniesione do 30 minut oblicza się według wzoru [4]:

$$S_{xyz} = \frac{E_g}{2\Pi\bar{u}\sigma_y\sigma_z}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(-\frac{y}{2\sigma_y}\right)^2\right]\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{(z-H)}{\sigma_z}\right)^2\right]+\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{(z+H)}{2\sigma_z}\right)^2\right]\right\}$$

gdzie:

E_g – maksymalna emisja substancji gazowej [mg/s],
y – składowa odległości emitora od punktu, dla którego dokonuje się obliczeń, prostopadła do kierunku wiatru [m],
z – wysokość, dla której oblicza się stężenie substancji zanieczyszczającej w powietrzu [m].

STANOWISKA BADAWCZE

Kryteria doboru lokalizacji punktów pomiarowych do oceny stężeń zanieczyszczeń przyjęto zgodnie z wytycznymi Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2002 r. nr 87 poz. 798) [5].

Analizę wyników pomiarów imisji zanieczyszczeń: tlenków azotu (NO_x), ditlenku siarki (SO_2), tlenku węgla (CO), pyłu zawieszonego (PM_{10}) wykonaną mobilnym laboratorium w następujących punktach pomiarowych w Lublinie:

1. ul. Fabryczna – Al. Unii Lubelskiej,
2. ul. Filaretów – Al. Jana Pawła II,
3. ul. Lipowa – Al. Racławickie,
4. ul. Niepodległości.

METODYKA BADAŃ

Aparatura zastosowana do pomiarów imisji zanieczyszczeń powietrza, jest aparaturą spełniającą kryteria Państwowego Monitoringu Środowiska. Próbki zanieczyszczeń powietrza były pobierane w sposób ciągły (w systemie ośmiogodzinnym) na wysokości 3,5 m od podłoża, przy użyciu następującej analizatorów:

Analizator ditlenku siarki f-my Horiba

Analizator działa w oparciu o zasadę detekcji fluorescencji w zakresie ultrafioletu. Próbka analizowanego powietrza (wolna od węglowodorów) przesyłana jest do celi pomiarowej, gdzie oświetlona jest promieniowaniem UV. Fluorescencja badanej próbki jest wykrywana i mierzona przy pomocy fotopowielacza.

Zakres pomiarowy: 1 ppb – 1 ppm.

Analizator tlenku węgla f-my Horiba

Przyrząd wykorzystuje technikę modulacji sygnału w wyniku przepływu krzyżowego (CFM) gazu pomiarowego i gazu odniesienia.

Zakres pomiarowy: 0,1 – 100 ppm.

Analizator tlenku azotu i ditlenku azotu f-my Horiba

Stężenie analizowanych gazów określane jest w oparciu o zasadę chemoluminescencji tlenku azotu (NO) w obecności silnie utleniających cząsteczek ozonu. Analizator wyposażony jest w konwerter NO_2_NO pozwalający na analizę tlenków NO_x

Zakres pomiarowy: 1 ppb – 1 ppm.

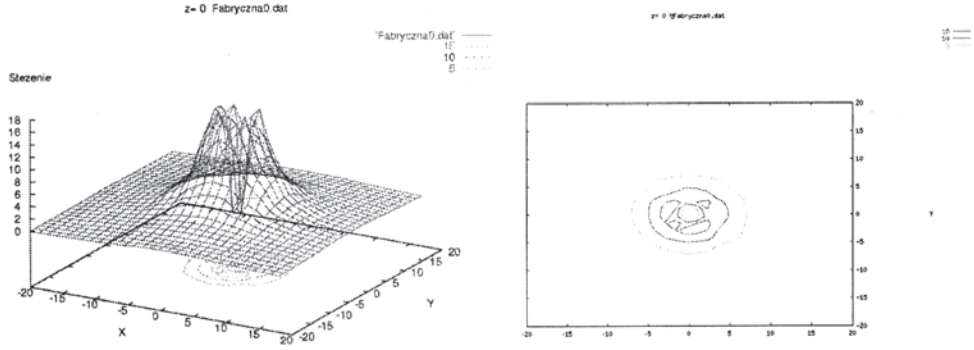
Analizator pyłu zawieszonego f-my FAG

Pobór pyłu zawieszonego odbywał się za pomocą urządzenia STAPLEX. Stężenia pyłu w powietrzu o średnicy cząsteczek mniejszych niż 10 μm, mierzone były w oparciu o masę pyłu zebranego na taśmie filtracyjnej. Masa osadzonego pyłu wyznaczana była przez pomiar osłabienia promieniowania ß pochodzącego od źródła promieniowania.

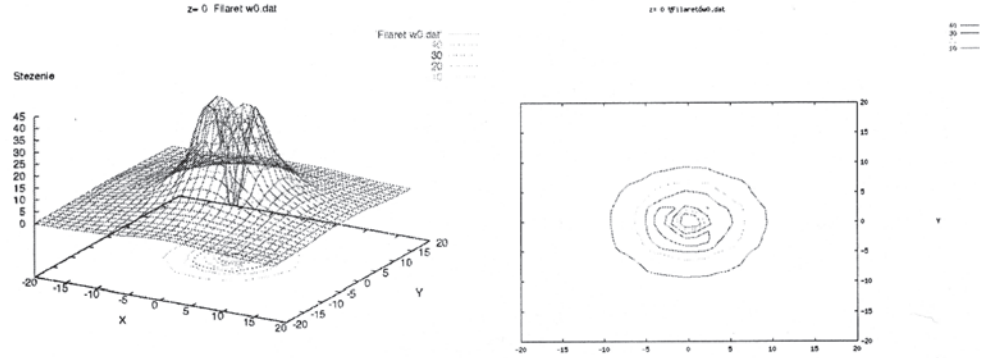
Zakres pomiarowy: od 1 $\mu g/m^3$.

WYNIKI POMIARÓW

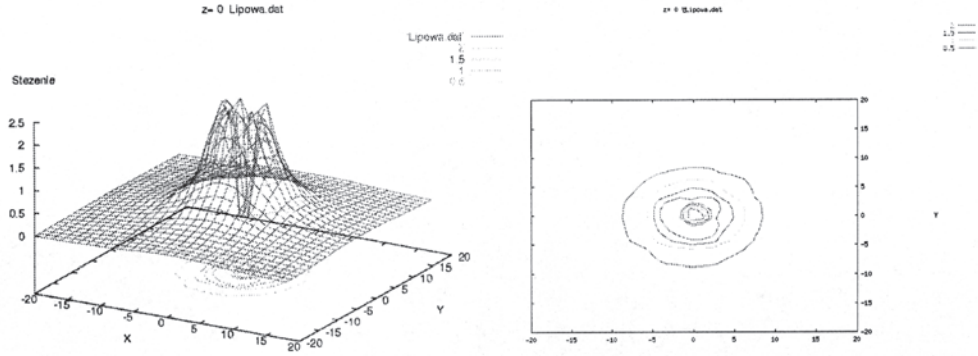
Ul. Fabryczna – Al. Unii Lubelskiej.



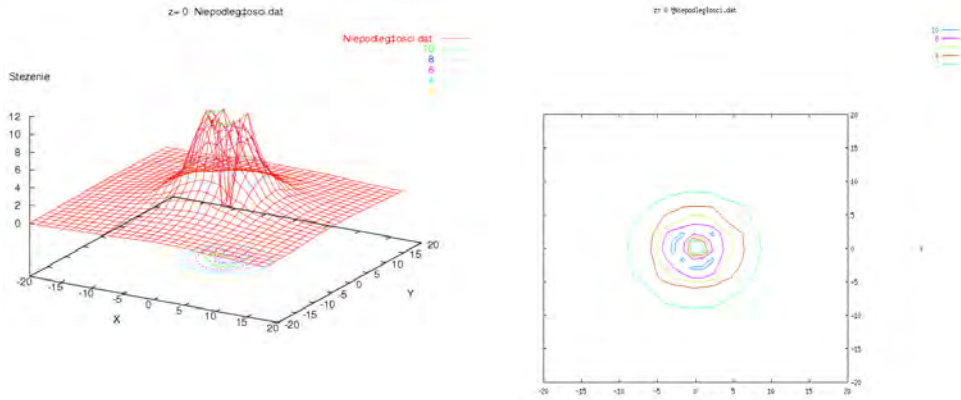
Ul. Filaretów – Al. Jana Pawła II.



Ul. Lipowa – Al. Racławickie.



Ul. Niepodległości.



WNIOSKI

1. Obciążenie atmosfery zanieczyszczeniami pochodzącymi ze spalania w silnikach samochodowych produktów rafineryjnych dochodzi w Polsce do ponad 30%. W większości są to następujące substancje: tlenek i ditlenek węgla, tlenki azotu, związki ołowiu i kadmu, węglowodory (WWA i HC), tlenek siarki.
2. Rozkłady stężeń dla poszczególnych zanieczyszczeń na kolejnych skrzyżowaniach mają bardzo podobny charakter. Następuje szybki spadek stężenia wraz z oddalaniem się od osi ulicy. Inny charakter ma jedynie rozkład stężeń NOx, w przypadku którego wysokie stężenia utrzymują się również w znacznej odległości od źródła emisji. Jest to wynikiem uwzględnienia w modelu fotochemicznych przemian, podczas których tworzony jest NO_2.
3. Jedynie brak precyzyjnego wskazania miejsca poboru prób może spowodować, że wartości obliczeniowe różnią się od faktycznie zmienionych.
4. W odróżnieniu od większości źródeł stacjonarnych, w których mamy do czynienia z powtarzalnymi i często precyzyjnie zaprojektowanymi procesami technologicznymi, określenie emisji ze strumienia poruszających się samochodów jest znacznie bardziej skomplikowane.
5. Należy przypuszczać, że pomiar obejmuje nie tylko zanieczyszczenia komunikacyjne ale i pochodzące od innych źródeł i tak CO, NO_x mogą pochodzić również z emisji przemysłowych oraz z emisji z tzw. komunalnych źródeł spalania np. sposób ogrzewania budynków mieszkalnych.

LITERATURA

1. Degórska A., (2006): Zmiany zanieczyszczenia atmosfery związkami siarki i azotu na polskich stacjach sieci EMEP w sezonie ciepłym i chłodnym, Ochrona powietrza w teorii i praktyce, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, Zabrze; 53–65.
2. Dorobek M.,: C++ Builder podręcznik Wydawnictwo Mikom Warszawa 2002.
3. Daniluk A., : C++ Builder. Kompendium programisty, Wydawnictwo Helion Warszawa 2003.
4. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 3 września 1998 r. w sprawie metod obliczania stanu zanieczyszczenia powietrza dla źródeł istniejących i projektowanych. (Dz. U. z 1998 r. nr 122 poz. 805).
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu. (Dz. U. z 2002 r. nr 87 poz. 798).

Streszczenie

W pracy przedstawiono adaptację równania Pasquila do symulowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń gazowych w powietrzu atmosferycznym oraz porównano wyniki symulacji z wynikami pomiarów. Zaprezentowany model daje również możliwość prognozowania rozprzestrzeniania się stężeń zanieczyszczeń w odniesieniu do warunków rzeczywistych.

APPLICATION OF NUMERICAL MODEL FOR ANALYSIS THE SPREADING OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTANION IN THE LUBLIN CITY

Summary

The study presents the adaptation of Pasquil equation for simulation of dissemination gas pollution in atmospheric air and comparison results of simulation with results of measurements. The described model gives the opportunity to forecot dissemination gas pollution in atmospheric air in real weather conditions.

Aneta Duda*, Jacek Czerwiński**

ZASTOSOWANIE TECHNIK INFORMATYCZNYCH W ANALIZIE ŚRODOWISKA NA PRZYKŁADZIE OZNACZEŃ CHROMATOGRAFICZNYCH

WSTĘP

Analityka środowiskowa jest od końca lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku dynamicznie rozwijającą się dziedziną techniki pomiarowej. Wykorzystuje ona wiele różnych technik analitycznych opartych zarówno o metody spektroskopowe, elektrochemiczne jak i o techniki rozdzielania skomplikowanych mieszanin – w szczególności techniki chromatograficzne. Analityka i monitoring środowiska to dwa filary nauki o środowisku i jego ochronie oraz działaniach w środowisku. Możemy wyróżnić dwie tendencje [1, 21, 22]:

- wykrywanie coraz mniejszych ilości substancji, oznaczenia coraz mniejszych stężeń analitów w próbkach środowiskowych oraz
- ciągłe poszerzanie ilości (rodzajów) oznaczanych substancji.

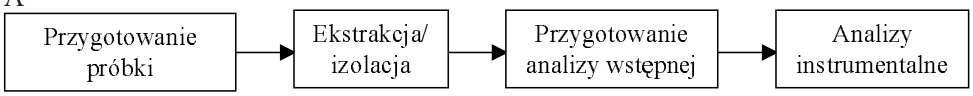
Ale również:

- opracowania i praktyczne wykorzystania nowych rozwiązań metodycznych,
- opracowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych przyrządów pomiarowych i urządzeń analitycznych,
- pobieranie, wzbogacanie, izolacja i przygotowanie próbek środowiskowych do oznaczeń końcowych,
- kalibracja stosowanych urządzeń pomiarowych,
- wykrywanie, identyfikacja i oznaczanie agalitów,
- statystyczna obróbka wyników.

ETAPY ANALIZY INSTRUMENTALNEJ

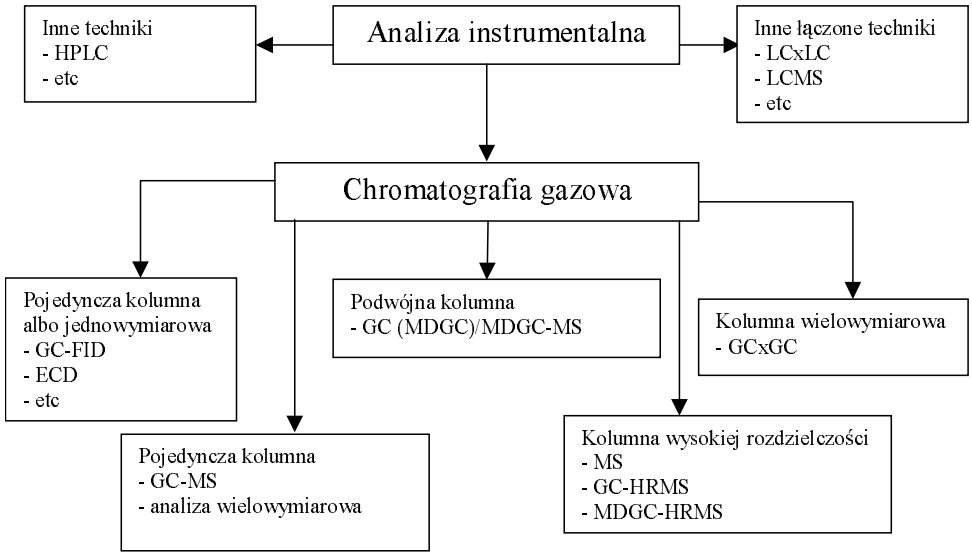
Współczesna analiza instrumentalna obejmuje szereg etapów co przedstawia schemat [2,4]:

A



* Aneta DUDA – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.
** Jacek CZERWIŃSKI – Laboratorium Analiz Środowiskowych, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska.

B



Często w monitoringu środowiska poważnym zagadnieniem jest analiza śladowa wody. W celu uzyskania informacji dotyczących składu próbki należy ją odpowiednio przygotować, ponieważ możliwość bezpośredniego nastrzykiwania próbki wody na kolumnę chromatograficzną jest ograniczona.

Ograniczenie to wynika z poniższych warunków [4, 15, 17, 18, 22]:

- stężenie oznaczanych związków jest często zbyt małe i nie osiąga granicy wykrywalności,
- stosowanych detektorów;
- woda wprowadzona na kolumnę zmienia właściwości fizykochemiczne fazy stacjonarnej, co zakłóca proces rozdzielania składników mieszaniny, a w skrajnym przypadku niszczy,
- film fazy stacjonarnej,
- zanieczyszczenia mechaniczne obecne w wodzie w postaci zawiesiny mogą uszkodzić kolumnę lub spowodować jej zatkanie,
- obecność wody, w odniesieniu do niektórych detektorów, może zakłócić pomiar,
- próbka przed wprowadzeniem na kolumnę chromatograficzną wymaga wzbogacenia, analitów i wymiany matrycy na bardziej korzystną z punktu widzenia oznaczeń wybraną techniką chromatograficzną.

Najszerzej stosowaną jest *chromatografia gazowa* dająca możliwości rozdziału mieszanin związków organicznych. Wykorzystując ją w monitoringu zanieczyszczeń środowiska uzyskać można istotne informacje, służące do [3, 7–12]:

- oceny aktualnej sytuacji ekologicznej na danym obszarze;
- zbilansowania transportu materii;

- wyjaśnienia wpływu zanieczyszczeń środowiska na zdrowie człowieka;
- wyjaśnienia przyczyn zanieczyszczenia elementów środowiska;
- badania dróg przemieszczania się oraz transportu zanieczyszczeń;
- wskazania metod zapobiegania zanieczyszczeniom środowiska;
- monitoringu i badań transformacji oraz konwersji zanieczyszczeń środowiska;
- oceny kierunków zmian poziomu stężeń składników występujących w poszczególnych elementach środowiska.

W przypadku chromatografii gazowej największy postęp zaznaczył się w budowie detektorów w szczególności detektorów selektywnych i specyficznych [3, 5, 14]. Wśród detektorów możliwych do zastosowania w analizach próbek środowiskowych można wyróżnić trzy grupy:

- detektory czułe na obecność chlorowców chlorowców cząsteczce (ECD, ElCD),
- detektory czułe na obecność siarki (FPD, ElCD, SCD),
- detektory oparte o techniki spektroskopowe (MS, AED).

DETEKTOR WYCHWYTU ELEKTRONÓW – ECD

Detektor wychwytu elektronów – ECD *(Electron Capture Detektor)* jest najbardziej rozpowszechnionym detektorem selektywnym powszechnie wykorzystywanym w analityce śladów związków organicznych, zwłaszcza w próbkach środowiskowych i biochemicznych. ECD jest bardzo czuły na związki zawierające atomy o dużym powinowactwie elektronowym, a w szczególności na związki chlorowcoorganiczne. Detektor ten opracowany przez Lovelocka odegrał istotną rolę w oznaczaniu poziomu freonów w atmosferze, co było ważne do potwierdzenia ich roli w niszczeniu stratosferycznej warstwy ozonowej [14, 18].

Zasada działania detektora jest oparta na zjawisku absorpcji elektronów przez cząsteczki elektrofilowe. Podstawowym elementem detektora, jest komora jonizacyjna z dwiema elektrodami z umieszczonym w niej źródłem promieniowania $\hat{a}^-$ to jest (tryt lub ^{63}Ni). Elektrony pierwotne emitowane przez źródło zderzają się z cząsteczkami gazu w detektorze, powodując jonizację połączoną z emisją wtórnych (wolnych) elektronów i tworzeniem jonów dodatnich

$$\beta^- + M \rightarrow \beta^{-\cdot} + M^+ + e^-$$

Między elektrodami w komorze jest przyłożone pewne napięcie, co powoduje szybką migrację elektronów w kierunku anody i pojawienie się prądu tła (~1(1^{-8}A). Prawdopodobieństwo rekombinacji jonów dodatnich z wolnymi elektronami jest znikomo małe. Jeśli w eluacie z kolumny pojawią się cząsteczki elektrofilowe (np. zawierające atomy chlorowców), to wychwytują one znajdujące się w komorze jonizacyjnej wolne elektrony dając mierzony sygnał w detektorze.

SIARKOWY DETEKTOR FLUORESCENCYJNY – SCD

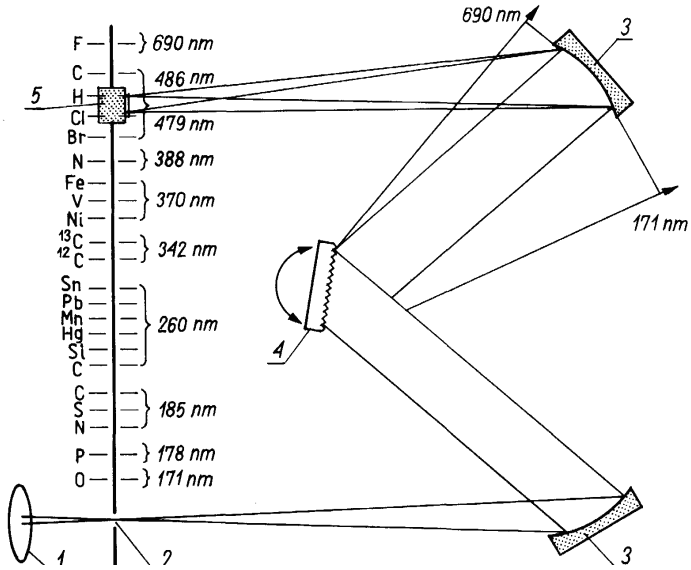
Siarkowy detektor chemiluminescencyjny (SCD) [14] został opracowany przez Parksa na początku latach osiemdziesiątych XX wieku jest jedną z najlepszych technik za pomocą której, można oznaczać związki zawierające atomy siarki. Zasada działania pierwszych detektorów SCD opierała się o spalanie związków siarki w redukującym płomieniu palnika detektora. Warunki spalania były tak dobrane, że produktem spalania jest tlenek siarki SO. Produkty spalania następnie zasysano ceramicznym próbnikiem do komory reakcyjnej gdzie następowała reakcja SO z tritlenem O_3 w wyniku której powstaje wzbudzony ditlenek siarki SO_2^*. Elektrony we wzbudzonym SO_2^* powracając do stanu podstawowego emitują promieniowanie w zakresie 260–480 nm z maksimum przy długości fali $\lambda \approx 360$ nm. Intensywność tego promieniowania rejestrowana przez fotopowielacz i stanowi sygnał analityczny w detektorze.

Dla złagodzenia zmian czułości i selektywności detektora w zależności od związku chemicznego firmy *Antek Instruments Inc.* i *Sievers Research Inc.* wprowadziły detektory z bezpłomieniową komorą spalania. Bezpłomieniowe SCD wykazują szerszy zakres operacyjny lepszą precyzję oraz czułość wyższą o rząd wielkości. W odróżnieniu od mechanizmu proponowanego przez Shearera zasada działania opiera się o dwustopniową reakcję postkolumnową. Wymywające się z kolumny chromatograficznej związki siarkoorganiczne są najpierw utleniane do SO_2 i innych tlenków a następnie redukowane do H_2S w znacznym nadmiarze wodoru. Siarkowodór i inne produkty redukcji są następnie przenoszone do komory reakcyjnej gdzie siarkowodór jest utleniany za pomocą tritlenu do elektronowo wzbudzonego ditlenku siarki SO_2^*.

Detektor SCD wykazuje niemalże ekwimolarną odpowiedź na wszystkie związki siarkoorganiczne a jako substancja wzorcująca detektor jest wykorzystywany dibenzotiofen, dla którego współczynnik odpowiedzi przyjęto jako 1. Współczynniki odpowiedzi dla innych związków są bliskie jedności co czyni go szczególnie przydatnym przy określani całkowitej zawartości siarki (w tym związków siarkoorganicznych w środowisku.

DETEKTOR EMISJI ATOMOWEJ – AED

Detektor emisji atomowej AED *(Atomie Emission Detector)* jest szczególnym typem detektora, gdyż jest to jednocześnie detektor uniwersalny (nadaje się do analizy wszystkich typów związków) i specyficzny, bo umożliwia badanie zawartości poszczególnych pierwiastków w składnikach próbki. AED jest szczególnie przydatny do analizy próbek środowiskowych, produktów petrochemicznych, dodatków do polimerów i zawsze kłopotliwych w analizie związków metaloorganicznych [11–14, 21]. Zasada działania detektora, którego budowę przedstawiono na rys. 1 [14], jest następująca: rozdzielone na kolumnie chromatograficznej składniki próbki wprowadza się do indukowanej mikrofalowo plazmy helowej o temperaturze w zakresie 3000–10000 K,



Rys. 1. Schemat działania detektora emisji atomowej AED [14]
1 – soczewka, 2 – szczelina, 3 – zwierciadło, 4 – obrotowa siatka dyfrakcyjna, 5 – ruchoma fotodioda

która powoduje rozpad cząsteczek na wzbudzone atomy. Elektrony wzbudzonych atomów, wracając do niższych stanów energetycznych, emitują promieniowanie charakterystyczne dla danego pierwiastka. Promieniowanie, które trafia do części optycznej detektora, ulega rozszczepieniu na siatce dyfrakcyjnej na charakterystyczne długości fal, rejestrowane przez pozycjonowaną matrycę fotodiod.

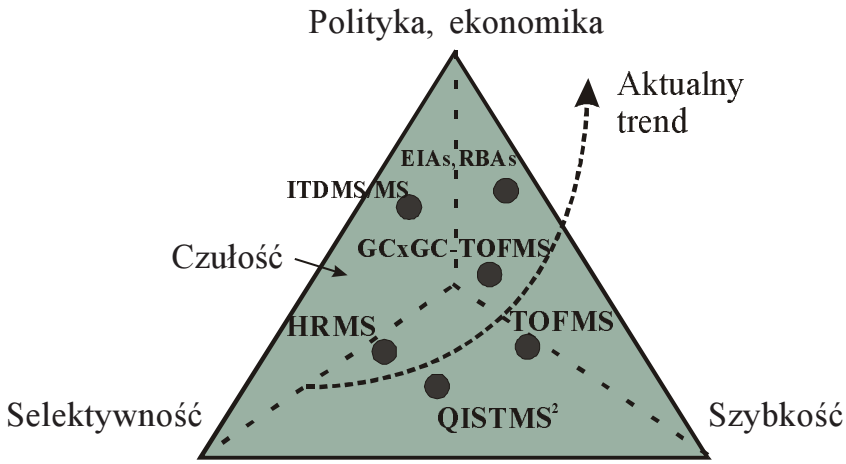
Hel, z którego wytwarzana jest plazma mikrofalowa, i który jest jednocześnie gazem nośnym, musi być bardzo wysokiej czystości, minimum 99,9999% tzn., że suma wszystkich zanieczyszczeń w nim zawartych musi być niższa od l ppm. W tabeli 1 zestawiono pierwiastki najczęściej oznaczane za pomocą detektora AED i podstawowe parametry pracy detektora (długość fali wykrywanego promieniowania oraz dodawane w śladowych ilościach gazy reakcyjne zwiększające czułość detektora). Detektor umożliwia wykonanie oznaczeń maksymalnie czterech pierwiastków w czasie jednej analizy chromatograficznej. Najczęściej praktykowane jest jednoczesne oznaczanie węgla, wodoru, chloru i bromu. Informacje uzyskiwane z detektora AED są komplementarne z widmami otrzymywanymi za pomocą tandemów GC-MS i GC-FTIR.

Tabela 1. Charakterystyka detektorów stosowanych w analityce zanieczyszczeń środowiska [11–14]

Typ	Selektywność (specyficzność)	Destruk-cyjność	T_{max} [°C]	Granica oznaczalności	Liniowy zakres dynamiczny odpowiedzi
Detektory czułe na chlorowiec					
ECD	tak	N	350		10^3
ECD*	tak	N	350		10^3
ElCD	tak	D	350		10^4
Detektory czułe na siarkę					
FPD*	$10^3 \div 10^6$ gC/gS	D	400	10^{-11} g S/s	10^3
ElCD	$>10^4$ gC/gS	D	350	10^{-11} g S/s	10^4
SCD	$>10^6$ gC/gS	D	420	10^{-12} g S/s	10^5
nfSCD	$>10^7$ gC/gS	D	bez ograniczeń	10^{-13} g S/s	10^3
Detektory uniwersalne (spektroskopowe)					
AED	$10^4 \div 10^5$ gC/gS	D	350	10^{-13} g S/s	10^5
MS	uniwersalny		350	10^{-13} g S/s	10^4

TECHNIKI SPRZĘŻONE (GC-MS)

Metody oznaczeń końcowych opierają się wykorzystują chromatografię gazową z detekcją wykorzystująca wysokorozdzielczą spektrometrię mas. Z uwagi na wysokie koszty eksploatacyjne tego typu systemów Wydaje się być możliwe zastosowanie detekcji z wykorzystaniem detektora emisji atomowej – AED (pozwalają na to podawane przez producenta granice oznaczalności dla poszczególnych pierwiastków), ale dotychczas nie opublikowano prac z zastosowaniem tego typu układu detekcji. Istnieje również możliwość zastosowania spektrometru mas niskiej rozdzielczości do oznaczania tej klasy związków. Jedną z możliwości jest przekształcenie siarkowych analogów dioksyn w sulfony, które znacznie różnią się czasami retencji a także w zdecydowanie inny sposób fragmentują w spektrometrach masowych [7, 12, 13, 15, 19]. Korzystnym wyjściem jest zastosowanie niskiej rozdzielczości spektrometru mas, który może pracować w układzie MS/MS. Wówczas można wtórnie fragmentować wybrany jon analityczny (niekoniecznie jon macierzysty) i na podstawie tej fragmentacji dokonywać analizy zarówno jakościowej i ilościowej. Trendy warunkach zastosowaniu MS jako oznaczenia końcowego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Trendy rozwojowe warunkach zastosowaniu spektrometrii mas na etapie oznaczeń końcowych [9]

BIBLIOTEKI WIDM

Aby system GC-MS lub LC-MS mógł by wykorzystywany do w celu identyfikacji nieznanych związków na podstawie widm ze spektrometru mas musi być wyposażony w bibliotekę widm. Komercyjne dostępne biblioteki i ich charakterystyki zamieszczonow tabeli 2.

Tabela 2. Komercyjnie dostępne biblioteki widm masowych [8, 9]

Biblioteki widm	Zawartość	Zastosowanie	Widma MS/MS	Uwagi
NIST 2005	ponad 190 000 widm EI	ogólne organiczne	5191 widm MS/MS	baza indeksów retencji dla 121000 związków
Hormonów	5900 widm estrogenów androgenów i steroidów	analiza hormonów	brak	brak
Wiley Registry 8th Ed.	400000 związków	ogólne organiczne	brak	baza indeksów retencji
Maurer Pfleger Weber Library 2007	7840 związków	leki, trucizny pestycydy	brak	brak
Palisade 600 K	600000 widm związków	ogólne	brak	największa baza widm umożliwiająca systematyczne subskrybowanie

Oprócz baz komercyjnych możliwe jest również wykorzystanie baz internetowych. Wadą ich stosowania jest brak możliwości porównywania widm, za pomocą przeglądarki i ustalenie prawdopodobieństwa sukcesu – tj zidentyfikowania nieznanego związku. Bazy te umożliwiają wyszukiwanie na podstawie wzoru lub nazwy i są one dostępne pod adresami:

- http://webbook.nist.gov/chemistry/ – ok. 15000 widm;
- http://riodb01.ibase.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct frame top.cgi – ok. 23500 widm.
- bezpłatna baza ok. 2500 widm masowych, głównie do celów kryminalistycznych, w formacie HP ChemStation: http://minyos.its.rmit.edu.au/~rcmfa/Library/ms library.htm

PODSUMOWANIE

Metody analiz środowiskowych wykazują zastosowanie w bazach widm masowych. Z powodzeniem można je wykorzystywać w urządzeniach coraz powszechniej dostępnych w laboratoriach analitycznych o tyle zarówno widma IR jak i innych technik sprzężonych nie są jeszcze powszechnie dostępne w postaci tak obszernych bibliotek. Bazy internetowe niestety nie dają możliwości porównywania widm, ale umożliwiają wyszukiwanie na podstawie wzoru lub nazwy. Dostępne są pod następującymi adresami:

- NIST Webbok: http://webbook.nist.gov/chemistry/ – ok. 16000 widm IR,
- baza danych SDBS,
- http://riodb01.ibase.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct frame top.cgi – ok. 50500 widm FT-IR,
- katalog odczynników firmy Sigma-Aldrich,
- http://www.sigmaaldrich.com/Area of Interest/Europe Home/Poland.html – widma IR są dostępne dla dużej części odczynników oferowanych przez firmę Sigma-Aldrich.

Literatura

1. Namieśnik J., Chrzanowski W., Szpinek P.: „Nowy horyzonty i wyzwania w analityce i monitoringu środowiskowym", Centrum Doskonałości Analityki i Monitoringu Środowiskowego, Gdańsk 2003.
2. Namieśnik J.,: „Ocena i kontrola jakości wyników pomiarów analitycznych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Gdańsk 2007.
3. Namiesnik J., Jamrógiewicz Z.: „Fizykochemiczne metody kontroli zanieczyszczeń środowiska", Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.
4. Namieśnik J., Jamrógiewicz Z. Pilarczyk M., Torres L.,: „Przygotowanie próbek środowiskowych do analiz", Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Gdańsk 2000.
5. Czerwiński J., Dudzińska M.R., Rut B., (2003): „GC MS/MS screening of dioxin-like compounds on the example of polychlorinated dibenzthiophene – thio-analogues of polychlorinated dibenzofuranes", *Organohalogen Compounds,* 60, 462–465.

6. Wiedmann T., Schimmel H., Ballschmiter, K-H., (1998): „Ion trap MS/MS of polychlorinated dibenzo-/p/-dioxins and dibenzofurans: confirming the concept of the molar response", *Fresenius. J. Anal. Chem.,* 360; 117–119.
7. Michalski R.,: „Chromatografia jonowa. Podstawy i zastosowania." Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.
8. http://www.separationsnow.com
9. http://www.spectroscopynow.com
10. Michalski R., (2005): „Zastosowania chromatografii jonowej w badaniach próbek medycznych, przemysłowych i spożywczych", *Laboratorium,* 5, 28–32.
11. Andersson J.T., (2002): „Some unique properties of gas chromatography coupled with atomic emission detection", *Anal. Bioanal. Chem.,* 373, 344–355; doi: 10.1007/s00216-002-1236-8.
12. Becker G., Colmsjö A., (1998): „Gas chromatography-atomic emission detection for quantification of polycyclic aromatic sulfur heterocycles", *Anal. Chim. Acta*, 376, 265–272.
13. Becker G., Nilsson U., Colmsjö A., Őstman C., (1998): „Determination of polycyclic aromatic sulfur heterocyclic compounds in airborne particulate by gas chromatography with atomic emission and mass spectrometric detection", J. Chromatogr. A, 826, 57–66.
14. Czerwiński J., Konieczka P., (1998); „Detektory stosowane w chromatografii gazowej", [w:] *Fizykochemiczne metody kontroli zanieczyszczeń środowiska*, red. J. Namieśnik i Z. Jamrógiewicz, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 141–163.
15. Focant J-F., Eppe G., Scippo M-L., Massart A-C., Pirard C., Maghuin-Rogister G., De Pauw E., (2005): „Comprehensive two-dimensional gas chromatography with isotope dilution time-of-flight mass spectrometry for the measurement of dioxins and polychlorinated biphenyls in foodstuffs. Comparison with other methods", *J. Chromatogr. A*, 1086, 45–60, doi:10.1016/j.chroma.2005.05.090.
16. B. Gouteux, M. Lebeuf, S. Trottier, J-P. Gagné, (2002): „Analysis of six relevant toxaphene congeners in biological samples using ion trap MS/MS", *Chemosphere*, 49, 183–191.
17. Helen C., Lemasle M., Laplanche A., Genin E., (2001): „Determination of polychlorodibenzo-*p*-dioxins and polychlorodibenzofurans by gas chromatography/tandem mass spectrometry and gas chromatography/ triple mass spectrometry in a quadrupole ion trap", *J. Mass Spectrom.,* 36, 546–554.
18. Kannan N., Hong S.H., Oh J.R., Yim U.H., Li D., Shim W.J., (2005): „PYE [2-(1-pyrenyl)ethyldimethylsilylated silica] column HPLC and HR-GC-(micro) ECD in the accurate determination of toxic co-planar PCBs and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs)", *Bull. Korean Chem. Soc.,* 26, 529–536.
19. Ragsdale J.D., (2002): „A robust screening method for dioxins and furans by ion trap GC-MS/MS in a variety of matrices", Nota aplikacyjna *AN 9159*,
20. Namieśnik J., (2000): „Trends in environmental analytics and monitoring", *Critical Rev. Anal. Chem.*, 30, 221–269.
21. Namieśnik J.,: „Trendy w analityce i monitoringu środowiskowym" [w:] *Nowe horyzonty i wyzwania w analityce i monitoringu środowiskowym*, red. J. Namieśnik i W. Chrzanowski, P. Szpinek, Centrum doskonałości Analityki i Monitoringu Środowiskowego, Gdańsk 2003, 1–32.

22. María J. Lopez de Alda, Silvia Diaz-Cruz, Mira Petrovic, Damiŕ Barceló: „Oznaczanie pozostałości wybranych środków farmaceutycznych, steroidowych hormonów płciowych oraz alkilofenolowych środków powierzchniowo czynnych w środowisku wodnym z wykorzystaniem technik LC–MS oraz LC–MS/MS" [w:] *Nowe horyzonty i wyzwania w analityce i monitoringu środowiskowym*, red. J. Namieśnik i W. Chrzanowski, P. Szpinek, Centrum doskonałości Analityki i Monitoringu Środowiskowego, Gdańsk 2003, 61–78.

Streszczenie

Praca obejmuje analizę wykorzystania metod analityki środowiskowej na przykładzie oznaczeń chromatograficznych. Opisano techniki analityczne oparte zarówno o metody spektroskopowe, elektrochemiczne jak i o techniki rozdzielania skomplikowanych mieszanin – w szczególności techniki chromatograficzne. W krajach uprzemysłowionych chromatografia od początku swego istnienia znalazła znaczące miejsce w analityce chemicznej. W Polsce szybki wzrost zainteresowania metodą chromatograficzną obserwuje się od kilku lat, czego dowodem może być znacząca liczba laboratoriów badawczych i usługowych, w których wykorzystuje się chromatografię jonową.

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE ANALYSIS OF ANALYTICAL CHEMISTRY FOR EXAMPLE DETERMINATION CHROMATOGRAPHY

Summary

The article presents the analysis of utilizing method analytical chemistry for example determination chromatography. There are described the analytic techniques based on both spectroscopic and electrochemical method like separation of complicated mixtures – especially chromatographic techniques. In industrial countries chromatography has been applied from its beginning. In Poland a quick increase of interest in chromatographic method has been observed for several years which can be proved by a large number of scientific and commercial laboratories which apply the ionic chromatography.

Gabriel Borowski*

BADANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH BRYKIETÓW WĘGLA Z BIOMASĄ

WPROWADZENIE

Brykiety węgla z biomasą są ekologicznym źródłem energii i są coraz częściej stosowane w procesie wytwarzania energii cieplnej zarówno w elektrociepłowniach, jak i w gospodarstwach indywidualnych. Produkowane obecnie brykiety zawierają miał węgla kamiennego, brunatnego, koksu oraz biomasę w postaci trocin, torfu, słomy lub innych surowców. Brykiety takie wytwarza się bez żadnych dodatków lub z dodatkiem materiałów wiążących. Często stosowanymi lepiszczami są skrobia, cukier, ług sodowy, szkło wodne, wapno, gips i wiele innych. Dodatki te nie tylko wiążą drobnoziarnistą strukturę materiałów składowych brykietów, ale także przyczyniają się do zwiększenia ich właściwości mechanicznych [1].

Do brykietowania mieszanek węglowo-biomasowych można stosować zarówno prasy stemplowe jak i walcowe. Brykieciarki walcowe są znacznie wydajniejsze od stemplowych i mają szersze zastosowanie tam, gdzie powinna być zachowana ciągłość produkcji. Prasy stemplowe natomiast mają zastosowanie do określenia właściwości brykietów w warunkach laboratoryjnych, a także w przemysłowej produkcji wyrobów w niewielkich seriach. Mieszanka przeznaczona do scalania na prasach musi być odpowiednio przygotowana. Poszczególne składniki trzeba dobrać w określonych proporcjach, dodać lepiszcze, następnie dokładnie wymieszać oraz dosuszyć masę do określonej wilgotności [4].

Brykiety węgla z biomasą przeznaczone do spalania w kotłach powinny charakteryzować się wysokim efektem energetycznym. Ich odporność mechaniczna musi być dostosowana do warunków transportu i składowania, przy czym właściwości mechaniczne powinny być zachowane w okresie sezonowania. W przypadku transportu w odkrytych pojemnikach brykiety powinny cechować się dodatkowo wysoką wodoodpornością.

Wyniki dotychczasowych prac doświadczalnych oraz prób eksploatacyjnych dotyczących wykorzystania brykietów węgla z biomasą stwierdzają, że jako paliwo energetyczne spełniają one normy ochrony środowiska, szczególnie w zakresie niskiej

* Gabriel BOROWSKI – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

emisji szkodliwych substancji do atmosfery [5–8]. Masowa produkcja brykietów wymaga jednakże opracowania kryteriów określających wysoką i powtarzalną jakość tych wyrobów. W tym celu wykonuje się stosowne badania doświadczalne. Niniejsze opracowanie przedstawia sposoby wykonania oraz wyniki badań w zakresie określenia właściwości mechanicznych brykietów węgla z biomasą z dodatkiem melasy jako lepiszcza.

MATERIAŁ BADAWCZY

Określono właściwości mechaniczne brykietów uzyskanych z miału węgla kamiennego pochodzącego ze śląskiej kopalni oraz trocin pochodzących z obróbki drzew liściastych – dębu i buku. Lepiszczem dodawanym do mieszanki była melasa, będąca ubocznym produktem otrzymywanym podczas rafinacji cukru. Melasa występuje w postaci gęstej cieczy o ciemnobrązowym zabarwieniu i w naturalnej postaci trudno się miesza z materiałem sypkim, dlatego też zastosowano roztwór wody z melasą. Wybór tego lepiszcza spośród wielu innych uzasadniony jest wynikami autorskich badań brykietowania materiałów drobnoziarnistych, które potwierdziły korzystny wpływ melasy na właściwości mechaniczne brykietów. Istotny też był fakt, że nie stwierdzono zwiększenia szkodliwych emisji w procesie spalania brykietów z melasą w porównaniu do próbek kontrolnych [1].

Zgodnie z zaleceniami węgiel oraz trociny rozdrabniano do momentu uzyskania próbek analitycznych o wielkości ziarna poniżej 0,425 mm [9]. Rozdrobnione surowce posiadały dużą objętość oraz niską gęstość nasypową, przy czym gęstość biomasy wynosiła przeciętnie 80 kg/m^3, podczas gdy węgla wynosiła ok. 880 kg/m^3 [3].

Biomasę jako surowiec energetyczny określają następujące parametry i charakterystyczne właściwości [2]:

- wartość opałowa, MJ kg^{-1}
- zawartość wody – wilgotność, %
- temperatura spalania, °C
- temperatura topnienia popiołu, °C
- gęstość usypowa, kg m^{-3}
- gęstość, kg m^{-3}
- objętość właściwa, m^3 kg^{-1}
- współczynnik koncentracji energii, MWh m^{-3}
- potencjał energetyczny, GJ ha^{-3}
- rozmiar cząstek (uziarnienie).

Wartość opałowa biomasy zależy ściśle od jej wilgotności. Brykiety z drewna liściastego o wilgotności 3,8–14,1% posiadają wartość opałową 16,9–20,4 MJkg^{-1} [6]. Podstawowe składniki chemiczne węgla kamiennego oraz biomasy są takie same. Poszczególne pierwiastki i związki chemiczne występują jednak w odmiennych udziałach. Udział popiołu w spalanym drewnie kształtuje się na poziomie 2% i jest znacznie niższy niż ze spalania węgla. Zawartość części lotnych natomiast jest znacznie wyższa

w biomasie niż w węglu – kształtuje się na poziomie powyżej 80% wag. Zawartość węgla pierwiastkowego w biomasie jest na poziomie typowym dla związków organicznych i kształtuje się w granicach od 35 do 50%. Zawartość tlenu wynosi ok. 40% i jest znacznie większa, niż w przypadku węgla. Udział zaś wodoru mieści się w granicach 4-5%. Z ekologicznego punktu widzenia duże znaczenie ma niewielka zawartość siarki – niemal 10 razy mniejsza niż w węglu.

Do badań przygotowano brykiety o różnym udziale wagowym biomasy w stosunku do węgla: 10%, 15%, 20% oraz 25%. Wykonano też brykiety kontrolne z samego węgla oraz biomasy. Wilgotność próbek wynosiła od 6% do 12%. Zawartość roztworu melasy w roli lepiszcza (określona na podstawie badań [1]) wynosiła ok. 8%. Badano brykiety świeże oraz sezonowane.

METODYKA BADAŃ I STANOWISKA BADAWCZE

Węgiel drobnoziarnisty należy do materiałów wykazujących słabą podatność na scalanie w prasach do brykietowania. Pożądane są więc działania mające na celu zmianę właściwości materiału. W dotychczasowych badaniach procesu scalania materiałów drobnoziarnistych istotną rolę odgrywały czynniki związane z przygotowaniem materiału [1, 4].

Przygotowanie materiału do brykietowania obejmowało rozdrabnianie, mieszanie składników oraz dosuszanie do określonej wilgotności. Do rozdrabniania wykorzystano młynek elektryczny Ze względu na istotne różnice w właściwościach fizycznych węgla i materiałów włóknistych do rozdrabniania stosowano dwa typy młynków – udarowy do węgla oraz młynek nożowy (tnący) do biomasy.

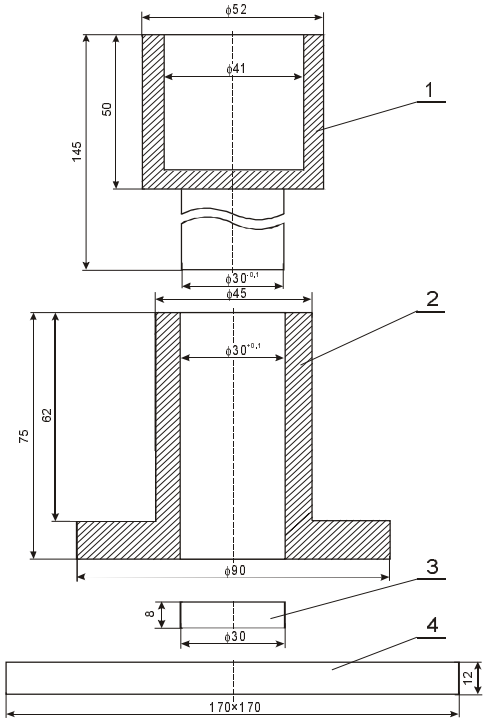
Do mieszania składników zastosowano laboratoryjną mieszarkę elektryczną, a następnie przeprowadzono dosuszenie termiczne do określonej wilgotności. Badania wilgotności wykonano przy pomocy laboratoryjnej wagosuszarki firmy KETT typu FD-620 (rys. 1). Urządzenie umożliwia pomiar wilgotności z dokładnością ±0,1% w zakresie temperatur 50–195 °C, przy czym zadana temperatura suszenia wynosiła 100 °C.

Przygotowaną mieszankę brykietowano wykorzystując laboratoryjną prasę hydrauliczną PHR-20. Maksymalny nacisk jednostkowy stempla wynosi ok. 35 MPa, zaś przemieszczenie stempla 200 mm. Średnica trzpienia stempla z gniazdem mocującym wynosi 40 mm (rys. 2).

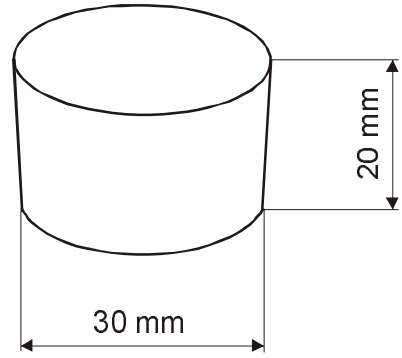
Opracowano i wykonano specjalny zespól formujący do brykietowania odpadów drobnoziarnistych składający się z matrycy i stempla (rys. 3), Matryca (2) umożliwia uzyskanie brykietów o walcowym kształcie (rys. 4). Stosowanie przeciwstempla (3) ma na celu uzyskanie bardziej równomiernego rozkładu naprężeń. Sprasowany wyrób opuszcza matrycę w jej dolnej części po usunięciu przeciwstempla i podstawy (4) oraz wypchnięciu za pomocą stempla (1). Istnieje możliwość szybkiej wymiany matryc i stempli w celu uzyskania brykietów o innych wymiarach i kształtach.

Rys. 1. Wagosuszarka FD-620

Rys. 2. Prasa hydrauliczną PHR-20



Rys. 3. Schemat konstrukcyjny zespołu formującego: 1 – stempel, 2 – matryca, 3 – przeciwstempel, 4 – podstawa



Rys. 4. Kształt i wyniary próbki badawczej

Scalano porcje materiału o masie 17–18 g przy nacisku jednostkowym stempla od 20 do 35 MPa, a wysokość uzyskanego brykietu odpowiadała w przybliżeniu 2/3 średnicy (rys. 4).

Właściwości mechaniczne brykietów określono poprzez odporność na zrzut grawitacyjny oraz wartość siły ściskania niszczącej brykiet. Odporność brykietu na zrzut grawitacyjny ocenia się poprzez procentowy ubytek masy po co najmniej trzykrotnym zrzuceniu partii brykietów z wysokości 2,0 m na stalową płytę. Po każdym zrzucie przesiewano próbki przez sito o rozmiarze oczek większym niż dopuszczalny minimalny wymiar brykietu. Odporność brykietu na zrzut oblicza się z następującego wzoru [4]:

$$K = \frac{B_z}{B} \cdot 100\%$$

gdzie: B – masa brykietów przed zrzutem [kg],
B_z – masa pozostającego na sicie nadziarna [kg].

Wartość siły ściskania niszczącej brykiet określono eksperymentalnie w ten sposób, że ściskano umieszczony między płaskimi powierzchniami urządzenia badawczego walcowy krążek, aż do momentu zniszczenia jego struktury. Badania przeprowadzono wykorzystując maszynę wytrzymałościową ZWICK Z100. Umożliwia ona ciągły pomiar nacisków i przemieszczeń stempla, rejestrując dane w pamięci komputera. Dane na wydruku prezentowane są w formie tabeli oraz wykresu, ponadto przedstawione są podstawowe parametry statystyczne.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

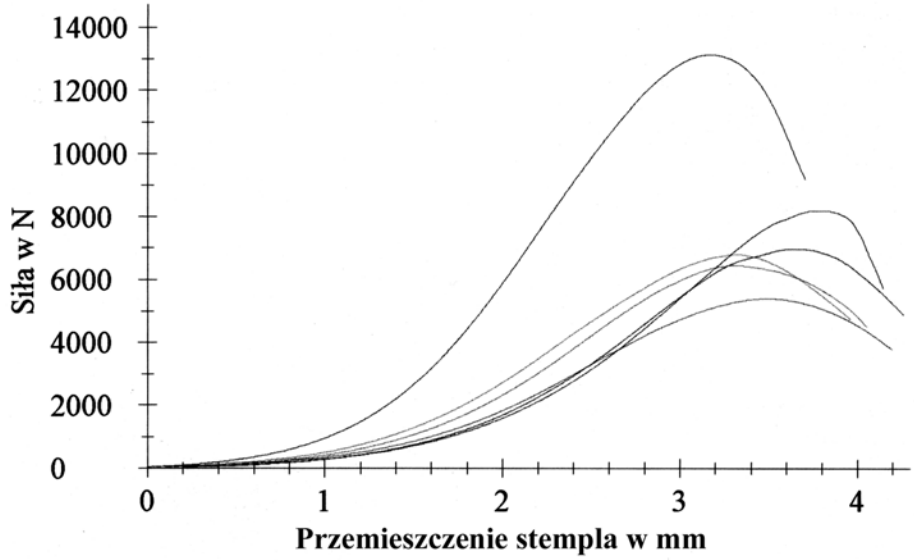
Wyniki badań przedstawiają wpływ wybranych parametrów na właściwości mechaniczne brykietów. Analizowano takie parametry jak: udział biomasy, wilgotność mieszanki biomasy z węglem i lepiszczem, nacisk prasy formującej brykiety oraz czas sezonowania. Przykładowe dane do analiz przedstawiono w tabeli 1 i 2 oraz na rys. 5.

Tabela 1. Wpływ analizowanych parametrów na odporność grawitacyjną na zrzut

Nr próbki	Udział biomasy, %	Wilgotność, %	Nacisk prasy, MPa	Odporność grawitacyjna na zrzut, %
1	20,0	11,5	30,0	82,0
2	20,0	9,6	30,0	90,5
3	20,0	7,5	30,0	95,6
4	20,0	6,3	35,0	99,0
5	20,0	8,0	35,0	98,2
6	25,0	7,4	30,0	91,0
7	25,0	7,9	35,0	96,3

Tabela 2. Wartość siły ściskania niszczącej brykiet w zależności od analizowanych parametrów

Nr próbki	Udział biomasy, %	Wilgotność, %	Czas sezonowania, doby	Maksymalna siła ściskania, kN
1	0,0	6,6	60	1,09
2	25,0	7,4	60	5,20
3	25,0	7,5	20	6,45
4	25,0	8,9	15	5,25
5	20,0	7,9	60	4,80
6	20,0	7,5	20	6,95
7	20,0	7,4	15	5,75



Rys. 5. Przebieg siły ściskania wybranej partii brykietów

Dane przedstawione w tabeli 1 pokazują, że w większości przypadków odporność grawitacyjna na zrzut osiągała wartość powyżej 90%, którą uznano jako wymagane minimum. Odporność ta jest niewystarczająca przy scalaniu materiału o wilgotności powyżej 10%. Stwierdzono, że wilgotność mieszanki powinna zawierać się w granicach od 6 do 9%.

Wysoką odporność brykietów uzyskano stosując nacisk prasy 30 oraz 35 MPa, przy czym przy większej wartości nacisku uzyskuje się większy stopień zgniotu, więc

w efekcie wartości odporności są wyższe. Ma to szczególne znaczenie gdy zwiększymy udział biomasy w brykietach. Dane wskazują, że dla 25%-go udziału biomasy uzyskuje się wyroby o zmniejszonej odporności (jednakże na granicy minimum), natomiast poprzez zwiększenie wartości siły nacisku uzyskuje się wyroby o wysokiej odporności na zrzut.

Zauważono, że w próbach zrzutu grawitacyjnego większą odporność wykazały próbki spadające na powierzchnię zaokrągloną, a mniejszą, gdy spadały na krawędzie lub część płaską. Potwierdza to słuszność konstruowania takiej matrycy i stempla, aby brykiety pozbawione były ostrych krawędzi i płaskich ścian.

Na podstawie danych przedstawionych w tabeli 2 stwierdzono, że brykiety uzyskane z samego węgla posiadają znacznie niższą wytrzymałość na ściskanie od brykietów z dodatkiem biomasy. Stosowanie biomasy wpływa więc na wzrost wytrzymałości mechanicznej brykietów. Analizując uzyskane dane zauważono, że maksymalna wartość siły ściskania jest nieco wyższa dla brykietów z 20%-ym udziałem biomasy, a niższa dla 25%-ego udziału biomasy przy zastosowaniu tej samej siły nacisku prasy (wynoszącej 30 MPa). Uzasadnione jest zatem stosowanie wyższych nacisków prasy w przypadku ściskania materiału zawierającego większy udział biomasy.

Prezentowane w tabeli 2 dane potwierdzają także zasadność sezonowania brykietów. Brykiety sezonowane charakteryzowały się większą wytrzymałością na ściskanie niż świeże. Wyniki badań wskazują, że w okresie trzech tygodni ich wytrzymałość na ściskanie wzrasta, jednak sezonowanie w dłuższym czasie jest niekorzystne. Wyraźne zmniejszenie wytrzymałości na ściskanie występuje po 60 dniach sezonowania brykietów.

Analizując przebieg krzywych pokazanych na rysunku 5 zaobserwowano trzy fazy procesu ściskania brykietów. W początkowej fazie niewielki przyrost siły ściskającej powoduje duże zbliżenie ruchomych szczęk maszyny wytrzymałościowej, pomiędzy którymi znajduje się badana próbka. Spowodowane to jest znaczną porowatością brykietów. W etapie tym występuje proces ściskania, a więc wzajemne zbliżenie drobnoziarnistych składników struktury brykietu. Druga faza procesu charakteryzuje się stopniowym wzrostem siły aż do wartości maksymalnej, gdzie następuje zniszczenie próbki. W ostatniej fazie następuje dalsza destrukcja próbki przy łagodnym zmniejszaniu się wartości siły ściskania. Wynika stąd, że badane wyroby posiadają dobre właściwości plastyczne. Rezultaty badań potwierdzają więc, że zastosowany rodzaj lepiszcza przyczynia się do polepszenia zarówno właściwości mechanicznych jak i plastyczności brykietów.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Opracowana metoda wytwarzania brykietów z węgla i biomasy z dodatkiem melasy jako lepiszcze umożliwia uzyskanie wyrobów o wysokiej jakości ze względu na dużą wytrzymałość mechaniczną. Wykazano, że zwiększenie masowego udziału

biomasy nie powoduje znacznego obniżenia wytrzymałości brykietów. Uzyskanie wysokich wartości odporności na zrzut grawitacyjny oraz wytrzymałości na ściskanie w dużym stopniu zależy od wilgotności mieszanki, nacisków stempla prasy, a także okresu sezonowania brykietów. Stwierdzono, że brykiety wykazują wystarczającą wytrzymałość nawet w postaci świeżej, jednak korzystne jest ich sezonowanie przez okres 2 do 4 tygodni.

Na podstawie wyników badań przedstawiono następujące wnioski:

1. W procesie przygotowania mieszanki do brykietowania istotny jest dobór określonych proporcji składników oraz dosuszenie jej do doświadczalnie wyznaczonego zakresu wilgotności.
2. Dodatek melasy jako lepiszcza istotnie wpływa na wzrost właściwości mechanicznych oraz na zwiększenie plastyczności brykietów.
3. Zwiększenie udziału biomasy wymaga zwiększenia nacisku prasy, wzrasta więc zużycie energii i koszt wytworzenia brykietów.
4. Wyniki badań parametrów wytrzymałościowych potwierdziły możliwość uzyskania brykietów nadających się do wykorzystania przemysłowego.

Piśmiennictwo

1. Borowski G., Kuczmaszewski J.: Utylizacja drobnoziarnistych odpadów metalowych. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2005.
2. Denisiuk W.: Aspekt techniczny i technologiczny zastosowania słomy w energetyce. Sesja naukowa nt. „Perspektywy rozwoju agroenergetyki i technologii energooszczędnych". Wydział Inżynierii Rolniczej AR, Poznań 2006.
3. Gnutek M., Moroń W., Rybak W.: Problematyka zapłonu i współzapłonu węgli i biomasy. Czysta Energia, 09, 2002.
4. Hryniewicz M.: Badania procesów przygotowania drobnoziarnistych odpadów żelazonośnych do recyklingu. Materiały IV Forum Inżynierii Ekologicznej, Nałęczów 2002: 75–83.
5. Kubica K.: Spalanie biomasy i jej współspalanie z węglem – techniki, korzyści i bariery, Mat. z II Seminarium „Czysta i zielona energia – czyste powietrze w woj. śląskim", Katowice 2003.
6. Niedziółka I., Zuchniarz A.: Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. MOTROL, 2006, 8A: 232–237.
7. Ściążko M., Zieliński H.: Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy. Wyd. Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla i Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Zabrze-Kraków 2003.
8. Ściążko M., Zuwała J., Pronobis M.: Zalety i wady współspalania biomasy w kotłach energetycznych na tle doświadczeń eksploatacyjnych pierwszego roku współspalania biomasy na skalę przemysłową. Energetyka, 3, 2006: 207–220.
9. Praca zbiorowa: Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce. Europejskie Centrum Energii Odnawialnej – Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa 2000.

Streszczenie

W publikacji przedstawiono wyniki badań właściwości mechanicznych brykietów węgla kamiennego z biomasą drzewną oraz dodatkiem melasy jako lepiszcza. Opisano właściwości materiału badawczego składającego się z surowców odpadowych. Przedstawiono proces przygotowania materiału do brykietowania obejmujący rozdrobnienie i wymieszanie składników oraz doprowadzenie mieszanki do określonej wilgotności. Badano wpływ wybranych parametrów procesu scalania w prasie stemplowej na właściwości mechaniczne brykietów. Analizowano takie parametry jak: udział biomasy w mieszance z węglem i lepiszczem, wilgotność mieszanki, nacisk prasy formującej oraz czas sezonowania. Wyniki potwierdziły możliwość uzyskania brykietów o wysokiej jakości. Posiadają one odpowiednie właściwości mechaniczne oraz wysoką wartość opałową co kwalifikuje je do wykorzystania w przemyśle energetycznym.

STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES OF COAL-BIOMASS BRIQUETTES

Summary

This publication presents the results of investigations into the mechanical properties of mineral coal briquettes from charcoal and biomass together with molasses as an adhesive. The properties of the material investigated, consisting of raw waste material, are described. The process for preparing the material into briquettes comprised of crumbled and mixed constituents, together with the specific reduction of moisture of the mixture, are presented. The effect of the selected parameters of the consolidation process in the pressing stamp on the mechanical properties of briquettes is investigated. Analysis was made of such parameters as: contribution of the biomass in the mixture of charcoal and adhesive, moisture in the mixture, press pressure on the formation, and seasoning. The results confirm the possibility of utilizing high quality briquettes. They possess mechanical properties and high value combustible fuel which qualifies them for utilization in industrial energy.

Marek M. Janczarek*, A. Bulyandra*

CHARAKTERYSTYKI DYNAMICZNE WPŁYWU ATMOSFERYCZNYCH ZMIAN STRUMIENI CIEPNYCH NA POWIERZCHNIE PRZEGRÓD KOMÓR OBIEKTÓW TECHNICZNYCH

Każdy obiekt budowlany poddany jest wpływom warunków atmosferycznych w postaci okresowo zmieniajacej się temperatury, wilgotności i prędkości wiatru. Ma to zasadniczy wpływ na wewnętrzny mikroklimat komory, w której w zależnośći od jej typu i przeznaczenia, ustalany jest określony reżim cieplny. Uwzględnienie tych zmiennych wpływów, w szczególności temperatury, ma wymierny skutek w postaci oszczędności energetycznych związanych z eksploatacją danego obiektu budowlanego. Modele matematyczne przejścia ciepła przez przegrody pozwalają na analityczne wyznaczenie funkcji przejścia strumieni ciepła dając wyobrażenie o zachowaniu się temperatury na wewnętrznych powierzchniach pomieszczenia. Graficznym odpowiednikiem analitycznego rozwiązania problemu przejścia ciepła przez przegrodę jest zastosowanie środowiska programu Modelica do modelowania fizycznego rozpatrywanego zagadnienia. W Modelice jest możliwe korzystanie z gotowych tzw. bibliotek zawartych w zintegrowanym pakiecie Dymola. W skład pakietu wchodzą podstawowe bezpłatne biblioteki zawarte w Modelice oraz biblioteki komercyjne dostępne w Dymoli.

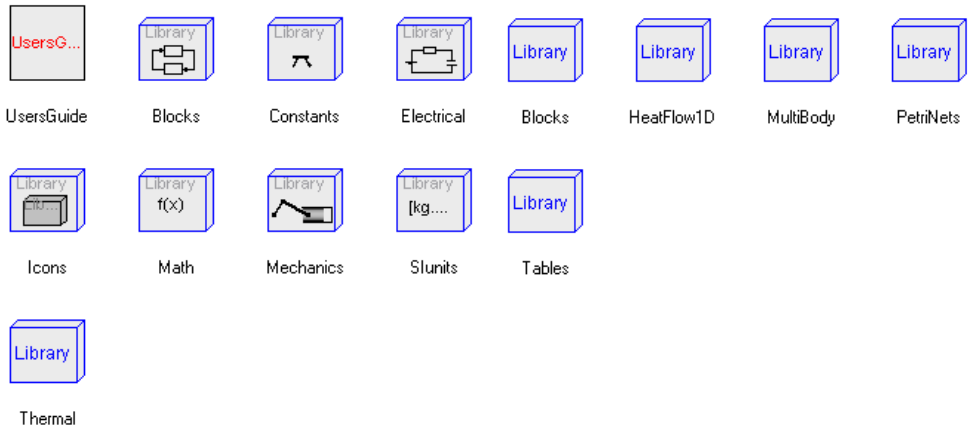
Biblioteki podstawowe zawierają:

- modele mechaniczne,
- modele elektryczne,
- modele termiczne,
- modele wymiany ciepła,
- sieci Petriego,
- elementy matematyczne.

Wykorzystanie powyższych bibliotek daje możliwość modelowania zjawisk zachodzących podczas pracy elementów mechanicznych w trzech wymiarach uwzględniając siły, prędkości i przemieszczenie.

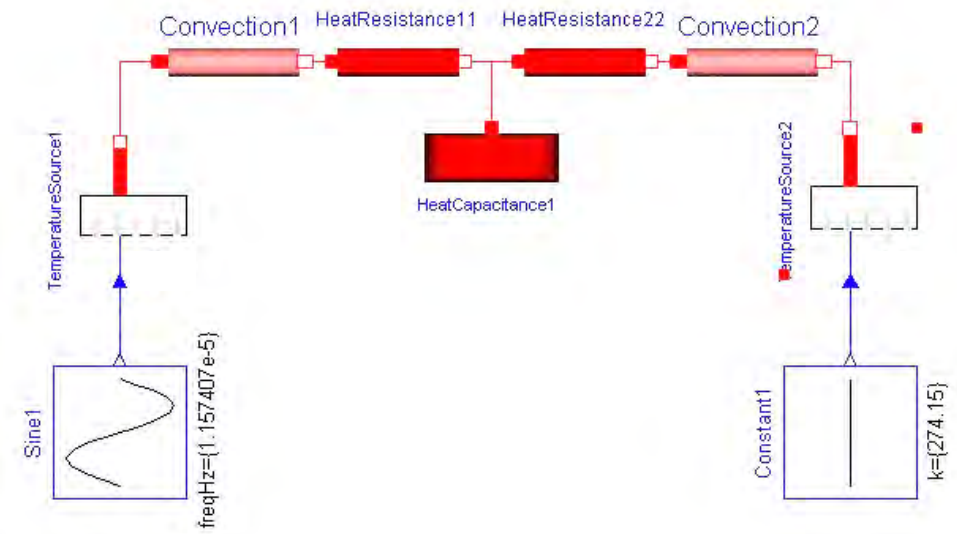
Modele elektryczne umożliwiają budowę i analizę układów elektrycznych zarówno analogowych jak i cyfrowych. Przepływ ciepła opisywany jest poprzez modele jednowymiarowe elementów skupionych.

* Marek M. JANCZAREK, A. BULYANDRA – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.



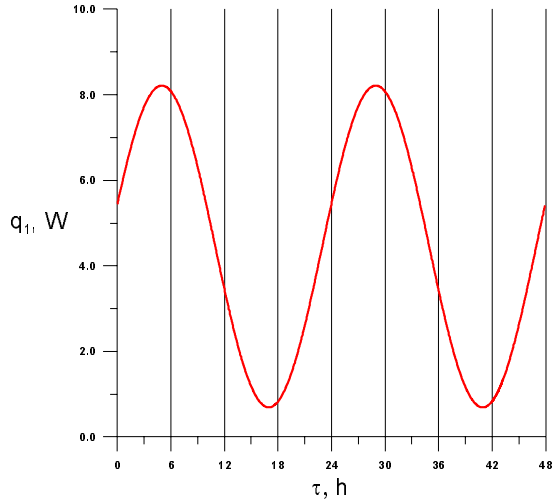
Rys. 1. Biblioteki podstawowe

Na rys. 2 przedstawiony jest schemat blokowy jednorodnej przegrody budowlanej, zbudowanej z dowolnego materiału o znanych własnościach fizycznych. Własności te podane są poprzez gęstość materiału, jego ciepło właściwe oraz współczynnik przewodzenia ciepła, grubość przegrody jak również poprzez współczynniki wnikania ciepła od otaczającego ośrodka do obu powierzchni ściany. Wymienione wartości pozwolą na wyznaczenie rezystancji i pojemności przedstawionego poniżej modelu przegrody. Na wejściu układu wprowadzona jest okresowo zmienna temperatura, na przykład dobowa a na wyjściu utrzymywana jest temperatura na pozimie stałej dowolnie okreslonej wartości.

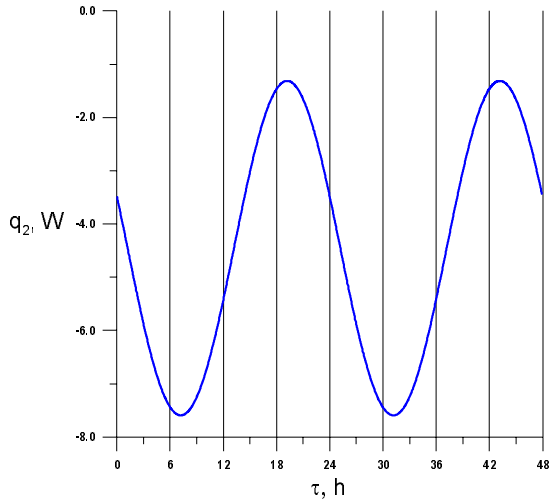


Rys. 2. Schemat blokowy ściany jednorodnej przy wymuszeniu sinusoidalnym

Model ten w sposób plastyczny pozwala wyobrazić sobie analizowaną przegrodę a w rezultacie uzyskać graficzny obraz zachowania się strumienia ciepła na wewnętrznej powierzchni ściany. Dodatkowo otrzymany wykres daje nam możliwość oceny wartości modułu i przesunięcia fazowego strumienia ciepła w rozpatrywanym obiekcie. Moduł ten możemy inetrpretować jako stosunek amplitud sygnałów wyjścia q_2 do amplitud sygnałów wejścia q_1. Przesunięcie fazowe odczytywać możemy bezpośrednio na osi czasu wykresów przedstawionych na rys. 3. i rys. 4. Ponadto wykresy te umożliwiają odczytać na osiach rzędnych moc sygnałów wyjścia i wejścia.



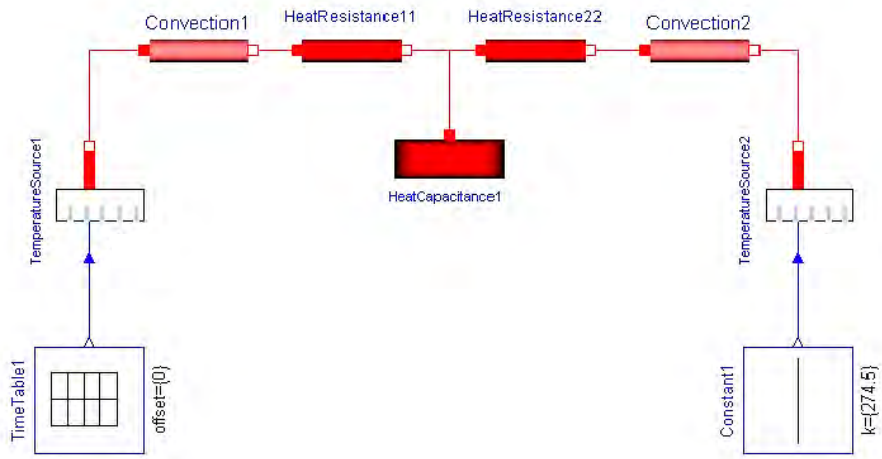
Rys. 3. Przebieg gęstości strumienia ciepła na wejściu układu



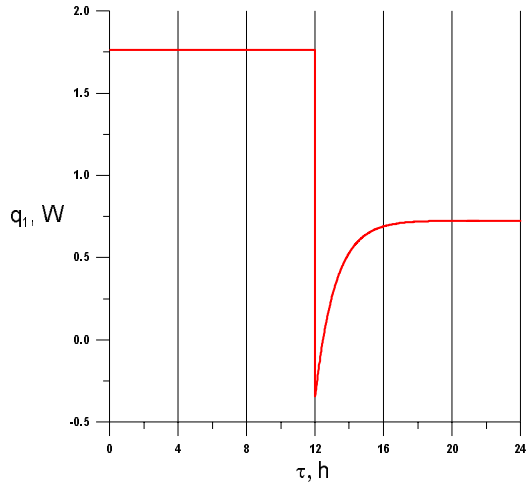
Rys. 4. Przebieg gęstości strumienia ciepła na wyjściu układu

Przedstawiony na rys. 2. model fizyczny możemy wykorzystać do wprowadzenia na wejściu innych sygnałów niż harmonicznych na przykład skokowych. Wówczas schemat będzie miał postać zgodnie z rys. 5.

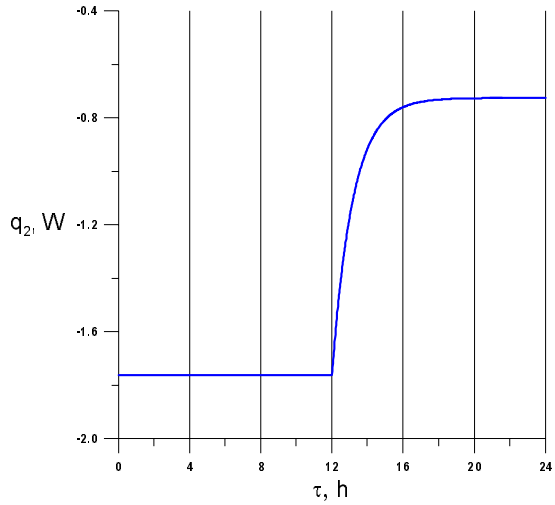
Na rys. 6 przedstawiona jest funkcja skoku jednostkowego na zewnętrznej powierzchni przegrody a na rys. 7 możemy prześledzić zachowanie się układu w odpowiedzi na zakłócenia skokowe. Z przebiegu charakterystyki czasowej na rys. 7 wynika rząd inercyjności – bezwładności systemu ściany zewnętrznej. Pozwala on na odpowiedni dobór urządzeń wykorzystywanych do ogrzwania bądź chłodzenia pomieszczeń komór technicznych



Rys. 5. Schemat blokowy ściany jednorodnej przy wymuszeniu skokowym



Rys. 6. Funkcja skoku jednostkowego strumienia ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody



Rys. 7. Funkcja odpowiedzi skokowej strumienia ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody

Literatura

1. Janczarek M., Skalski P., Bulyandra A., Sobczuk H.: „Przewodność cieplna zewnętrznych ścian budynków w aspekcie wilgotności i oszczędności energii" – Rynek Energii nr 4 (65) sierpień 2006. Kaprint, Lublin 2006.
2. Janczarek M.: Wyznaczanie bilansu cieplnego komór chłodniczych. XII Konf. Nauk.-Techn. Rynek Ciepła 2006 – Materiały i Studia. Kaprint, Lublin 2006.
3. Janczarek M. M.: Energooszczędność eksploatacji obiektów budowlanych w aspekcie zmiennej temperatury atmosferycznej. Rynek Energii nr 1(68) 2007. Kaprint, Lublin 2007.
4. http://www.modelica.org/documents/ModelicaTutorial14.pdf

Streszczenie

W artykule przedstawiona jest nowa koncepcja analizy przejścia ciepła przez ścianę technicznej komory z uwzględnieniem harmonicznego charakteru atmosferycznych zmian temperatury. Sinusoidelne zmiany wielkości wejściowych na zewnętrznej powierzchni przegrody obiektu budowlanego powodują również sinusoidalny charakter zmian na wewnętrznej ścianie pomieszczenia. Wyznaczenie modułu i przesunięcia fazowego transmitancji widmowej pozwoli na optymalny projekt obiektu ze względu na energetyczny aspekt przy jego eksploatacji.

Summary

In this paper some new concept of thermal analysis derived from harmonic character of temperature changes in building environment is presented. The analytical approach seems appropriate to obtain established purposes i.e.: the description of temperature changes and heat transfer within the chamber walls and its gaseous environment. The thesis presents the physical model of heat transfer through chamber walls by means of a mathematical model suitable for sine waveform of internal temperature changes.

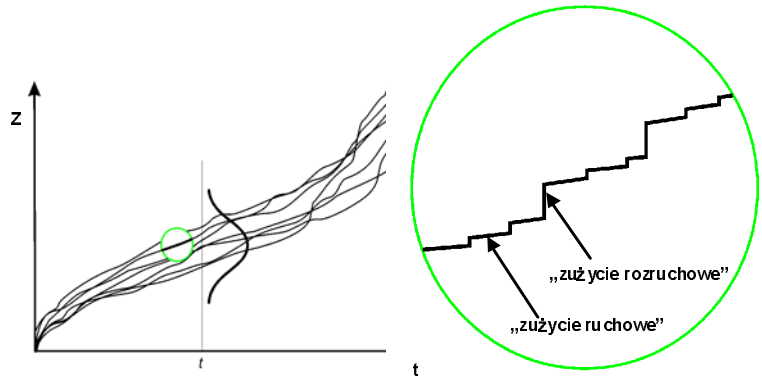
Paweł Kordos*, Piotr Ignaciuk**

ANALIZA ZUŻYCIA TULEI CYLINDROWEJ SILNIKASPALINOWEGO O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM W TRAKCIE DŁUGOTRWAŁEJ EKSPLOATACJI

WSTĘP

W eksploatacyjnym procesie zużycia elementów silnika spalinowego możemy wyróżnić dwa procesy składowe – „zużycie ruchowe" wynikające z ciągłej pracy silnika, oraz „zużycie rozruchowe" występujące w trakcie rozruchu silnika [3, 5]. Modelowy przebieg zużycia przedstawiono na rysunku 1.

Na przebieg zużycia podczas eksploatacji ma wpływ bardzo wiele czynników. Należą do nich czynniki określające warunki prowadzenia eksploatacji pojazdu (zużycie dwóch takich samych pojazdów eksploatowanych w różnych warunkach jest inne nie tylko, co do wartości, ale również, co do charakterystyki przebiegu) [4,6]. Ważne jest, więc określenie temperatur pracy silników, liczby rozruchów, temperatur rozruchów, prędkości obrotowych wału korbowego, położenia organu sterującego oraz parametrów rozruchu. Na podstawie tych danych i wyników pomiarów zużycia przeprowadza się analizę obciążeń eksploatacyjnych silnika w pojeździe. Określenie zuży-



Rys. 1. Modelowy przebieg zużycia eksploatacyjnego w czasie [5]

* Paweł KORDOS – Katedra Podstaw Techniki, Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.
** Piotr IGNACIUK – Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.

cia pozwala na wyznaczenie intensywność eksploatacyjnego zużywania elementów silnika [1]. Na tej podstawie można dokonać predykcji zużycia w czasie oraz chwili osiągnięcia przez obiekt granicznej wartości zużycia. Ograniczeniem tego rodzaju predykcji jest możliwość jej zastosowania tylko do danego modelu silnika eksploatowanego w podobnych warunkach.

OBIEKT BADAŃ

Obiektami badań eksploatacyjnych zużycia były silniki 4CT90 montowane w samochodach dostawczych Lublin. Są to turbodoładowane silniki o zapłonie samoczynnym, chłodzone cieczą, z pośrednim wtryskiem paliwa do komory wirowej umieszczonej w głowicy.

Silnik 4CT90 posiada 4 cylindry w układzie rzędowym, pionowym. Pojemność skokowa badanego silnika wynosi 2417 cm^3, a stopień sprężania równy jest 20,6. Silnik posiada obiegowy układ smarowania ciśnieniowo-rozbryzgowy, w którym olej podawany jest pod ciśnieniem 0,1÷0,5 MPa. Silnik wyposażony jest w rzędową pompę wtryskową z wielozakresowym odśrodkowym regulatorem obrotów oraz automatycznym przestawiaczem kąta wtrysku. Silnik jest chłodzony płynem w układzie o przymusowym obiegu, wymuszanym pompą wirnikową. Znamionowa moc badanego silnika wynosi 66 kW przy znamionowej prędkości obrotowej równej 4100 obr/min. Maksymalny moment obrotowy występuje przy 2500 obr/min i wynosi 195 Nm. Minimalne jednostkowe zużycie paliwa wynosi 295 g/kWh

Rys. 2. Widok samochodów LUBLIN III wyposażonego w silnik 4CT90

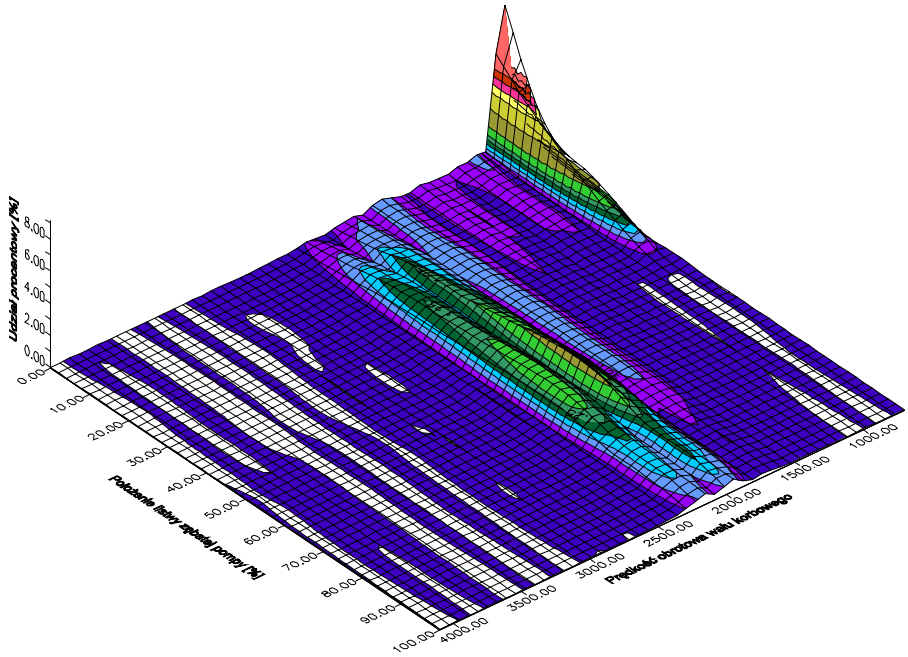
METODYKA BADAŃ

Badania identyfikacyjne

Badane pojazdy wykorzystywane były przez Zakład Transportu Samochodowego Poczty Polskiej i wykonywały przejazdy na siedmiu stałych trasach w powiecie lubelskim.

Średni dzienny przebieg pojazdów wynosił 240 km a roczny około 55000 km. W samochodach montowano specjalnie zbudowane urządzenie rejestrujące, w skład, którego wchodziły: moduł centralny rejestratora oraz czujniki temperatury cieczy chłodzącej i oleju, czujnik przemieszczeń liniowych, czujnik ciśnienia oleju smarującego oraz czujniki liczby obrotów wału korbowego silnika i wału napędowego pojazdu. Mierzone parametry były zapisywane w pamięci urządzenia. Na podstawie doświadczeń zdobytych we wcześniejszych badaniach eksploatacyjnych mierzono i rejestrowano następujące parametry: czas włączenia zasilania w układzie elektrycznym pojazdu, liczbę obrotów wału korbowego silnika, liczbę obrotów wału napędowego pojazdu, ciśnienie oleju smarującego, temperaturę oleju smarującego, temperaturę płynu chłodzącego, położenia listwy zębatej pompy wtryskowej.

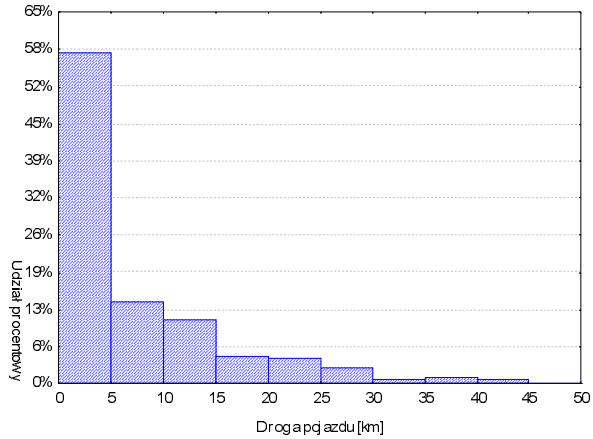
Uwzględniając zarejestrowane podczas badań eksploatacyjnych położenie listwy zębatej opracowano tzw. gęstości czasowe pracy silnika. Na rysunku 3 przedstawiono wykres gęstości czasowej pracy silników w całym okresie badań.



Rys. 3. Warunki pracy badanych silników 4CT90 w trakcie eksploatacji

Na wykresie można zauważyć, że najczęściej występującą prędkością obrotową wału korbowego silnika jest prędkość odpowiadająca maksymalnemu momentowi obrotowemu silnika (1950–2250 obr/min). Pomimo, że pojazdy eksploatowano na trasach pozamiejskich (90% przejazdów), to udział pracy silnika na biegu jałowym (około 800 obr/min) stanowi ponad 21%.

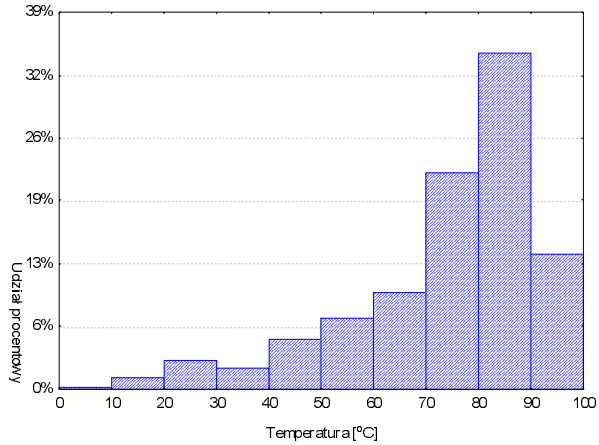
W trakcie badań eksploatacyjnych rejestrowano także chwile rozruchów silnika i parametry określające stan silnika w trakcie rozruchu. Na rysunku 4 przedstawiono wykres gęstości rozkładu drogi przejechanej po uruchomieniu silnika 4CT90 dla badanych samochodów LUBLIN.



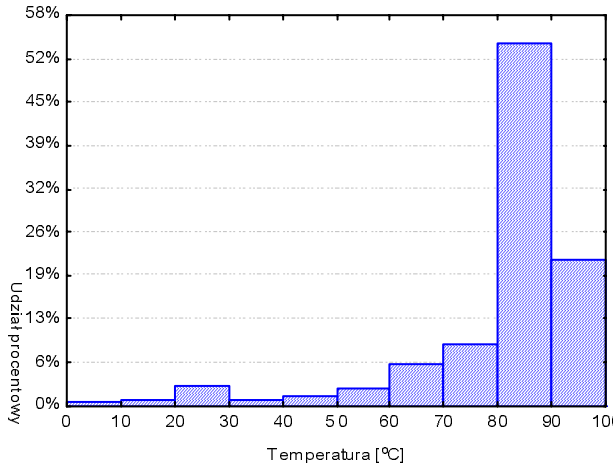
Rys. 4. Gęstość rozkładu drogi przejechanej przez samochód po uruchomieniu silnika 4CT90

Na wykresie (rys. 4) można zauważyć, że średni przebieg między kolejnymi rozruchami wynosił 6,2 km.

W trakcie badań mierzono również temperatury płynu chłodzącego i oleju smarującego silnik w chwili rozruchu i w trakcie pracy silnika. Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono gęstość rozkładu temperatur płynu chłodzącego i oleju smarującego silnik w chwili rozruchu silnika.



Rys. 5. Gęstość rozkładu temperatur oleju w chwili rozruchu silnika 4CT90



Rys. 6. Gęstośc rozkładu temperatur płynu chłodzącego w chwili rozruchu silnika 4CT90

Analizując wykresy z rysunków 5 i 6 należy stwierdzić, że 66% realizacji rozruchów silnika odbywa się przy temperaturze oleju 70–90°C oraz przy temperaturze płynu chłodzącego 76–88°C.

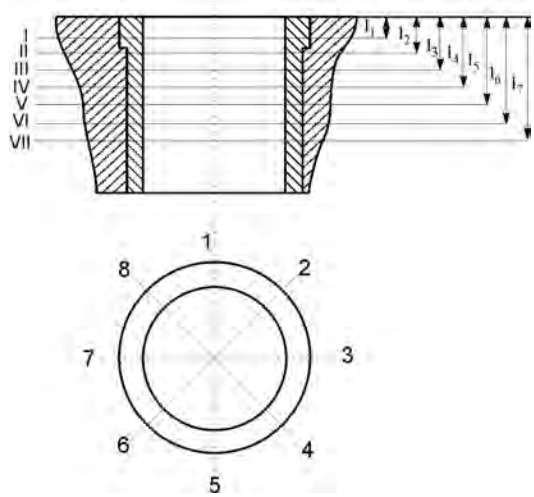
Podsumowując należy stwierdzić, że rozruch badanych silników odbywa się średnio, co 6,2 kilometrów przebiegu. Średni czas nieprzerwanej pracy silnika nie przekracza 8,5 min. Występują krótkie postoje pojazdu z wyłączonym silnikiem. Średni czas postoju wynosi 10,8 minut. Pomimo małych wartości czasu nieprzerwanej pracy i porównywalnych przerw w funkcjonowaniu silnika, obserwuje się znaczy udział rozruchów o temperaturach powyżej 70°C. Przyczyną tego faktu jest duża bezwładność cieplna silnika umożliwiająca utrzymanie mu stabilnej temperatury w sytuacji, gdy przerwy w pracy silnika nie są zbyt długie (stąd 66% realizacji rozruchu silnika odbywa się przy temperaturze oleju 70–90°C i temperaturze płynu chłodzącego 70–88°C).

Badania eksploatacyjne zużycia

Badania eksploatacyjnego zużycia zespołu TPC silnika ograniczono do oceny stanu zużycia tulei cylindrowych.

Pomiary prowadzono zgodnie z normą BN-79/1374-04. Pomiar średnicy wewnętrznej cylindra przeprowadzano w czterech kierunkach – równoległym (1-5) do osi wału korbowego, prostopadłym (3-7) oraz pod kątem 45° do osi wału korbowego (2-6, 4-8). Ponadto na każdym czterech kierunków dokonano pomiaru w ośmiu płaszczyznach, zwanych również poziomami (I÷VIII). Liczność pomiarów wpływa na zmniejszenie wartości błędu oraz pozwala na określenie profilu zużycia gładzi cylindrowych. Sposób dokonywania pomiarów przedstawia rys. 7.

Do pomiaru średnic cylindrów silnika 4CT90 po długotrwałej eksploatacji samochodu Lublin zastosowano elektroniczną średnicówkę mikrometryczną typu CBGD030



Rys. 7. Położenie punktów pomiarowych na powierzchni cylindra silnika (od górnej krawędzi cylindra): poziom I – 18 mm, II – 26 mm, III – 34 mm, IV– 44 mm, V – 54 mm, VI– 64 mm, VII – 74 mm, VIII – 82 mm

o zakresie pomiarowym 50÷150 mm. Posiada ona elektroniczny wyświetlacz umożliwiający bezpośredni odczyt odchyłki pomiarowej. Dokładność pomiaru wymiaru liniowego tą średnicówką wynosi 1 μm. Jednak całkowity błąd wyznaczenia zużycia jest większy i wynika z uwzględnienia błędów obydwu pomiarów, a także ze zmienności warunków prowadzenia pomiarów (głównie temperatury). W celu uzyskania dużej dokładności ustawienia końcówek pomiarowych średnicówki w obydwu pomiarach, zastosowano odpowiedni szablon. Wykonane w nim otwory odpowiadają kolejnym płaszczyznom pomiarowym (rys. 8).

Zużycie obliczono jako różnicę pomiędzy zmierzonym wymiarem wewnętrznej średnicy tulei, a jej wymiarem nominalnym na na podstawie wzoru:

$$d_i = d_{xp} - d_{x0} \qquad (1.1)$$

Rys. 8. Średnicówka elektroniczna wraz z szablonem użytym do pomiarów średnic cylindra

gdzie: d_i – wartość i-tego pomiaru zużycia tulei cylindrowej (przyrost wewnętrznej średnicy) [mm]

i = 1,2,3 .... n – n oznacza numer pomiaru w wybranym punkcie powierzchni gładzi cylindra

d_{x0} – wartość wymiaru nominalnego wewnętrznej średnicy tulei 90,052 na poziomie pomiarowym x = I,II,...,VII [mm],

d_{xp} – wartość wymiaru średnicy wewnętrznej tulei na poziomie x po określonym przebiegu eksploatacyjnym samochodu [mm].

Wartość średnią zużycia obliczono ze wzoru:

$$\overline{d} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} d_i \tag{1.2}$$

Odchylenie standardowe przyrostu wewnętrznej średnicy tulei obliczono ze wzoru:

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(d_i^2 - \overline{d}^2\right)} \tag{1.3}$$

Błąd standardowy obliczono ze wzoru:

$$\delta_d = \sqrt{\frac{\sigma_d^2}{n}} \tag{1.4}$$

Medianę zużycia tulei cylindrowych obliczono ze wzoru:

$$m_e = \frac{1}{2} \cdot \left(d_{(n/2)} + d_{((n/2)+1)}\right) \tag{1.5}$$

Współczynnik zmienności obliczono ze wzoru:

$$\nu = \frac{\sigma_d}{\overline{d}} \cdot 100\% \tag{1.6}$$

WYNIKI BADAŃ

Oceny zużycia dokonano dla pięciu silników 4CT90 po długotrwałej eksploatacji w pojazdach. Silniki badano przy przebiegach eksploatacyjnych wynoszących odpowiednio: 215852, 311578 oraz 362520 km- dla pierwszego silnika, 247123 km – dla drugiego silnika, 367523 km dla trzeciego silnika, 179593 km – dla czwartego silnika oraz 312620 km dla silnika piątego.

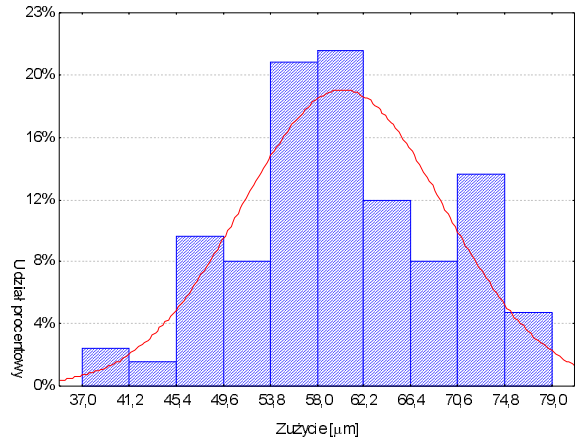
W tabeli 1 przedstawiono parametry statystycznego rozkładu zużycia eksploatacyjnego, dla wszystkich tulei badanych silników, obliczone według wzorów (1.1) – (1.6). W tabeli 2 przedstawiono średnią intensywność zużywania tulei cylindrowych badanych silników 4CT90 przeliczoną na przebieg pojazdu 10000 km. Na rysunku 9 przed-

Tabela 1. Parametry statystycznego rozkładu zużycia eksploatacyjnego tulei cylindrowych silnika 4CT90

Silnik nr	Liczność próby m_z	Wartość średnia ž [μm]	Wariancja Var(z) [μm^2]	Odchylenie standardowe σ_d [μm]	Błąd standardowy δ_d [μm]	Mediana m_e [μm]	Moda [μm]	Wsp. zmienności v [%]	Wart. min. [μm]	Wart. max. [μm]
1a	128	41,93	38,78	6,23	0,55	41,00	wielokr.	14,85	30	56
1b	128	18,25	16,02	4,00	0,35	18,50	18,00	21,93	2	26
1c	128	9,77	30,68	5,54	0,49	9,00	9,00	56,67	0	31
2	128	48,88	62,87	7,93	0,70	49,00	wielokr.	16,22	28	64
3	128	68,93	38,78	6,23	0,55	68,00	wielokr.	9,03	57	83
4	128	34,93	38,78	6,23	0,55	34,00	wielokr.	17,83	23	49
5	128	60,18	81,30	9,02	0,80	59,50	59,00	14,98	37	79

Tabela 2. Średnia intensywność zużywania tulei cylindrowych silnika 4CT90 na 10000 km

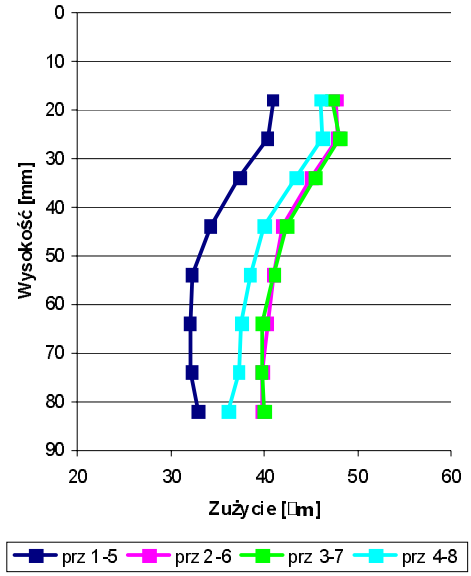
Silnik nr	Wartość średnia $\overline{I_v}$ [μm/10^4 km]	Odchylenie standardowe σ_{Iv} [μm/10^4 km]
1a	1,94	0,16
1b	1,97	0,23
1c	1,92	0,28
2	1,98	0,16
3	1,97	0,16
4	1,94	0,16
5	1,92	0,34



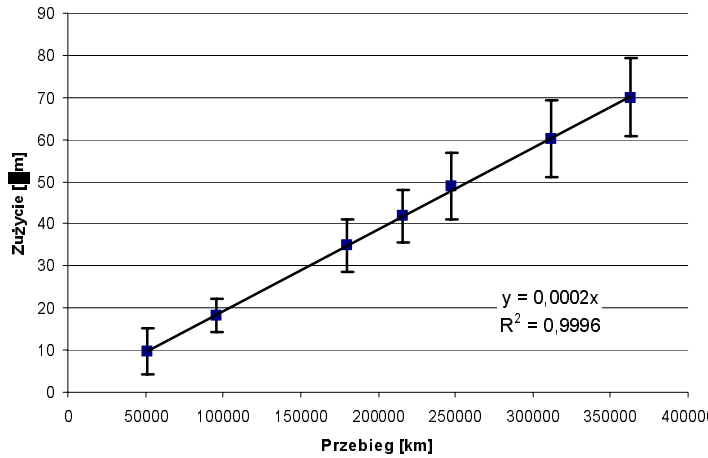
Rys. 9. Histogram rozkładu wartości zużycia tulei cylindrowych po długotrwałej eksploatacji

stawiono histogram rozkładu średniego zużycia tulei cylindrowych badanych silników po długotrwałej eksploatacji.

Na rysunku 10 przestawiono profil średniego zużycia tulei cylindrowej wybranego silnika po przebiegu eksploatacyjnym rzędu 400000 km. Na wykresie 11 przedstawiono przebieg zużycia tulei cylindrowych badanych silników w funkcji przebiegu eksploatacyjnego pojazdu.



Rys. 10. Średnie zużycie czterech tulei cylindrowych dla pięciu badanych silników na poszczególnych wysokościach pomiarowych i kierunkach po długiej eksploatacji



Rys. 11. Przebieg zużycia tulei cylindrowych badanych silników w funkcji przebiegu eksploatacyjnego pojazdu.

WNIOSKI

1. Niewielka intensywność zużywania cylindrów świadczy o poprawnej konstrukcji zespołu TPC, prawidłowo dobranych materiałach, a także właściwie opracowanej i przeprowadzonej technologii wykonania silnika 4CT90. Małe wartości zużycia gładzi cylindrowych wskazują również na prawidłową eksploatację badanego silnika.
2. Największa wartość średniego zużycia gładzi cylindrowych występuje na progu ogniowym (poziom I). Wraz ze zwiększaniem wysokości pomiarowej, maleje średnia intensywność procesu zużywania gładzi cylindra, co wiąże się głównie ze zmniejszaniem temperatury współpracy pary tribologicznej.
3. Największe średnie wartości zużycia występują na kierunku pomiarowym 3-7 (prostopadłym do osi wału korbowego), co spowodowane jest wzajemnym oddziaływaniem siły normalnej oraz temperatury ścianki cylindra. Natomiast kierunek 1-5, równoległy do osi wału korbowego, wykazuje najmniejsze wartości średniego zużycia. W wyniku takiego zużywania gładzi cylindrowej następuje owalizacja tulei cylindrowych.
4. Średnia wartość intensywności zużycia tulei cylindrowej dla badanych silników wynosiła 1.96 μm/10000 km.
5. Maksymalne wartości zużycia tulei cylindrowej zaobserwowano w silniku 3.
6. Maksymalną intensywność zużycia tulei cylindrowej odnotowano dla silnika 2.
7. Zużycie zmierzone podczas badań eksploatacyjnych silników można aproksymować rozkładem normalnym.

Literatura

1. Chłopek Z. Danilczyk W. Kruczyński S.: Analiza stanów pracy silnika w warunkach eksploatacji trakcyjnej. Journal of KONES'97, Bielsko-Biała 1997.
2. Ignaciuk P.: Metoda badania wpływu wybranych czynników technologicznych na trwałość eksploatacyjną silników spalinowych o zapłonie samoczynnym. Rozprawa Doktorska, Politechnika Lubelska, Lublin 1998.
3. Kordos P.: Stanowiskowa metoda badań niezawodności samochodowego silnika o zapłonie samoczynnym. Praca Doktorska, Politechnika Lubelska, Lublin 2005.
4. Liščák Š., Droździel P., Kordos P.: Test-stand reliability evaluation under the operational research of the vehicle. Studies of Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications of University of Transport and Communications in Žilina, vol. 19, University of Žilina, Slovak Republic, 2003, s. 107–112.
5. Niewczas A., Koszałka G.: Niezawodność silników spalinowych – Wybrane zagadnienia. Wydawnictwa Politechniki Lubelskiej, Lublin 2003.
6. Niewczas A., Droździel P., Kordos P.: Typical Operating Conditions Of the Diesel Engine in a Small Payload Truck, Proc. 5th European Conference of Young Research and Science Workers in Transport and Telecomunications TRANSCOM 2003 (Słowacja), str. 121–124.

Streszczenie

Zużycie tulei cylindrowej stanowi główny parametr decydujący o stanie technicznym silnika i możliwości jego dalszej eksploatacji w pojeździe. Ważnym zagadnieniem jest interpretacja wyników pomiarów uzupełniona o analizę warunków pracy silnika. Uzyskane na tej drodze wyniki pozwalają na odwzorowanie eksploatacji silnika w warunkach badań laboratoryjnych i modelowych oraz są pomocne przy projektowaniu nowych konstrukcji silników [2, 3]. Poznawcze aspekty badań eksploatacyjnych uzasadniają ich prowadzenie pomimo wielkiej czasochłonności i kosztowności tych badań.

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia związane ze zużyciem tulei cylindrowej silnika spalinowego z zapłonem samoczynnym w trakcie jego eksploatacji w pojeździe. Przedstawiono wyniki długotrwałych eksploatacyjnych badań zużycia tulei cylindrowej pojazdów użytkowanych w przedsiębiorstwie transportowym.

ANALYSIS OF CYLINDER LINER WEAR OF INTERNAL COMBUSTION DIESEL ENGINE DURING LONG-LASTING OPERATION

Summary

The cylinder liner is a representative component of the engine construction and its wear can be an indicator of boundary technical conditions of the engine and of necessity of withdrawal from operation. Some long-lasting investigations have been carried out to determine this wear of engines mounted in vehicle during supervised maintenance [2, 3]. Operational research can be carried out: in normal conditions of operation, in conventional conditions of operation, in conditions reconstructing normal operation conditions.

This article introduced the chosen problems of cylinder bore wear obtained during long operating researches, and results of investigations of cylinder bore wear.

Jerzy Józwik*, Marek Łukasz*

CHIP FORMATION AIDED BY HIGH PRESSURE CUTTING-TOOL LUBRICANT DURING TURNING

INTRODUCTION

The construction of a tool has important influence on the mechanism of cutting layer division, its transformation into a chip and on many phenomena assisting cutting process. It is thought that a chip is a waste and it has no utilitarian use. But in context of numerically controlled machine-tools (CNC) and machines with automatic tools' exchange, one, long chip is not the best solution. This long chip can cause the damage of a surface of a workpiece – it curves around a cutting tool. Also the switching of a tool can be difficult and a chip can be dangerous for a user [1, 2].

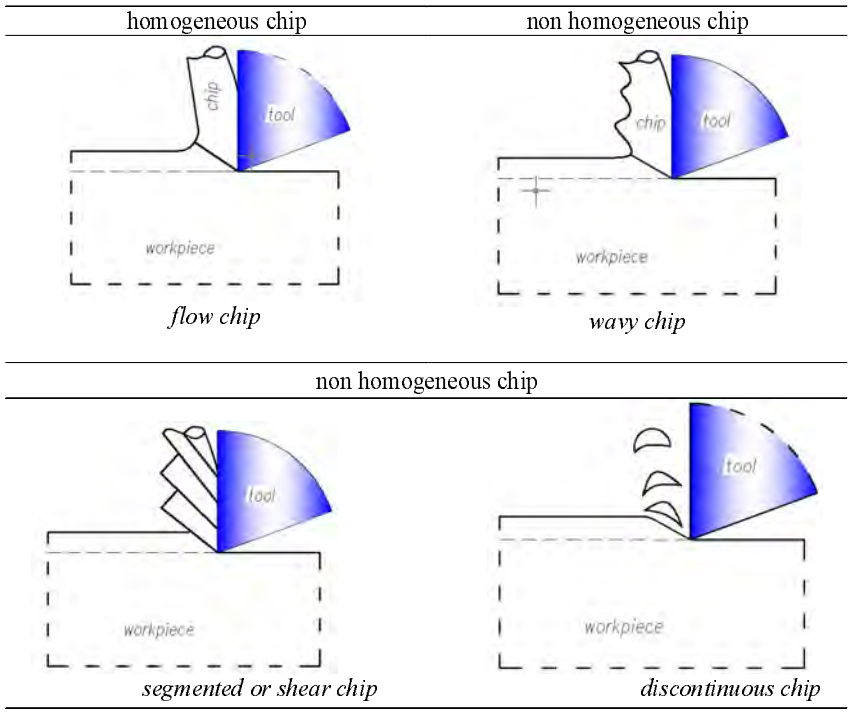


Fig. 1. Some of chip shapes in cutting

* Jerzy JÓZWIK, Marek ŁUKASZ – Department of Production Engineering, Mechanical Engineering Faculty, Lublin University of Technology.

The literature [2] proves that the knowledge of the shape of a chip is significant in view of work safety. What is more, the shape of a chip changes many times when cutting on CNC machines is constant and only the parameters, not a tool, are changed [1]. So, effective methods of the influence of a chip shape are demanded. Classic methods of chip disintegrating are impossible to implement in CNC machines [1-9]. In this case, correction of steering programs is necessary. The shape of a chip is also significant when we use HSC High Speed Cutting ($v_c \uparrow$) and HPC High Productive Cutting ($v_f \uparrow$) [8-9]. Then, thick layers of a material are removed very quickly – even 80% to 90% of a semi-finished products when we consider matrixes – and the quantity of chips increase. Continuous chip takes a lot of space [2, 9]. This kind of a chip causes problems with its removing from cutting zone [15]. The mechanism of forming a chip and its impact on the process of cutting is the subject of research in many science centers around the world [1-15].

METHODES OF IMPACT ON A SHAPE OF A CHIP

Most common methods of impact on a shape of a chip are those which base on separating a chip into regular or irregular pieces. The methods to obtain irregular pieces (which vary in length) are those techniques which base on proper cutting conditions: depth of cut (a_p), rate of feed (f), shape, geometry and construction of cutting tool's edge and chemical constitution of a workpiece. The methods, which allow for division of a chip into fixed-length segments are: toothed-roller burnishing of surface layer, burn-through of a chip by electrical impulses, stopping the feed, generating forced vibrations (to 200 Hz), usage of self-excited vibrations [10]. Some of these methods consume a lot of time and money and influence the shape and size of a workpiece negatively [10-15]. It is stated that the range of usage of that methods is limited (despite the stopping of feed during drilling and using proper geometry of cutting tool's edge), some of them also need implication of inefficient speed of cutting and feed which are often unacceptable in view of cutting process. What is more, most of the methods are unreliable. It is also proved by research that improper form of a chip can cause faster consumption of a cutting tool edge and its durability [1-15].

SIGNIFICANCE OF CUTTING FLUID IN PROCESS OF SHAPING A CHIP

It is scientifically proved that a chip can be a source of important information about phenomena which are present during cutting process [15]. Because of this, a chip is often used to monitor the process of cutting [1, 6]. In context of modern tool materials and parameters of cutting process, a chip absorbs maximal quantity of hest which is generated during cutting. Also a cutting lubricant absorbs part of this heat as a result of convection phenomena. Of course it is not necessary to use a lubricant during cutting process (Dry Machining) [6, 13]. Cutting process with the usage of cutting fluid can take

place with normal, high or very high pressure. The method of implying of this fluid into the cutting zone have important impact on a chip shape. Gravitational implication of a fluid is replaced by implication by pressure (for example 1,5–2 MPa with tough materials). The stream of cutting fluid can be pointed at a chip which goes down the surface of working tool (figure 2a), on touching surface of a workpiece (figure 2b) or on the surface of advance between a chip and this surface (figure 2c) [2].

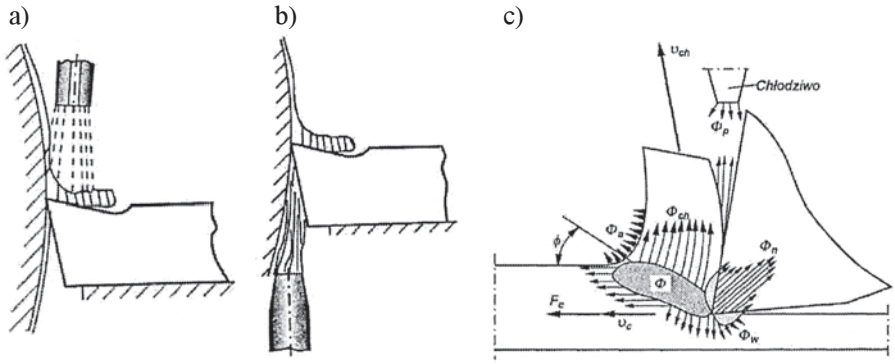


Fig. 2. Typical implementation of cutting-tool lubricant into the cutting zone: a) cutting fluid pointed at a chip which goes down the surface of working tool, b) on touching surface of a workpiece, c) on the surface of advance between a chip and this surface

Modern CNC cutting tools are more often equipped with high pressure fluid implication where the pressure equals 0.7÷10 MPa (cutting and turning centres like in Mazak Company – Integrex 200-IV ST, multi-task devices) and with very high pressure equal 10÷100 MPa (vertical turning lathes, for example Bertiez Co., Carnigi Co., D&G Technology Co., Toshulin Co., Phoenix Co.), multi-task cutting tools (for example WFL), etc. In real conditions, for the classical mode of implication of cutting-tool lubricant, the liquid influence only the minimal area of a tool edge.

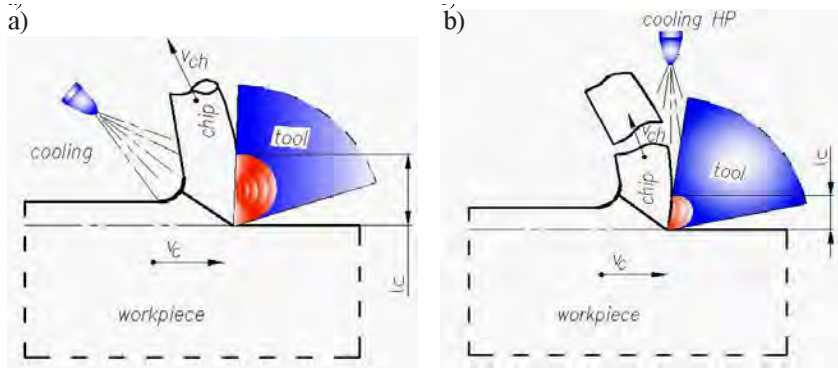


Fig. 3. The influence of a fluid on a length of chip and tool contact and the area of heat affect: a) classical implication of cutting-tool lubricant, b) high pressure implication between a chip and advancing zone

The usage of cutting fluids causes the reduction of temperature of the tool and the workpiece. The effects are: a product is more precise, the surface is more accurate, the blade is more durable, the friction, strength and power of cutting is lower, chips are removed more easily, the build-up is stopped, the workpiece and the cutting tool are protected against corrosion. The disadvantages are: pollution and high costs – of purchase, maintenance, vapors removal, filters, etc. What is more, legal regulations restrict the usage of cutting-tool lubricants [2, 6, 10].

TOOL SYSTEM TO WORK WITH HIGH PRESSURE CUTTING-TOOL LUBRICANT

The example of usage high pressure cutting fluid during turning is CoroTurn HP system with Coromant Capto C5-PCLNL-35060-12HP (figure 4). This system was designed by Sandvik Coromant and thanks to it we can use new technologies of cutting with a tool which is constructed in a way that the lubricant can flow by the holder, head or spindle and direct the lubricant precisely onto heat source. Here we should mention that it is not possible when we use traditional shank tools. The CoroTurn HP system was designed to increase the range of possibilities of cutting with high pressure lubricant. The lubricant is delivered by the tool to small, narrow and precise exhaust nozzles (d=1mm) and it is aimed at specified points in the plate of a cutting tool (figure 4b).

a) b) c)

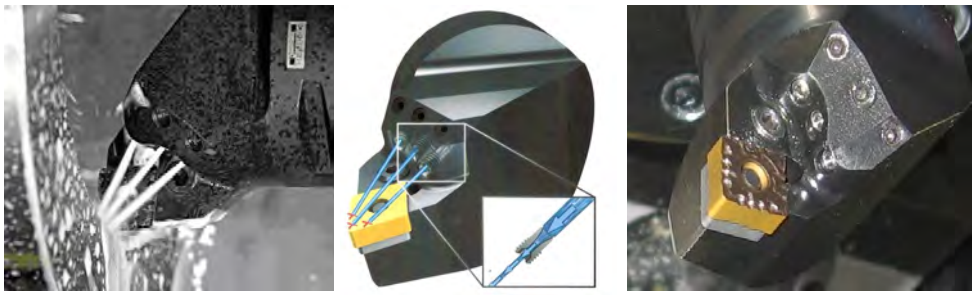


Fig. 4. CoroTurn HP system by Sandvik Coromant Co. [15]

The exhaust nozzles are placed near the edge of cutting plate (figure 4b). This placing allows the lubricant stream of lower pressure to be fastened and it not collides with the exchange of the plate. The stream of the lubricant is precisely directed (figure 5b) and it creates the ”extendible hydraulic wedge *p*” (figure 5a, b) which is created between the surface of advance and the bottom surface of a chip. This wedge assists in chip fracture by chip extension. The forces of wedge influence cause the lifting of a chip and its decohesion is faster. Also, the wedge provides intensive and efficient cooling in the area of chip – tool contact and fast removal of chips from the cutting zone.

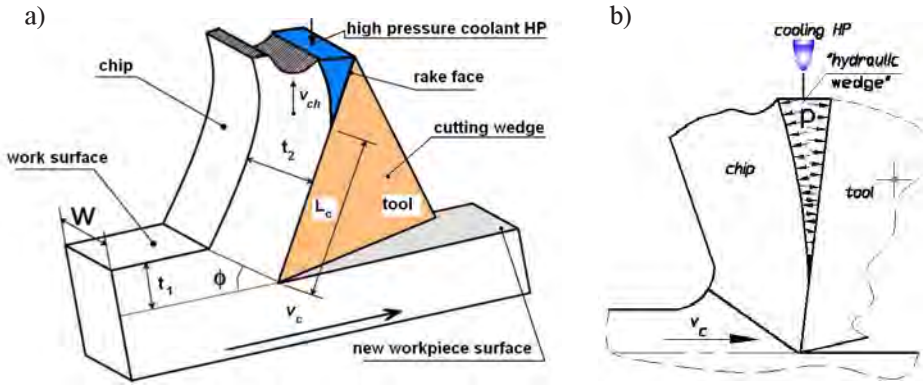


Fig. 5. "Hydraulic wedge" of cutting-tool lubricant which assist in process of chip fracture

The research [15] show that overcoming of difficulties connected with improper shape of a chip can bring economic advantages. The lowering of volume which is taken by the chips disintegrated during the cutting process leads to shortening the time needed to remove them. The volume of disintegrated chips equals even 80% of one long chip. Some sources [10] say that the time needed to remove disintegrated chips of specified volume is 2-4 times shorter than removal of the long ones of the same volume.

CoroTurn HP can be used on every cutting-tool equipped with high pressure lubricant implement system. The system can be also used when we consider tools which have Coromant Capto clamping. Coromant Capto junction allows coolant delivery through the head or spindle. CoroTurn HP with Coromant Capto is used mostly on multi-task cutting-tools, vertical lathes (VLT) and turning centres and it provides optimal chip removal and safety which is necessary in self-acting production.

Thanks to lowering the temperature in cutting zone, speeding of cutting is possible. That results in shortening the time of cutting. Also productivity increases in comparison to conventional methods of lubricant implementation. For rough cutting of tough materials, speed increase can equals 20–50%.

RESTRICTIONS OF HP USAGE

The methods of high pressure cutting fluid implementation, between the surface of advance and a chip, have some restrictions. These restrictions come from the necessity of using the tools of specified construction, mainly the tool holder. These tools need precise exhaust nozzles associated with tool posts witch allow the presence of high pressure and its correct directing. Additional requirement for cutting-tools is productivity of pumps which allow to obtain and maintain of these pressures. High pressure of cutting-tool lubricant as the assistance factor of disintegration of a chip causes the splashing of this fluid. So, the construction of the cutting-tool have to be compact, hermetic and restricted. Another restriction is also the sensitivity of sintered

carbides on thermal shocks (cutting plate fractures) and cutting of some materials like for example magnesium alloy (presence of water can cause self-ignition), bronze, plastic and cast iron (the soil of a cutting-tool). Also ecological issues, industrial safety and utilization of fluids may be another restrictions.

METHODOLOGY AND RANGE OF EXPERIMENTAL RESEARCH

The goal of these research was to evaluate the quality of the influence of high pressure of cutting-tool lubricant on a shape of a chip. The research were carried out on the example of turning process on the turning centre of Mazak Company – Integrex 200 IV ST (figure 6). This turning center is optionally equipped with high pressure fluid implementation system. The subject of the research was the shape of a chip created in changeable conditions during cutting various constructional materials. The specimens were made in shape of stepped cylinder of specific geometry.

a) b)

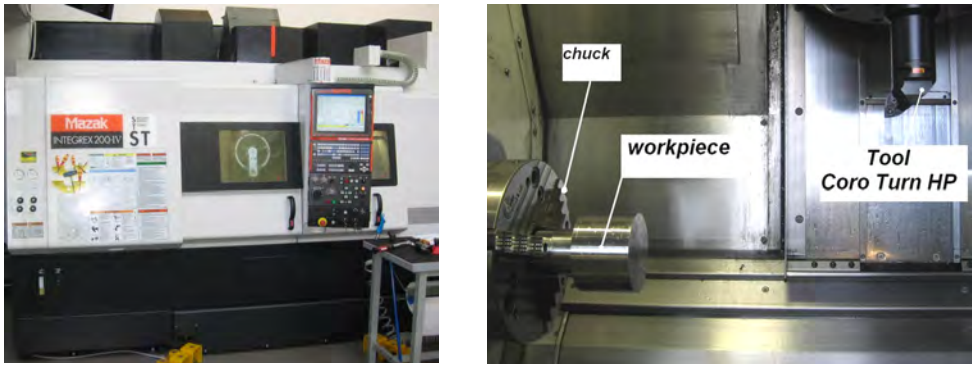


Fig. 6. Working station: a) turning centre CNC Mazak Integrex 200 IV ST; b) cutting zone – general view

Research materials were: titanium alloy Ti6A14V (hardness 30HRC), aluminium alloy AlSi5 (hardness 100 HB), stainless steel 316L (hardness 230HB), low-carbon steel C15 (hardness 130 HB). The process of cutting was carried out in stages for specific cutting conditions (a_p = 0,15; = 0,2; = 0,25 mm; f = 0,1; = 0,2; = 0,3 mm/rev., v_c = 60, 180, 300 m/min). Two types of cutting were tested: with classic fluid implementation (normal pressure) and with fluid stream compessed to 0,7MPa.

Three streams of cutting-tool lubricant were implemented into the cutting zone – between a chip and a surface of cutting blade advance. These streams were implemented in the directed way (figure 4b). There were many tests when the chips were gathered – during normal and high pressure of cutting fluid. The final results are presented below (table 1-4).

Table 1. The results of the cutting fluid influence on chip shape – TITANIUM ALLOY Ti6A14V

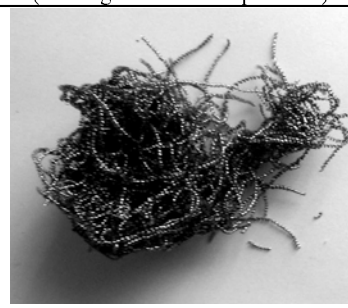
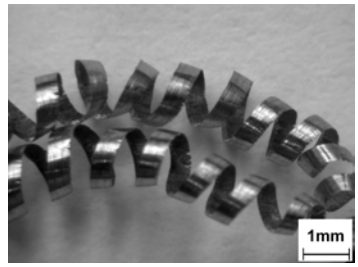
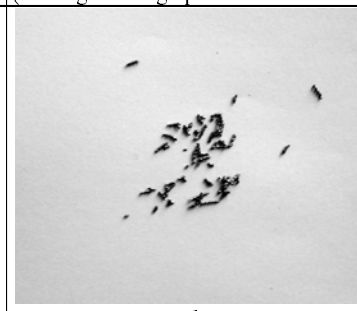
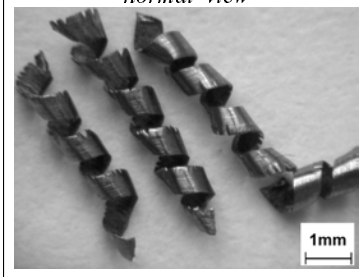
Material of workpiece	Chip (cooling with normal pressure)	Chip (cooling with high pressure – 0.7 MPa)
TITANIUM ALLOY Ti6A14V, Hardness: 30HRC, Cutting parameters : v_c = *60 m/min* *f = 0,1 mm/rev* a_p = *0,25 mm* Tool: *CoroTurn HP C5-PCLNL-35060-12HP Cutting plate CNGP 12 04 08 H13 A*	 *normal view*  *zoom*	 *normal view*  *zoom*

Table 2. The results of the cutting fluid influence on chip shape – ALUMINIUM ALLOY AlSi5

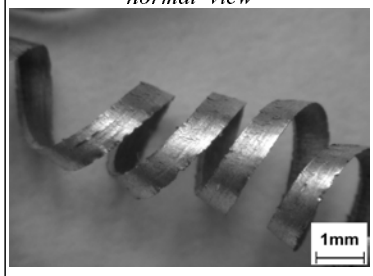
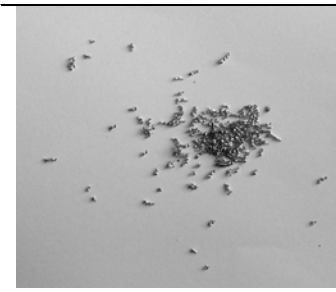
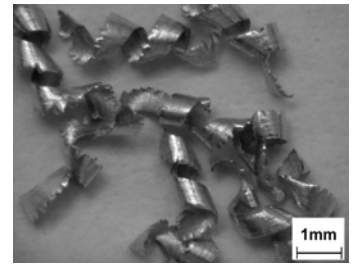
ALUMINIUM ALLOY AlSi5, Hardness: 100HB, Cutting parameters: v_c = *300 m/min* *f = 0,1 mm/rev* a_p = *0,2 5mm* Tool: *CoroTurn HP C5-PCLNL-35060-12HP Cutting plate CNGP 12 04 08 H13 A*	 *normal view*  *zoom*	 *normal view*  *zoom*

Table 3. The results of the cutting fluid influence on chip shape – STAINLESS STEEL 316L

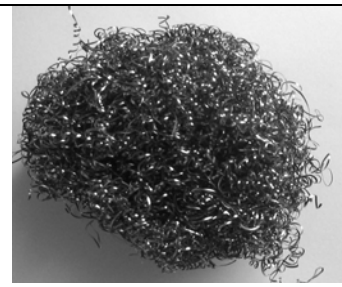
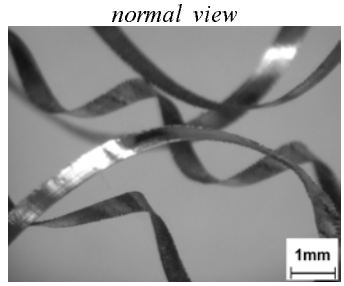
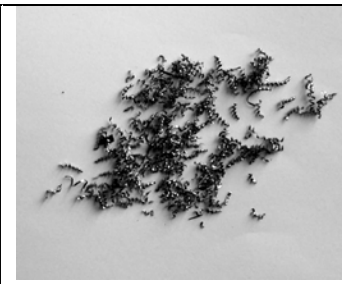
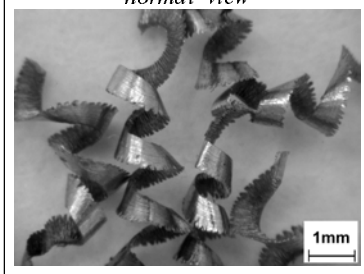
STAINLESS STEEL 316L, Hardness: 230HB, Cutting parameters: v_c = *180 m/min* *f = 0,1 mm/rev* a_p = *0,25 mm* Tool: *CoroTurn HP C5-PCLNL-35060-12HP Cutting plate CNMG 12 04 08 – MM 2025*	 *normal view*  *zoom*	 *normal view*  *zoom*

Table 4. The results of the cutting fluid influence on chip shape – LOW-CARBON STEEL C15

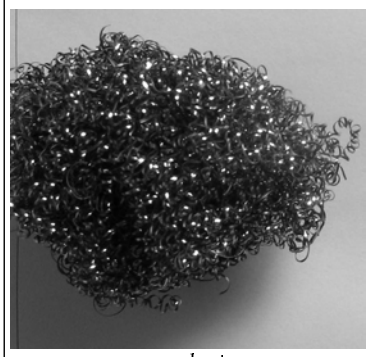
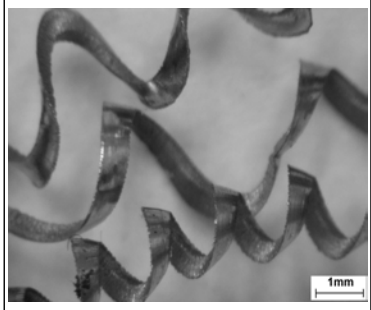
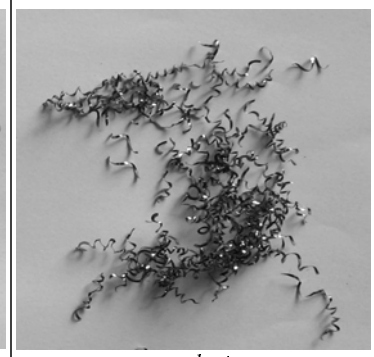
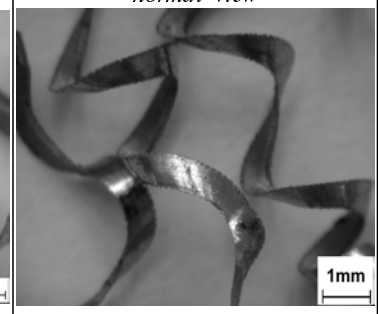
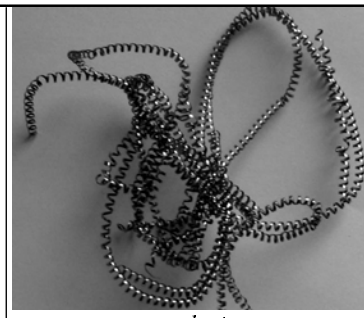
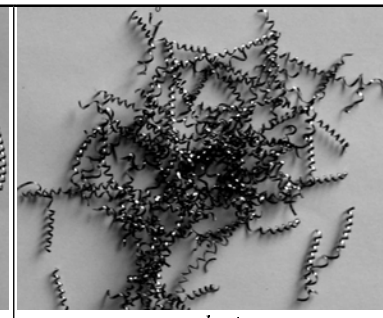
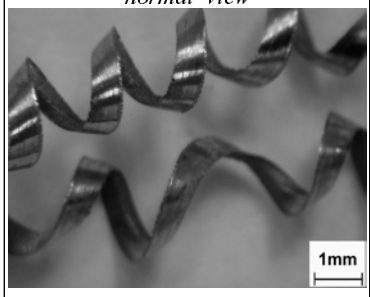
LOW-CARBON STEEL C15, Hardness: 130HB, Cutting parameters: v_c=*300 m/min* *f = 0,1 mm/rev* a_p = *0,25 mm* Tool: *CoroTurn HP C5-PCLNL-35060-12HP Cutting plate CNMG 12 04 08 PF 4225*	 *normal view*  *zoom*	 *normal view*  *zoom*

Table 5. The results of the cutting fluid influence on chip shape – LOW-CARBON STEEL C15

LOW-CARBON STEEL C15, Hardness 130HB, Cutting parameters: *v_c = 300 m/min* *f = 0,2 mm/rev* *a_p = 0,2 mm* Tool: *CoroTurn HP C5-PCLNL-35060-12HP* *Cutting plate CNMG 12 04 08 PF 4225*	 *normal view*	 *normal view*
	 *zoom*	 *zoom*

Analysing the table we can state that the stream of compressed cutting-tool lubricant of pressure 0,7MPa implemented into the cutting zone (between a chip and a surface of a tool) influence the shape of a chip significantly. High pressure of the fluid caused significant disintegration of a chip in case of aluminium and titanium alloy and also during the cutting of stainless steel. The results of preliminary research showed that in case of low-carbon steel, the degree of shortening the chip is lower. Nevertheless, in all cases the results were predicted before – long, spiral chip was exchanged by a short, removable one. Detailed evaluation of a degree of chip disintegration and its presentation (considering quantity) will be the next goal of research for the authors of this study. Preliminary results show clearly that also the surface of a product after cutting improved (lower parameters of roughness R_a and R_z). In later studies the authors are going to present the observed quantity differences.

What is more, different conditions and materials will be analysed. Also the optimalization of fluid pressure influence on a shape of a chip will be the subject of research. To achieve it, the influence of different pressures of the fluid and the mechanism of chip formation will be studied.

CONCLUSION

Following the current prognoses and corporations' evaluation, turning operations will soon be carried out without a coolant or with its high pressure. The pressure which is normal nowadays will be out-of-date. And for that reason, the trend in cutting process will be aimed at increasing the pressure to more than 0,7 MPa. The advantage of implementation of the method of chip fracture by the compressed stream of fluid is the improvement of productivity of a tool blade or its durability.

References

1. Teti R., Jawahir I.S., Jemielniak K. Segretol T., Chen S., Kossakowska J.: Chip form monitoring through advanced processing of cutting force sensor signals, Annals of the CIRP, Vol. 55/1/2006.
2. Filipowski R., Marciniak M.: Techniki obróbki mechanicznej i erozyjnej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2000.
3. Ninga L., Veldhuisa S.C., Yamamoto K.: Investigation of wear behavior and chip formation for cutting tools with nano-multilayered TiAlCrN/NbN PVD coating, Elsevier, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 48 (2008), 656–665
4. Sung-Han Rhim, Soo-Ik Oh: Prediction of serrated chip formation in metal cutting process with new flow stress model for AISI 1045 steel, Elsevier, Journal of Materials Processing Technology, 171 (2006), 417–422.
5. Kharkevich A., Venuvinod Patri K.: Basic geometric analysis of 3-D chip forms in metal cutting. Part 1: determining up-curl and side-curl radii, Pergamon, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 39 (1999), 751–769; Part 2: implications, Pergamon ,International Journal of Machine Tools & Manufacture, 39 (1999), 965–983.
6. Khettabi R., Songmene V., Masounave J.: Effect of tool lead angle and chip formation mode on dust emission in dry cutting, Journal of Materials Processing Technology, 194 (2007), 100–109.
7. Molinari A., Moufki A.: The Merchant's model of orthogonal cutting revisited:A new insight into the modeling of chip formation, Elsevier, International Journal of Mechanical Sciences, 50 (2008), 124–131.
8. Gentel A., Hoffmeiste H.-W.: Chip Formation in Machining Ti6A14V at Extremely High Cutting Speeds Elsevier.
9. Sutter G.: Chip geometries during high-speed machining for orthogonal cutting conditions, Elsevier, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 45 (2005), 719–726.
10. Choroszy B.: Mechanizm zużywania się ostrzy podczas skrawania wibracyjnego. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1991.
11. Simoneau A., Elbestawi E. Ng, M.A.: Chip formation during microscale cutting of a medium carbon steel, Elsevier, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 46 (2006), 467–481.
12. Becze C.E., Elbestawi M.A.: A chip formation based analytic force model for oblique cutting, Elsevier, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 42 (2002), 529–538.

13. Mamalisa A.G., HorvaÂthb M., Branisa A.S., Manolakosa D.E.: Finite element simulation of chip formation in orthogonal metal cutting, Elsevier, Journal of Materials Processing Technology, 110 (2001), 19–27.
14. Grzesik W.: Podstawy skrawania materiałów metalowych. WNT, Warszawa 1998.
15. http://www.sandvik.com/pl

Summary

The subject of this work is to show the significance of the shape of a chip during automated cutting process. Selected ways of the influence on a chip shape are going to be shown. The main point is the assistance of chip fracture by a compressed stream of cutting-tool lubricant. This mechanism is shown on the example of tool system CoroTurn HP. The results of preliminary researches are presented graphically.

KSZTAŁTOWANIE WIÓRA PODCZAS TOCZENIA WSPOMAGANE WYSOKIM CIŚNIENIEM CIECZY OBRÓBKOWEJ

Streszczenie

W pracy poruszono znaczenie postaci i kształtu wióra podczas obróbki w zautomatyzowanym – elastycznym systemie wytwarzania. Przedstawiono wybrane sposoby oddziaływania na postać wióra. Szczególny nacisk położono na wspomaganie procesu łamania wióra sprężonym strumieniem płynu obróbkowego. Na przykładzie systemu narzędziowego CoroTurn HP omówiono budowę i sposób mechanizm łamania wióra strumieniem sprężonej cieczy obróbkowej. Wyniki wstępnych badań rozpoznawczych przedstawiono w postaci graficznej

Klaudiusz Lenik*, Michał Paszeczko*,
Krzysztof Dziedzic*, Marcin Barszcz*

WYBRANE ASPEKTY WYKORZYSTANIA WSPOMAGANIAKOMPUTEROWEGO W PROWADZENIU BADAŃTRIBOLOGICZNYCH PROCESU TARCIA I ZUŻYCIA

WSTĘP

Ze względu na coraz wyższe wymagania stawiane elementom maszyn pracujących w ślizgowych skojarzeniach trących w ostatnich latach wzrosło wytwarzanie nowych materiałów konstrukcyjnych o polepszonych w określonych kierunkach właściwościach eksploatacyjnych.

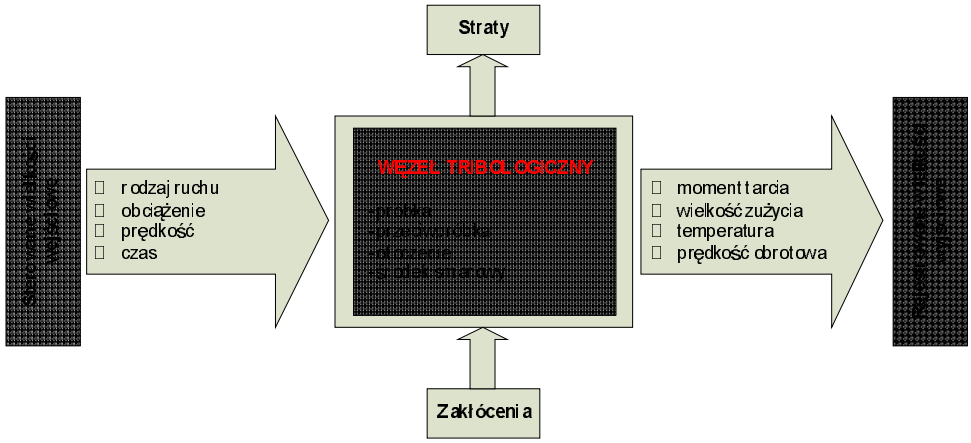
W skojarzeniach trących podczas współpracy elementów zachodzą różnego rodzaju zjawiska fizykochemiczne, które objawiają się między innymi oporami ruchu i zużyciem elementów. Poznanie przebiegu procesu tarcia i zużycia jest niezwykle ważne w prognozowaniu trwałości i niezawodności elementów maszyn i urządzeń. Bez wątpienia wpływa to na wydłużenie ich czasu pracy [7]. Podstawowym ich celem jest badanie zjawisk zachodzących w procesie tarcia i zużycia. Badania tribologiczne powinny być przeprowadzane metodami znormalizowanymi, umożliwiającymi porównywanie uzyskiwanych wyników w różnych ośrodkach naukowo-badawczych. Powinny również pozwalać na badanie relacji pomiędzy modelem pary trącej maszyny tarciowej a jej rzeczywistym odzwierciedleniem w eksploatacji.

Węzły tarcia można przedstawić w postaci systemów tribologicznych (tzw. czarnej skrzynki). Przykładowy system tribologiczny został przedstawiony na rys. 1. W skład systemu tribologicznego wchodzą [4]:

- węzeł tribologiczny (próbka, przeciwpróbka, otoczenie, środek smarny),
- sterowane wielkości wejściowe (wymuszenia),
- rejestrowane wielkości wyjściowe (odpowiedź układu).

Badania tribologiczne takiego systemu powinny odbywać się w warunkach zbliżonych do warunków rzeczywistych jego pracy. Złożoność problemu badawczego wynika ze złożoności całego systemu tribologicznego. Najtrudniejszym, a jednocześnie najważniejszym zadaniem jest poznanie w sformalizowanej postaci węzła tribologicznego, który funkcjom wejścia przyporządkowuje jednoznacznie funkcje wyjścia.

* Klaudiusz LENIK, Michał PASZECZKO, Krzysztof DZIEDZIC, Marcin BARSZCZ – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.



Rys. 1. Schemat systemu tribologicznego zmodernizowanej maszyny Amslera

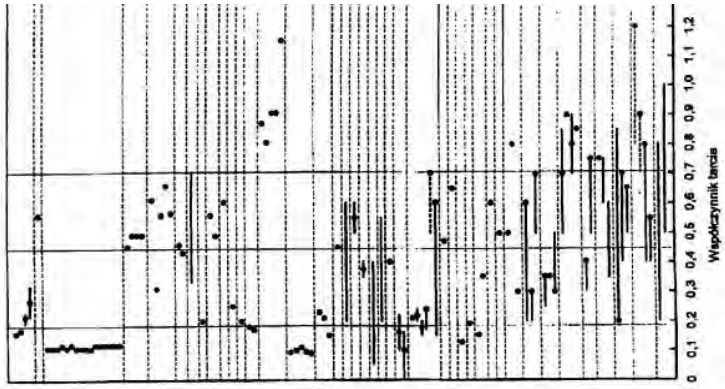
Dlatego maszyny badawcze wykorzystywane do prowadzenia badań takich systemów tribologicznych wyposażone są w różnego rodzaju aparaturę badawczą, która umożliwia sterowanie wielkościami wejściowymi oraz dokonywanie dokładnych pomiarów i rejestracji wielkości wyjściowych po uwzględnieniu stanu warstwy wierzchniej, zakłóceń tego układu i powstałych strat [4].

WSPÓŁCZESNE WYMOGI STAWIANE STANOWISKOM DO POMIARU TARCIA I ZUŻYCIA

Obecnie istnieje bardzo duża ilość różniących się między sobą stanowisk badawczych do pomiaru procesu tarcia i zużycia. Urządzenia wchodzące w ich skład opracowywane są według ściśle założonych zasad i kryteriów a badania procesu tarcia i zużycia prowadzi się różnymi metodami. Posiadają one różnorodne skojarzenia trące o różnym stopniu uproszczenia – od węzłów rzeczywistych po bardzo proste próbki [4].

Prowadzenie badań procesu tarcia i zużycia nawet przy zastosowaniu tej samej procedury badawczej często prowadzi do uzyskiwania wyników mało powtarzalnych i praktycznie mało porównywalnych. Można to zaobserwować na przykładzie (rys. 2) wyników badań materiałów ceramicznych zebranych przez Santnera [3].

Istnieje duża liczba prac związanych z problemem uzyskania powtarzalności i porównywalności otrzymanych wyników badań. Prowadzone analizy wykazały, że poprawę powtarzalności oraz porównywalności otrzymanych wyników badań tribologicznych można uzyskać poprzez unifikację i standaryzację (normalizację) w wielu krajach metod i urządzeń badawczych. Metody normalizacji mają na celu racjonalne zmniejszenie różnorodności stanowisk badawczych. Unifikacja zwiększa uniwersalność maszyn i urządzeń do badania procesu tarcia i zużycia poprzez stworzenie podstaw systemowych opartych na jednorodnej klasyfikacji węzłów



Rys. 2. Współczynnik tarcia TiN/stal [3]

tarcia i spójnych zasad modelowania [4]. Aby osiągnąć ten cel konieczne jest określenie potrzeb badawczych, opracowanie metod identyfikacji charakterystyk tribologicznych oraz realizujących te metody urządzeń badawczych. Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów jest ściśle zdefiniowana normą PN-ISO 5725 [1, 2].

W początkach rozwoju badań tribologicznych stanowiska badawcze były budowane każdorazowo w celu przeprowadzenia określonych badań i stale je ulepszano. Stąd też powstały pewne typowe tribotestery lecz w większości wypadków wyposażono je w mechaniczne układy pomiarowe charakteryzujące się słabą dokładnością pomiarów i rejestracją ich wyników. W związku z tym obecnie starsze urządzenia badawcze są ciągle modernizowane. Wprowadza się również wspomaganie komputerowe, które umożliwia sterowanie przebiegiem prowadzonych badań procesu tarcia i zużycia oraz dokładny pomiar wielkości tribologicznych i ich rejestrację.

Współcześnie opracowywane i wdrażane do produkcji urządzenia tribologiczne w większości przypadków spełniają uznane w skali międzynarodowej normy, np. ISO, CEC, ASTM, a także wymogi Polskich Norm. Nowe urządzenia powstają zgodnie z zapotrzebowaniem rynku tak krajowego, jak i zagranicznego oraz w oparciu o informację na temat najnowszych kierunków badań. Wyposażone są w zaawansowane mikroprocesorowe systemy sterowania i pomiaru oraz dzięki specjalistycznemu oprogramowaniu możliwa jest ciągła rejestracja i wizualizacja w czasie rzeczywistym otrzymywanych wyników badań. Wytwarzanie i montaż prototypów odbywa się w oparciu o wdrożony System Jakości wg normy ISO 9001.

Obecne stanowiska tribologiczne powinny spełniać standardy międzynarodowe w zakresie oceny:

- odporności na zużycie metali i tworzyw sztucznych,
- odporności na zacieranie powłok niskotarciowych,
- właściwości olejów, smarów plastycznych i stałych.

RODZAJE CZUJNIKÓW WYKORZYSTYWANYCH W POMIARACH WIELKOŚCI TRIBOLOGICZNYCH

Badania tribologiczne procesu tarcia i zużycia prowadzone są na odpowiednio przystosowanych do tego celu maszynach badawczych (tribotesterach). Współczesne tribotestery wyposażone są w aparaturę badawczą z zainstalowanymi czujnikami pomiarowymi dzięki, którym można kontrolować procesy tarcia i zużycia zachodzące w skojarzeniach trących. Czujniki te umożliwiają dokonywanie m.in. pomiarów następujących wielkości tribologicznych, które występują w obszarze styku współpracujących ze sobą elementów:

- współczynnika tarcia
- temperatury otoczenia styku tarciowego oraz środka smarnego
- prędkości obrotowej próbki lub przeciwpróbki
- zużycia

Do pomiaru tych wielkości można wykorzystywać zarówno czujniki mechaniczne jak i czujniki elektryczne. Pomiaru siły i momentu tarcia w różnych skojarzeniach maszyn tribologicznych można dokonać przy użyciu następujących czujników pomiarowych:

- siłomierzy (dynamometrów)
- czujników elektrycznych
  - czujniki tensometryczne
  - czujniki piezoelektryczne
  - czujniki indukcyjne

Pomiar temperatury otoczenia styku tarciowego oraz środka smarnego możliwy jest dzięki wykorzystaniu czujników pomiarowych takich jak:

- czujniki termometryczne
  - termistory
  - termoelementy (termopary)
- czujniki pirometryczne

Pomiar prędkości obrotowej próbki lub przeciwpróbki można przeprowadzić poprzez wykorzystanie czujników pomiarowych takich jak:

- czujniki indukcyjne
- czujniki laserowe
- transoptory
- enkodery

Pomiaru wielkości zużycia współpracujących ze sobą elementów w węźle styku można dokonać poprzez wyposażenie maszyny badawczej w następujące czujniki pomiarowe:

- czujników zegarowych
- dynamometrów puszkowych
- czujników indukcyjnych
- czujników tensometrycznych

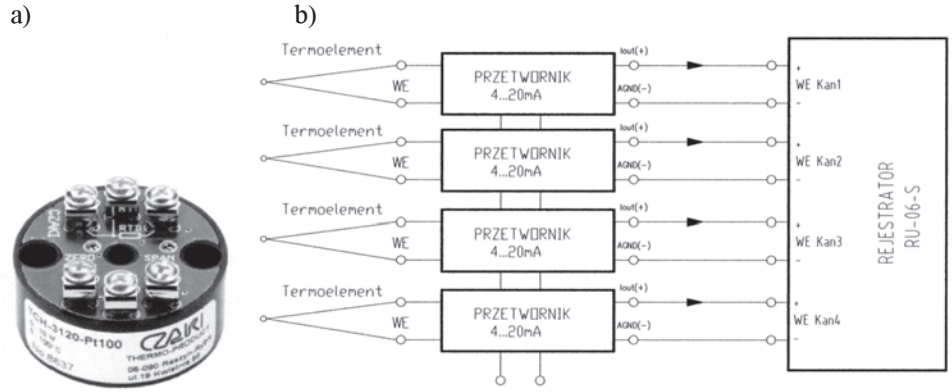
Wszystkie wymienione wyżej czujniki pomiarowe różnią się między sobą budową, sposobem ich działania a także i zastosowaniem (rys. 3):

Rys. 3. Przykładowe rodzaje czujników mechanicznych i elektrycznych stosowanych do pomiaru parametrów tribologicznych w maszynach tribologicznych:
a) siłomierz mechaniczny, b) siłomierz elektroniczny, c) czujnik tensometryczny, d) czujnik piezoelektryczny, e) czujnik indukcyjny, f) termistory, g) termopara, h) czujnik pirometryczny, i) czujnik laserowy, j) transoptor, k) enkoder, l) czujnik zegarowy

PRZYKŁAD UKŁADU POMIAROWEGO DO BADANIA WIELKOŚCI TRIBOLOGICZNYCH W UKŁADZIE TRZPIEŃ-TARCZA

Aby można było kontrolować zjawiska zachodzące w węźle tarcia i rejestrować otrzymywane wyniki badań w czasie rzeczywistym samo wyposażenie maszyn badawczych w czujniki pomiarowe i specjalistyczne oprogramowanie nie wystarczy. Czujniki te (przedstawione na rys. 3) należy włączyć w układ z odpowiednimi przetwornikami i wzmacniaczami. Dzięki tym układom sygnały przesyłane z czujników pomiarowych są wzmacniane i zamieniane z sygnału analogowego na sygnał cyfrowy. Tak przekształcony sygnał może być rejestrowany na odpowiednich mikroprocesorowych rejestratorach bądź bezpośrednio na komputerze klasy PC. Problem głównie dotyczy możliwości i wymogów dotyczących usytuowania i montażu elementów pomiarowych oraz ich dokładności zbierania danych i przekazywania do rejestracji.

Przykładowo na rys. 4a przedstawiono typowy przetwornik a także schemat układu elektrycznego (rys. 4b) wykorzystywany do pomiaru zmian temperatury w węźle tarcia prowadzony na zmodernizowanej maszynie Amslera o skojarzeniu trzpień-tarcza. Zastosowany elektroniczny przetwornik TH-200-Tc umożliwia odbieranie sygnału analogowego zarejestrowanego przez czujnik termoelektryczny i przekształcanie go na natężenie prądu w zakresie od 4-20mA płynącego w obwodzie zasilania przetwornika. Tak przekształcony sygnał przesyłany jest do urządzenia rejestrującego, jakim jest mikroprocesorowy rejestrator uniwersalny typu RU-06-3 a następnie do komputera klasy PC.



Rys. 4. a) głowicowy przetwornik prądowy typu TH-200-Tc, b) schemat elektrycznego podłączenia przetworników z automatycznym zasilaniem do rejestratora

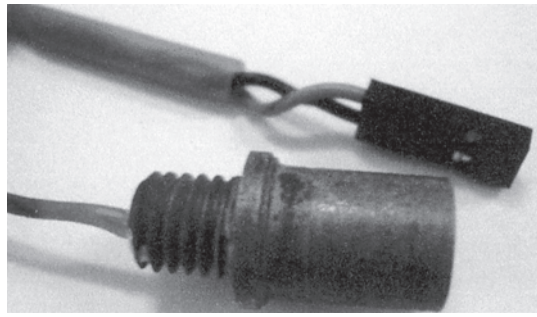
WYKORZYSTANIE WSPOMAGANIA KOMPUTEROWEGO DO CIĄGŁEJ REJESTRACJI ZMIAN TEMPERATURY WĘZŁA TARCIA

Wykorzystanie wspomagania komputerowego przy prowadzeniu badań tribologicznych umożliwia m.in. sterowanie tribotesterem, a także pozwala na ciągłą rejestrację takich wielkości jak: opory ruchu w węźle tarcia, temperatury otoczenia styku tarciowego oraz środka smarnego, prędkości obrotowej przeciwpróbki, itp. Otrzymane wyniki badań można poddać dalszej wizualizacji przy pomocy odpowiednich programów komputerowych oraz przygotować je do archiwizacji.

W niniejszej pracy podano przykład możliwości pomiaru zmian temperatury w węźle tarcia o skojarzeniu trzpień-tarcza. Pomiary zostały przeprowadzone na stanowisku badawczym opartym na zmodernizowanej maszynie Amslera, której opis przedstawiono we wcześniejszych pracach [6, 7]. Wprowadzone zmiany i modernizacja stanowiska do badań tarcia ślizgowego umożliwiły ciągły pomiar i rejestrację zmian temperatury powierzchni styku trących się elementów (3 nieruchome próbki i obracająca się przeciwpróbka). Do pomiaru temperatury zostały wykorzystane czujniki ter-

moelektryczne. Zastosowaną metodą pomiaru zmian temperatury powierzchni styku pary trącej była metoda z umieszczonymi termoparami w osi próbki. Dzięki temu możliwy był dokładny pomiar temperatury rzeczywistej powierzchni styku próbki z przeciwpróbką jak i środka smarnego.

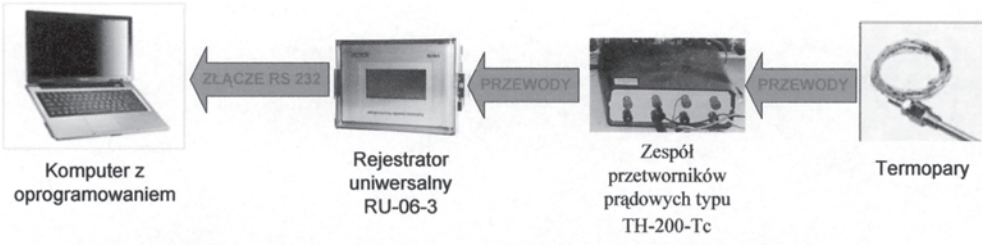
Część pomiarowa termopary została zatopiona w rdzeniu próbki co zapewnia jej odizolowanie od metalu. Pozostała część została umieszczona w pancerzu. Końce przewodów termopar zakończone zostały 2 PIN wtykiem żeńskim rys. 5.



Rys. 5. Widok próbki z umieszczoną termoparą w jej osi

Przewody termopar wychodzące z trzech próbek podłączone zostały do interfejsu RS 232. Zastosowanie interfejsu RS 232 pozwala na łatwe i szybkie odłączenie i podłączenie przewodów w czasie demontażu i montażu układu badawczego. Podczas badań demontaż głowicy badawczej jest konieczny w celu zbadania wielkości zużycia ściernego próbki i przeciwpróbki.

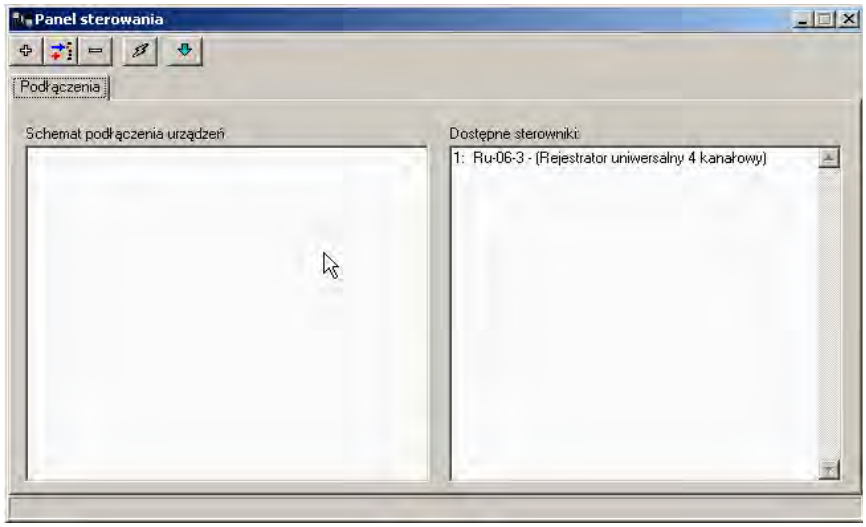
Sygnał analogowy zarejestrowany przez termopary przesyłany jest przez interfejs RS 232 a następnie do przetworników prądowych, gdzie jest przetwarzany na natężenie prądu płynącego w obwodzie zasilania przetwornika 4-20 mA. Zamieniony sygnał przesyłany jest do urządzenia rejestrującego jakim jest mikroprocesorowy rejestrator uniwersalny a następnie przekazywany do komputera klasy PC. Schemat blokowy układu pomiarowo-przetwarzająco-rejestrującego został przedstawiony na rys. 6. W skład tego układu wchodzą: termopary, głowicowy przetwornik prądowy typu



Rys. 6. Schemat blokowy układu pomiarowo-przetwarzająco-rejestrującego

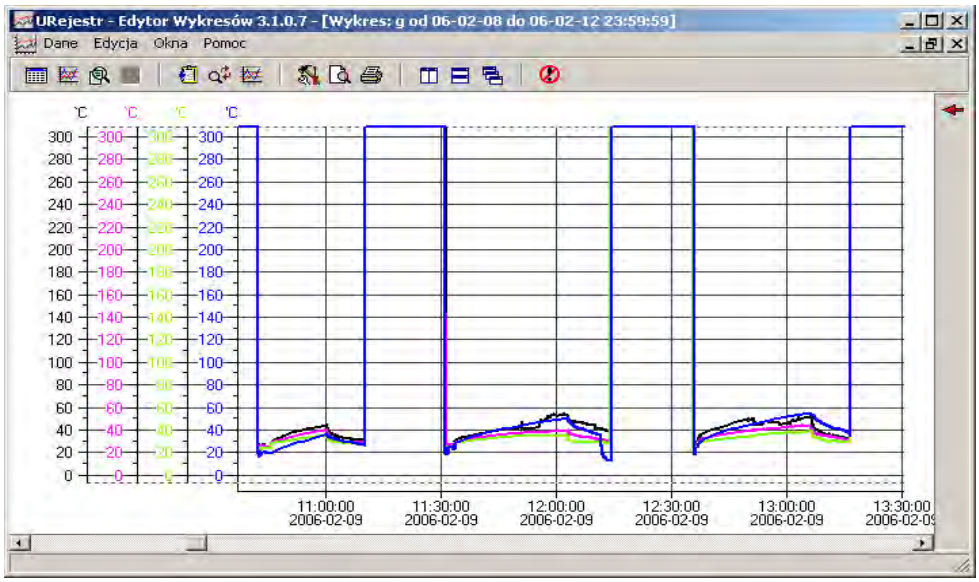
TH-200-Tc, mikroprocesorowy rejestrator uniwersalny RU-06-3 oraz komputer klasy PC wraz z oprogramowaniem.

Rejestrator współpracuje z komputerem dzięki specjalnemu oprogramowaniu (Panel Sterowania), które pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego Microsoft Windows. Widok głównego okna programu Panel sterowania zostało przedstawione na rys. 7. Komputer razem z programem tworzą system rejestracji i analizy pomiaru zmian temperatury w obszarach tarcia podczas prowadzenia badań na zmodernizowanej maszynie Amslera. Program Panel Sterowania komunikuje się z rejestratorem za pomocą interfejsu RS 232 pod portem COM, dzięki czemu dane zarejestrowane przez rejestrator RU-06-3 przesyłane są do komputera. Otrzymane wyniki badań zapisywane są w postaci pliku o rozszerzeniu ”dat” na dysku twardym komputera w folderze Nazwa urządzenia w miejscu gdzie zainstalowane jest oprogramowanie. Pliki te mogą być odczytane za pomocą programu Edytor wykresów. Głównymi funkcjami programu jest przeglądanie danych w formie tabelarycznej i graficznej, sporządzanie raportów oraz transport wybranych danych do innych aplikacji (Excel, Matlab, itd.).



Rys. 7. Widok głównego okna Panel sterownia

Program Edytor wykresów współpracuje z Panelem sterowania dzięki czemu umożliwia rejestrację bieżących wartości zmian temperatury przesyłanych bezpośrednio z rejestratora w czasie rzeczywistym. Wartości zmian temperatury mogą być rejestrowane w zależności od potrzeb. Czas próbkowania zmiany temperatury możliwy jest co 1 sekundę. Rejestracja zmian temperatury poprzez program Edytor wykresów została przedstawiona na rys. 8.



Rys. 8. Widok okna programu z wykresem zmian temperatury

Program Edytor wykresów odpowiada również za indywidualną konfigurację urządzeń oraz umożliwia odczytanie wyników badań zapisanych na dysku twardym komputera w późniejszym czasie.

Aplikacja pracuje w trybie MDI, co umożliwia otwieranie wielu okien wewnątrz głównego okna programu, dowolne ich rozmieszczanie oraz porównywanie zawartości.

WNIOSKI

Podany w pracy przykład wykorzystania wspomagania komputerowego dotyczący dokładności i zakresu pomiarów przedstawia jak w prosty i istotny sposób można wprowadzić w starszych tribotesterach nowoczesne sposoby otrzymywania dokładnych wyników badań. Umożliwia ono rejestrację i wizualizację otrzymywanych pomiarów w czasie rzeczywistym. Wpływa to na unifikację i porównywanie otrzymywanych pomiarów. Ułatwia również archiwizację i możliwość przesyłania wyników badań do innych aplikacji komputerowych.

Wprowadzenie wspomagania komputerowego w zmodernizowanym stanowisku tribologicznym opartym na maszynie Amslera umożliwiło ciągłe pomiary takich wielkości jak:

- siła i moment tarcia,
- droga tarcia,
- temperatura otoczenia styku tarciowego i środka smarnego.

LITERATURA

1. PN-ISO 5725-1:2002. Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów. Część 1: Ogólne zasady i definicje.
2. PN-ISO 5725-2:2002. Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów. Część 2: Podstawowa metoda określania powtarzalności i odtwarzalności standardowej metody pomiarowej.
3. Santner E.: Comparison of wear and friction measurements of TiN coatings. Tribologia 1/95; s. 7–29.
4. Szczerek M., Wiśniewski M.: Systemowe ujęcie eksperymentalnych badań tarcia i zużycia. Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Inżynieria łożyskowa. Gdańsk 1996.
5. Piec P., Zając G.: Wspomaganie komputerowe analizy procesu tarcia. Tribologia 5/2003; s. 191–198.
6. Lenik K., Paszeczko M., Dziedzic K.: Możliwości pomiaru temperatury w badaniach procesu zużycia na zmodernizowanej maszynie Amslera. XI Krajowa Konferencja N-T II Międzynarodowa Metrologia w technikach wytwarzania. Lublin 2005; s. 136–137.
7. Paszeczko M., Skalski P., Lenik K.: Analiza zmian momentu i współczynnika tarcia poprzez wykorzystanie pomiaru wielkości elektrycznych. Tribologia 5/2004; s. 205–212.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wybrane aspekty wykorzystania wspomagania komputerowego do prowadzenia badań tribologicznych procesu tarcia i zużycia. Omówiono rodzaje wykorzystywanych czujników pomiarowych i metody badawcze. W dalszej części pracy przedstawiony został przykład prowadzonych badań na zmodernizowanym stanowisku przystosowanym do badania materiałów eutektycznych.

Summary

This work presents selected aspects computer aid support in conducting tribological researches of friction processes and wear. It consider types of used measurement sensors and research methods. Further it presents the example of research conducted on modernized stand adapted to examine eutectic materials.

Konrad Gauda*, Zygmunt Lenik*

WYKORZYSTANIE MULTIMEDIÓW STRUMIENIOWYCH W KSZTAŁCENIU TECHNICZNYM I INFORMATYCZNYM

PROBLEMY KSZTAŁCENIA MULTIMEDIALNEGO

Termin „media" oznacza przedmioty, środki, przekaźniki, instytucje przekazu informacji i komunikowania, takie jak: radio, telewizja, filmy, komputery, Internet, a także gazety, czasopisma, plakaty, książki, płyty, kasety itp.

Wspólną cechą tych wszystkich obiektów jest to, że przekazują one informacje w formie komunikatu, a także umożliwiają zdobywanie informacji i porozumiewanie się.

Media pośredniczą między człowiekiem a wszystkim, co jest poza zakresem jego bezpośredniego oglądu i doświadczenia, realizują więc jedną z najważniejszych zasad dydaktycznych, a mianowicie zasadę poglądowości [1].

Szczególne znaczenie, ze względu na swoje właściwości i możliwości pedagogicznego wykorzystania zajmują multimedia. Według słownika języka polskiego „multi" to tyle, co wskazanie na dużą ilość, wielokrotność tego, co wyraża drugi człon słowa. Multimedia należy więc rozumieć jako wielość środków komunikowania, które łączą w sobie różne metody i techniki przekazu informacji. W latach 90-tych termin ten zaczęto wiązać z komputerami wyposażonymi w funkcje przetwarzania obrazu i dźwięku.

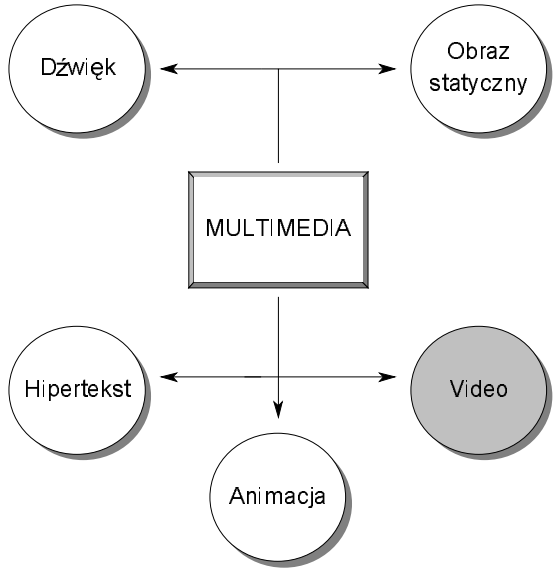
Obecnie przez **system multimedialny** rozumie się dowolny system teleinformatyczny zdolny do przetwarzania, archiwizacji i dystrybucji danych w postaci dźwięku, ruchomych obrazów, fotografii, grafiki komputerowej i tekstów (rys. 1).

Oznacza to, że kształcenie multimedialne, ze względu na możliwość jednoczesnego oddziaływania na różne zmysły jest nauczaniem – uczeniem się, w którym uruchamia się wiele torów przepływu informacji. Ważną jego cechą jest nie tylko to, że nadaje informacjom urozmaiconą formę, ale również to, że uczenie staje się bardziej efektywne i atrakcyjne, a jest to szczególnie istotne w nauczaniu techniki i informatyki, gdzie niejednokrotnie omawiane są złożone problemy i zagadnienia.

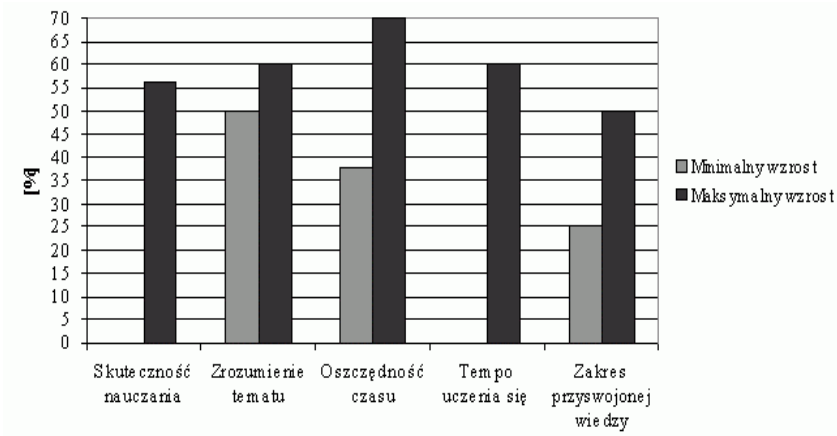
Na rysunku 2 można zauważyć, że w porównaniu z nauczaniem tradycyjnym multimedia sprawiają, iż [4]:

- skuteczność nauczania jest wyższa o 56%;
- zrozumienie tematu przez uczniów/studentów wzrasta o 50-60%;
- oszczędność czasu wrasta o 40-70 % (więcej informacji w tym samym czasie);

* Konrad GAUDA, Zygmunt LENIK – Katedra Metod i Technik Nauczania, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.



Rys. 1. Elementy systemu multimedialnego [2]



Rys. 2. Wzrost efektów kształcenia przy wykorzystaniu multimediów w porówaniu z kształceniem tradycyjnym

- tempo uczenia się jest szybsze o 60 %;
- zakres wiedzy przyswojonej jest wyższy o 25-50%.

Przedstawione wskaźniki świadczą o wysokiej efektywności kształcenia z udziałem multimediów w stosunku do tradycyjnego nauczania-uczenia się. Na fakt ten wpływa przede wszystkim to, że kształcenie multimedialne wywołuje pewne zmiany w sferach związanych z dydaktyką (tab. 1).

Tabela 1. Cechy charakterystyczne dla kształcenia multimedialnego [1]

W sferze	psychodydaktycznej uczącego się	następuje zmiana stosunku emocjonalno-motywacyjnego do procesu uczenia się, spowodowana dostępem do najatrakcyjniejszych źródeł wiedzy oraz aktywizowaniem ucznia w procesie kształcenia wywołanym występowaniem wielu bodźców
	metodyki nauczania	następuje modyfikacja sposobów pracy nauczyciela, stwarzająca możliwości bardziej kreatywnego podejścia do nauczania
	realizacyjnej procesu kształcenia	zwiększa się indywidualizacja kształcenia, możliwa zarówno dzięki systemom symulacji komputerowej, jak i prostym systemom multimedialnym (możliwa regulacja tempa przyswajania wiedzy)

Spośród elementów systemu multimedialnego przedstawionego na rysunku 1 szczególnie korzystne w kształceniu jest wykorzystanie plików wideo zawierających krótkie filmy na temat omawianych zagadnień. Jest to jedna z najbardziej atrakcyjnych form przedstawiania treści dydaktycznych, która łatwo przyciąga uwagę uczniów/studentów, przy czym jest ona długo utrzymywana.

Przez zastosowanie elementów filmowych można realizować w kształceniu technicznym i informatycznym takie cele jak [1]:

- wprowadzenie do omawiania problematyki poruszonej na filmie,
- zmianę dotychczasowej formy prezentowania treści dydaktycznych np. przez pokazanie przykładów praktycznego zastosowania wcześniej omówionych zagadnień;
- podsumowanie przedstawionego tematu na zakończenie lekcji/wykładu.

Wśród cech filmu, które decydują o jego dużej przydatności w procesie edukacji należy wymienić to, że:

- film jest utrwalonym obrazem ruchu, możliwym do oglądania w miejscu i czasie dogodnym dla użytkownika (np. pliki wideo w Sieci dostępne na „żądanie”);
- film pozwala na oglądanie sytuacji i procesów niedostępnych na co dzień (np. linie produkcyjne, procesy technologiczne, zastosowania komputerów w róznych dziedzinach nauki i techniki);
- film umożliwia transformację czasu, skracając procesy długotrwałe lub rozciągając w czasie zjawiska trwające krótko (np. procesy montażu, analiza zjawisk fizycznych);
- w filmie wszyscy obserwatorzy widzą to samo, podczas gdy w naturze oglądane zjawiska są różnie postrzegane;
- informacje wizualne połączone z komentarzem są lepiej odbierane i zapamiętywane.

Obok niewątpliwych korzyści, zastosowanie multimediów w tym oczywiście filmów dydaktycznych w procesie kształcenia związane jest z pewnymi ograniczeniami.

Dotyczą one przede wszystkim wysokiej ceny nowego sprzętu, a tym samym wyposażenia sal dydaktycznych (komputer, oprogramowanie, projektor multimedialny itp.) oraz niewelkiej liczby recenzowanych programów multimedialnych dostępnych na rynku.

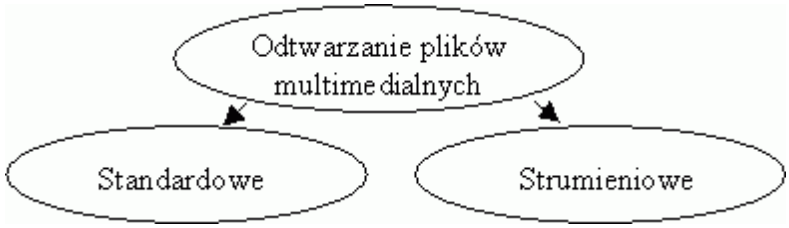
Odpowiedzią na opisane problemy może być rozwijająca się z roku na rok edukacja na odległość wykorzystująca Internet, który jest najbardziej powszechnym środowiskiem propagującym ideę multimediów. Wraz z pojawieniem się usługi WWW powstała możliwość swobodnego przesyłania obrazów, filmów, grafiki, tekstów i dźwięku między dowolnymi punktami na świecie. Racjonalne korzystanie z tych zasobów sprawia, że jest to bardzo efektywne narzędzie uatrakcyjniające i optymalizujące proces nauczania i uczenia się. Internet umożliwia ponadto nie tylko docieranie do informacji w formie multimedialnej, ale również jej przechowywanie, przekształcanie i przesyłanie, bez ograniczeń przestrzennych i czasowych (nieprzerwana praca sieci). Pozwala także na pełną indywidualizację procesu nauczania poprzez wykorzystanie najlepszego czasu do nauki oraz dostosowanie szybkości uczenia się do możliwości ucznia/studenta. Efektywne wykorzystanie multimedialnych możliwości Internetu wymaga jednak przekazywania bardzo dużych ilości informacji. Każda sekunda zapisu dźwięku kodowanego z jakością CD (16-bitów; 44,1 kHz) zajmuje 88 kilobajtów pamięci. Nawet niedługi utwór trwający minutę wymaga zatem ponad 5 megabajtów pamięci. Jeszcze większe kłopoty sprawia rejestracja cyfrowego zapisu obrazu. Pojedynczy obraz telewizyjny w systemie PAL (rozdzielczość 720 x 576) zakodowany przy użyciu ośmiu bitów dla składowych RGB oznacza ponad 1 MB pamięci, a więc każda sekunda filmu wyświetlanego w tempie 25 kadrów na sekundę wymaga około 30 MB danych. Dodatkowym utrudnieniem jest transfer tak dużych ilości informacji, najtańsze łącza telefoniczne wykorzystujące modemy pracujące z szybkością kilkudziesięciu kilobitów na sekundę są zwykle w takich zastosowaniach zbyt wolne. Znacznie większą szybkość transmisji uzyskuje się co prawda przy użyciu sieci cyfrowych (ISDN, DSL), ale są one znacznie droższe i nie zawsze dostępne.

Rozwiązaniem problemów związanych ze znaczną wielkością plików multimedialnych w szczególności plików wideo oraz ich przesyłem jest technologia strumieniowania plików, która będzie scharakteryzowana w kolejnych punktach niniejszej publikacji.

TECHNOLOGIA STRUMIENIOWANIA PLIKÓW

IDEA TECHNOLOGII

Multimedia strumieniowe należą do jednych z najnowocześniejszych i najnowszych technologii umożliwiających zdobywanie informacji w Internecie. Są to te same media, z którymi można spotykać się na co dzień jednak dostarczane do odbiorcy nie w postaci pliku, lecz strumienia danych [5] (rys. 3).



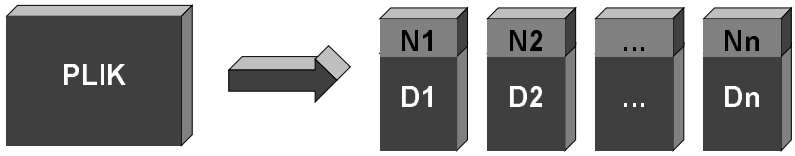
Rys. 3. Możliwości odtwarzania plików multimedialnych w Internecie

W przypadku standardowego odtwarzania pliku, zanim zostanie on uruchomiony (odtworzony) musi być najpierw w całości pobrany z Sieci przez przeglądarkę użytkownika. Jest to rozwiązanie bardzo kłopotliwe w przypadku „dużych" plików multimedialnych (tab.2).

Tabela 2. Czasy pobrania przez przeglądarkę internetową przykładowego pliku przy różnych szybkościach transferu

Szybkość transferu [kb/s]	Wielkość przykładowego pliku [MB]	Czas pobrania pliku [min]
56	10	prawie 25
512		prawie 3

Strumieniowanie to technika dostarczania informacji opierająca się na transmisji strumienia pakietów danych poprzez Internet (rys.4).



N – nagłówek (adres docelowy, numer pakietu, wskaźnik ostatniego pakietu)
D – dane

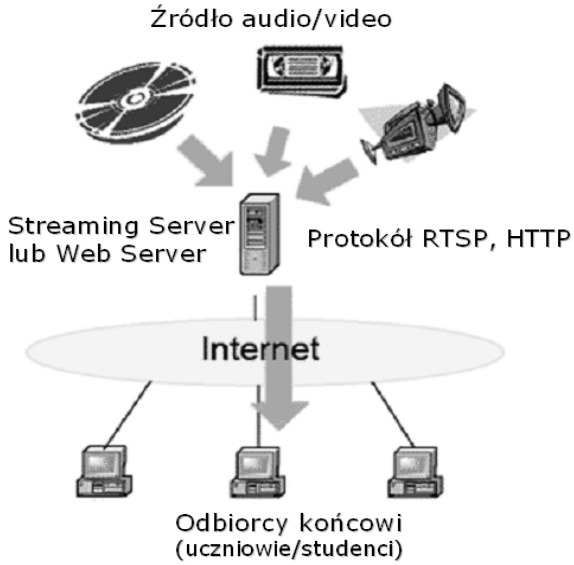
Rys. 4. Podział pliku na strumień pakietów (komutacja pakietów)

Każdy pakiet zawiera ilość informacji wystarczającą do odtworzenia fragmentu pliku multimedialnego. Dane odtwarzane są na bieżąco (w czasie rzeczywistym) bez potrzeby pobrania pliku w całości. Wyróżnia się dwa rodzaje dostępu do multimediów strumieniowych: na żywo oraz na życzenie.

Transmisja na żywo w procesie kształcenia jest realizowana bardzo rzadko i podobna jest do transmisji telewizyjnej. Ponadto wymaga zastosowania w systemie specjalnego serwera (Streaming Server) i jest realizowana w opraciu o protokół RTSP (Real Time Streaming Protocol), którego zadaniem jest sterowanie dostarczaniem danych czasu rzeczywistego (np. rozgałęzienie strumienia).

W przypadku transmisji na żądanie użytkownik (uczeń/student) w dowolnym, korzystym dla siebie czasie może wybrać i odtworzyć pokaz multimedialny przechowywany na serwerze. W tego typu transmisji może być wykorzystany bardzo popularny serwer WWW oraz protokół HTTP (Hypertext Transfer Protocol), który ma wiele funkcji pokrywających się z protokołem RTSP, dzięki czemu może udostępniać na żądanie dokumenty WWW z zawartością multimedialną.

Idea transmisji strumieniowej polega na zakodowaniu i jednoczesnej kompresji dokumentu multimedialnego za pomocą odpowiedniego oprogramowania, następnie na przekazaniu tych danych na serwer, który z kolei dostarcza je do wszystkich odbiorców (rys. 5).



Rys. 5. Schemat strumieniowej transmisji plików

Konfiguracja systemu jest nazywana w nomenklaturze informatycznej systemem klient–serwer. Klientem jest komputer użytkownika z zainstalowaną przeglądarką internetową oraz odtwarzaczem, który składa (dekoduje) odebrane z serwera pakiety w gotową prezentację. Materiał dostarcza serwer (komputer) internetowy wybierany przez użytkownika przez podanie odpowiedniego adresu. Zalety takiego rozwiązania są oczywiste: internauci nie są narażeni na długotrwałe oczekiwanie na załadowanie całego pliku.

ZALETY STRUMIENIOWANIA PLIKÓW

Technologia mediów strumieniowych pozwala na elastyczny i bardzo wygodny transfer plików multimedialnych poprzez środowisko internetowe (rys. 6).

Rys. 6. Zalety wykorzystania strumieniowej transmisji danych

Do najważniejszych zalet prezentowanej technologii należy zaliczyć to, że użytkownik komunikatu multimedialnego ma możliwość jego niezakłóconego odbioru bez względu na czas trwania komunikatu oraz szybkość połączenia internetowego. Dodatkowo następuje prawie natychmiastowe odtwarzanie pliku (niewielkie opóźnienia są konieczne ze względu na buforowanie pakietu danych) i nie jest on pobierany na twardy dysk użytkownika, co ma nie małe znaczenie ze zwględu na to, że wielkość takiego pliku wynosi zwykle kilkadziesiąt, a nawet kilkaset megabajtów.

SYSTEMY MULTIMEDIÓW STRUMIENIOWYCH (OPROGRAMOWANIE)

Rynek multimediów strumieniowych został zdominowany praktycznie przez trzy firmy: Apple z opracowanym system multimediów strumieniowych pod nazwą QuickTime, Microsoft z systemem Windows Media oraz RealNetworks z systemem RealMedia. Obecnie najpowszechniej stosowany w Internecie jest format plików strumieniowych opracowany przez tę ostatnią firmę. System RealMedia podobnie jak pozostałe systemy składa się z trzech elementów [6]:

- RealProducer – przekształca dane multimedialne w format .rm (strumieniuje plik) i jednocześnie je kompresuje;

- RealServer – realizuje strumieniowe przesyłanie danych (jest bezwzględnie wymagany przy transmisji na żywo);
- RealPlayer – dekoduje dane i odtwarza prezentację multimedialną u końcowego użytkownika.

Oprócz zaawansowanych możliwości technicznych niewątpliwie znacznym atutem systemu RealMedia jest fakt, że wszystkie składniki systemu w podstawowych wersjach dostępne są bezpłatnie. Firma RealNetworks wymaga natomiast odpłatności za wersje rozszerzone - zawierające np. dodatkowe systemy kodowania, pozwalające na obsługę większej liczby strumieni, czy też zapis na własny dysk odbieranej transmisji. Godna uwagi jest także wieloplatformowość systemu - oprogramowanie dostępne jest zarówno w wersjach dla Windows, Macintosha jak i szeregu platform unixowych.

ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA MULTIMEDIÓW STRUMIENIOWYCH W EDUKACJI

W edukacji multimedia strumieniowe mogą służyć przede wszystkim do transmisji na żywo lub w trybie asynchronicznym [3, 7]:

- tradycyjnych wykładów;
- hiperwykładów (nowy rodzaj przekazu wiedzy w którym przekaz audio jest synchronizowany z np. tekstem, z mapami, obrazami, sekwencjami wideo oraz ze stronami WWW, które są zmieniane na życzenie wykładowcy);
- seminariów;
- materiałów szkoleniowych;
- filmów instruktażowych (np. podczas zajęć laboratoryjnych);
- uroczystości akademickich/szkolnych.

W Sieci można znaleźć liczne gotowe materiały audio/wideo w postaci plików strumieniowych wspomagające proces kształcenia. Są to przede wszystkim materiały emitowane przez telewizję interaktywną (iTV). Telewizja ta jest ideą połączenia zaawansowanych metod przekazu łączących telewizję i Internet w celu zaangażowania odbiorcy w transmitowane treści. iTV zmienia tradycyjny model przekazywania pasywnego treści w model, gdzie odbiorca w głównej mierze decyduje co i kiedy chce oglądać. Od 2005 roku również w Polsce działa telewizja interaktywna. Jest to projekt badawczo-wdrożeniowy prowadzony przez Telewizję Polską, którego realizacja ma umożliwić udostępnianie - poprzez Internet - oferty interaktywnej w skali ogólnopolskiej. Dla wykładowców, czy studentów ciekawą propozycją mogą być udostępnione na stronie iTVP odcinki programu naukowego Laboratorium lub porgramu Symulator faktu w których poruszane są aktualne problemy z różych dziedzin nauki, szczególnie techniki.

Inną propozycją może być Akademicka Telewizja Naukowa (ATN), która zawiera dużą liczbę filmów w postaci plików strumieniowych (w formacie .rm). Telewizja ta nadaje od 2002 roku i na swojej stronie posiada archiwum wszystkich wyemitowanych programów [3]. W przypadku informatyki i szeroko pojętej techniki tytuły wybranych filmów przedstawione są w tabeli 3.

Tabela 3. Tytuły wybranych filmów dostępnych w archiwum ATN (http://www.atvn.pl stan: marzec 2008 r.)

Lp.	Tytuł filmu	Czas trwania
1.	Ewolucja systemów e-learningowych	22 min
2.	Białka z komputera (cz. I-III)	3 × 20 min
3.	Rozpoznawanie obrazów	9 min
4.	Komputer projektuje	19 min
5.	Studia przez Internet	24 min
6.	Świat informacji	19 min
7.	Szyfry i ich łamanie (cz. I-II)	27 + 44 min
8.	Centrum badań wysokociśnieniowych PAN	8 min
9.	Ciekłe kryształy	14 min
10.	Maszyna współrzędnościowa – robotyka pomiarowa	11 min
11.	The infrared world	13 min
12.	Badanie przy pomocy tomografii komputerowej	26 min
13.	Nanomateriały	15 min
14.	Mechanizmy w mikroskali	10 min

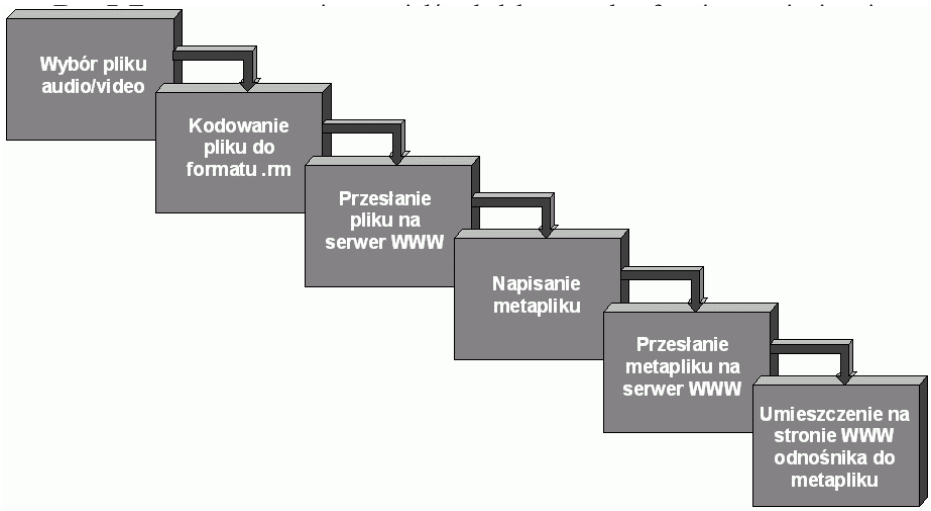
Filmy te mogą być odtwarzane na zajęciach, jak również stanowić pomoc w indywidualnym rozszerzaniu wiedzy przez studentów. Ważną rolę mogą także odgrywać w procesie samouctwa informatycznego i technicznego, co ma szczczególnie istotne znaczenie w przypadku nauczycieli.

Drugim nurtem wykorzystania multimediów strumieniowych w edukacji może być samodzielne tworzenie filmów edukacyjnych przede wszystkim przez samych studentów (patrz pkt 3). Działanie takie cechuje się bardzo wysokimi wartościami kształcącymi. Zadaniem studentów jest ścisła współpraca w grupie, gdzie muszą zebrać wiadomości na określony temat, napisać scenariusz filmu, zrealizować go, a następnie opublikować w Sieci. Zdobywają w ten sposób nową wiedzę na określony temat, a dodatkowo doskonalą swoje umiejętności informatyczne, praca taka ma więc charakter interdyscyplinarny. Nie bez znaczenia ma również rozwijanie u studentów kompetencji informacyjnych, dzięki czemu nabywają umiejętność efektywnego wyszukiwania, gromadzenia, przechowywania i wykorzystywania informacji. Warto również wspomnieć o tym, że jest to kolejny sposób na ukazanie nowych

kierunków wykorzystania technologii informacyjnej w poznawaniu i nauczaniu różnych dziedzin.

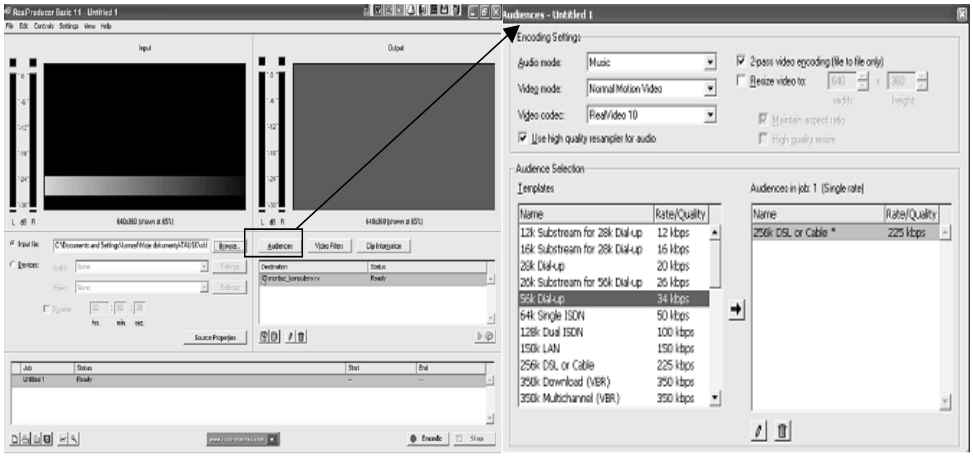
POSZCZEGÓLNE FAZY PRZYGOTOWANIA WŁASNYCH MATERIAŁÓW DYDAKTYCZNYCH W FORMIE STRUMIENIOWEJ

Aby móc w pełni wykorzystać wspomniane wcześniej zalety technologii strumieniowania plików należy odpowiednio przygotować materiały multimedialne przed ich publikacją w Internecie. Na rysunku 7 przedstawione są poszczególne etapy takiego przygotowania z wykorzystaniem systemu RealMedia oraz serwera WWW [6].



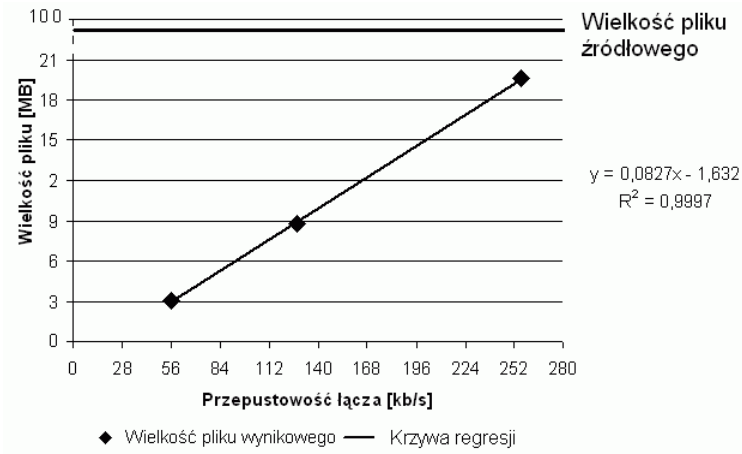
Pierwszym krokiem jest wybór pliku, który będzie podlegał edycji. Może to być „własna produkcja", ewentualnie można wykorzystać gotowe materiały (np. firmy Operon specjalizującej się w tworzeniu filmów edukacyjnych wspomagajacych proces kształcenia w gimnazjum).

Następna faza to kodowanie pliku, a więc podział pliku na pakiety oraz jego kompresja, tak aby plik wynikowy zajmował możliwie najmniej miejsca. Na tym etapie należy wykorzystać program RealProducer. Interfejs programu podzielony jest na dwie cześci: lewy panel związany jest z plikiem źródłowym, który jest poddawany edycji, z kolei w prawym panelu można ustawiać parametry pliku wynikowego. Przed rozpoczęciem kodowania należy przede wszystkim określić dla jakiej przepustowości łącz ma być przystosowany materiał multimedialny. Zależnie od określonej szybkości dostosowana zostanie jakość filmu (rys. 8).



Rys. 8. Interfejs programu RealProducer oraz okno dialogowe umożliwiające ustalenie jakości pliku wynikowego w zależności od przepustowości łącza odbiorcy

W zależności od „mocy" komputera na którym dokonuje się kodowania, wielkości pliku źródłowego oraz ustawionej jakości pliku wynikowego czas operacji może sięgać od kilku do kilkudziesięciu minut, przy czym otrzymuje się dane w formacie RelaMedia (o rozszerzeniu .rm) o znacznej kompresji (rys.9). Wielkość pliku po konwersji nie ma znaczenia dla końcowego odbiorcy, ale mniejszy plik absorbuje mniejsze zasoby serwera i można go szybciej przetransferować za pomocą klienta FTP (w przypadku zdalnego dostępu do serwera WWW). Należy pamiętać także o tym, że wraz ze wzrostem kompresji obniża się jakość wyświetlanego obrazu i słyszanego dźwięku.



Rys. 9. Wielkość zakodowanego pliku w zależności od wybranej przepustowości łącza odbiorcy końcowego (pomiar dla 56, 128 i 256 kb/s)

Na rysunku 9 można zaobserwować silną korelację liniową (współczynnik Pearsona r = 0,999) między wielkością pliku wynikowego i przepustowością łącza dla jakiej został on zakodowany. Na podstawie szeregu prób można stwierdzić, że ponad 10-krotna kompresja pliku źródłowego przy kodowaniu dla przepustowości łącza 128 kb/s tylko nieznacznie wpływa na obniżenie jakości mateirału multimedialnego. W związku z czym można wnioskować, że jest to najbardziej optymalny wybór.

Kolejna faza to przesłanie zakodowanego pliku na serwer WWW, skąd będzie mógł być pobierany przez potencjalnych odbiorców. Aby jednak film był odtwarzany strumieniowo, należy napisać niewielki (kilkanaście bajtów) plik zawierający informację o adresie, z którym należy się połączyć, aby odtworzyć właściwe nagranie – jest to tzw. metaplik (ang. metafile). Można do tego wykorzystać dowolny edytor tekstu, przy czym plik należy zapisać z rozszerzeniem .ram. Przykładowy zapis może wyglądać następująco: http://www.nazwaserwera.pl/katalog/film.rm. Następnie metaplik należy przesłać na serwer, a na stronie WWW umieścić do niego odnośnik. W wyniku tej operacji odbiorca po kliknięciu odnośnika spowoduje „ściągnięcie" przez przeglądarkę internetową metapliku (co ze względu na jego niewielkie rozmiary odbywa się praktycznie natychmiast) i uruchomienie na podstawie jego typu MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions – standard oznaczania typu danych) odtwarzacza strumieniowego (RealPlayer). Ten odczytuje z metapliku adres właściwej transmisji i łącząc się z tym adresem rozpoczyna odtwarzanie. Strumień przesyłany jest wóczas zwykłym protokołem HTTP z serwera WWW.

PODSUMOWANIE

Obecnie w celu przesyłania informacji budującej wiedzę z określonej dziedziny wykorzystuje się różne technologie - od prostego podłączenia komputera za pomocą modemu i zwykłej linii telefonicznej do szybkich łącz satelitarnych.

Dodatkowo obserwuje się bardzo szybki wzrost technologiczny aplikacji, które stwarzają nowe możliwości prowadzenia procesu edukacyjnego opartego o internetowe medium.

Nowością kilku ostatnich lat jest technologia strumieniowania plików, która rozszerzyła znacząco dotychczasowe zastosowania Internetu o zupełnie nowe obszary, np.: radio i telewizję interaktywną, wirtualne wideokonferencje itp. Technologia ta znajduje także coraz szersze zastosowanie w edukacji niestacjonarnej, szczególnie w edukacji na odległość. Rozwiązała ona podstawowy problem, jakim była zbyt mała przepustowość łączy, która ograniczała możliwości pełnego wykorzystania dźwięku i wideo w Sieci. Dzięki czemu można obecnie stosować treści multimedialne, które są bardzo ważnym elementem stymulującym motywację do nauki w kształceniu tego typu. Szczególnie w takich dziedzinach jak technika i informatyka można, a nawet trzeba wykorzystywać materiały multimedialne, tak aby nauczanie stało się jak najbardziej atrakcyjne i efektywne. Multimedia strumieniowe można oczywiście zastosować i w kształceniu

stacjonranym, wykorzystując wiele materiałów filmowych znajdujących się w Internecie, jedynym ograniczeniem może okazać się niedostateczne wyposażenie sal dydaktycznych w sprzęt audiowizualny.

LITERATURA

1. Bednarek J.:Multimedia w kształceniu. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
2. Gajda J, Juszczyk S, Siemieniecki B, Wenta K.: Edukacja medialna. Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2005.
3. Gauda K.: Rola Internetu w samokształceniu i samouctwie nauczycieli informatyki. W: Społeczno-pedagogiczna użyteczność technologii informacyjnych, pod red. F. Lisa, Lubelskie Wydawnictwo Naukowe, Lublin 2007.
4. Siemienicki B.: Komputer w edukacji. Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2006.
5. Siemienicki B.:Technologia informacyjna w polskiej edukacji. Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2002.
6. http://realnetworks.com
7. http://streaming.wisconsin.edu

Streszczenie

Referat porusza problemy zastosowania multimediów w edukacji, szczególnie w kształceniu technicznym i informatycznym. W dalszej części przedstawiona została coraz częściej wykorzystywana w Internecie technologia strumieniowania plików oraz przeanalizowane zostały możliwości jej wykorzystania. Na zakończenie opisane są poszczególne fazy dotyczące przygotowania i publikacji własnych materiałów dydaktycznych w formie strumieniowej.

USING OF STREAMING MEDIA IN TECHNICAL AND COMPUTER EDUCATION

Summary

The paper discusses problems of use of multimedia in education, particularly in technical and computer education. Moreover, the streaming technology is presented as well as the possibilities of use of the technology is analysed. Finally, the respective phases of preparation and publication of own didactic materials in stream mould are described.

Krzysztof Dziedzic*, Renata Lis*, Jerzy Montusiewicz*

GRAFIKA BITMAPOWA W NAUCZANIU PRZEDMIOTU *TECHNIKI MULTIMEDIALNE*

WSTĘP

Grafika bitmapowa cieszy się obecnie ogromnym zainteresowaniem użytkowników komputerów, a to za sprawą rozpowszechnienia fotografii cyfrowej, która stała się wszechobecna we współczesnym świecie. Ogólna dostępność aparatów cyfrowych, montowanie ich w wielu modelach telefonów komórkowych oraz możliwość wykonywania zdjęć przy zastosowaniu kamer cyfrowych rozbudziły u wielu użytkowników tych urządzeń zainteresowania związane z wykorzystaniem zdjęć. Ogromną zaletą fotografii cyfrowych jest wszechstronność ich prezentowania. Zdjęcie, które jest bitmapą, może być przesyłane przy użyciu telefonów komórkowych – poprzez funkcje MMS, albo poprzez pocztę komputerową, można je umieszczać na stronach WWW, a także prezentować publicznie wykorzystując rzutniki multimedialne. Zdjęcia te można również pokazywać w formie klasycznej wykonując odbitki w punktach usługowych lub drukując na specjalnym papierze przy zastosowaniu domowego sprzętu.

Obrazy bitmapowe uzyskujemy także przeprowadzając digitalizację zdjęć klasycznych i innych materiałów fotograficznych – slajdów oraz negatywów. Uniwersalne skanery domowe oraz urządzenia specjalistyczne do tworzenia zdjęć cyfrowych z błon fotograficznych są obecnie ogólnie dostępne. Ponadto charakteryzują się wystarczająco dobrymi parametrami, aby proces digitalizacji przeprowadzić szybko przy zadowalającym rezultacie końcowym. Powszechna moda na tworzenie cyfrowych albumów rodzinnych ze zdjęć archiwalnych prowadzi użytkowników komputerów do konieczności zgłębienia wielu tajemnic dotyczących obiektów bitmapowych. Zainteresowani muszą przyswoić sobie takie zagadnienia, jak: zapis i kompresja obrazów, właściwości stosowanych formatów, głębia kolorów, rozdzielczość, a także możliwości edycji zapisanych obrazów.

Prezentowana praca dotyczy praktycznego zastosowania grafiki bitmapowej w codziennym życiu, a także sposobów jej nauczania w ramach przedmiotu *techniki multimedialne*.

* Krzysztof DZIEDZIC, Renata LIS, Jerzy MONTUSIEWICZ – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

TWORZENIE PROGRAMU DO PRZEDMIOTU *TECHNIKI MULTIMEDIALNE*

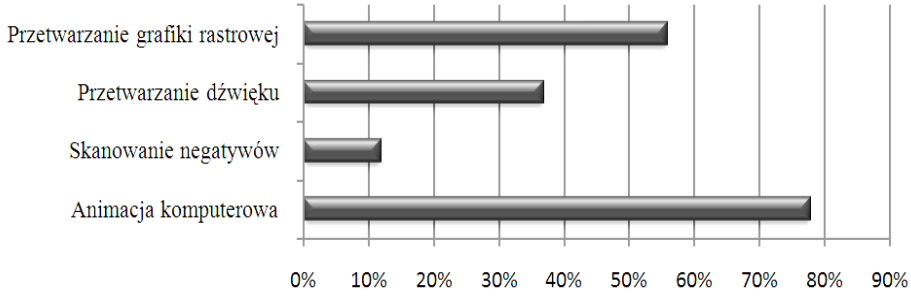
Przedmiot *techniki multimedialne* pojawił się w siatkach kierunku edukacja techniczno-informatyczna od trzech lat. Analiza nazwy przedmiotu wskazuje, że zakres powinien obejmować prezentacje tematów bezpośrednio dotyczących zagadnień obrazu i dźwięku. Problematyka ta była dość szczegółowo opisana w pracy [7]. Ostatecznie układając program przyjęto, że należy zrealizować dwa główne cele:

- program wykładu powinien dać solidne podstawy teoretyczne do zrozumienia zagadnień dotyczących tworzenia oraz przetwarzania obrazu i dźwięku cyfrowego,
- zajęcia laboratoryjne muszą wyrównywać poziom umiejętności wszystkich studentów do określonego standardu.

Przygotowany program wykładów i laboratorium w pierwotnej formie obejmował zagadnienia dotyczące grafiki komputerowej (klasyfikacja, kompresja plików bitmapowych, łączenie grafiki wektorowej i bitmapowej, podstawowe operacje edycji grafiki bitmapowej, projektowanie trójwymiarowych napisów animowanych, grafika prezentacyjna – obiekty slajdu multimedialnego, uzyskiwanie obrazów cyfrowych z wykorzystaniem aparatów cyfrowych oraz skanerów, modela barwne) oraz dźwięku (digitalizacja dźwięku i metody kompresji, podstawy przetwarzania dźwięku, a także nagrywanie plików muzycznych).

Ze względu na nieustanny rozwój technologii komputerowych i informatycznych, a także zwiększający się dostęp młodzieży do nowego sprzętu, podjęto trud nieustannego monitorowania w formie badań dotyczących oczekiwań studentów wobec treści kształcenia z zakresu *technik multimedialnych* [4, 7, 8]. Badaną próbę stanowili studenci uczestniczący w zajęciach z przedmiotu *techniki multimedialne* w semestrach zimowych 2005/2006, 2006/2007 i 2007/2008. W sumie, w badaniu wzięły udział 283 osoby studiujące w systemie stacjonarnym na III roku kierunku edukacja techniczno-informatyczna w Politechnice Lubelskiej, w tym 96 osób w I turze badania, 104 osoby w II turze i 83 w III turze. Badania zrealizowano metodą sondażu diagnostycznego. Przeprowadzone badania ankietowe wykazały, iż oczekiwania studentów wobec treści kształcenia z zakresu *technik multimedialnych* dotyczą głównie zagadnień związanych z grafiką komputerową. Prawie 78% badanych chciałoby na zajęciach zajmować się animacją komputerową, a 56% przetwarzaniem grafiki rastrowej (rys. 1). Nieco mniej studentów wskazało na potrzebę rozwijania wiedzy i umiejętności dotyczących przetwarzania dźwięku (37%) i skanowania negatywów (12%).

Podsumowując badania ankietowe można stwierdzić, iż oczekiwania studentów wobec zagadnień, które chcieliby realizować na zajęciach z *technik multimedialnych*, w znacznej mierze pokrywają się z zaleceniami treści programowych MEiN.



Rys. 1. Wskazania zagadnień, które studenci chcieliby realizować na zajęciach

CHARAKTERYSTYKA GRAFIKI BITMAPOWEJ

Grafika komputerowa w dzisiejszym rozumieniu jest pojęciem bardzo szerokim i wymagającym uszczegółowienia, aby było dobrze rozumiane przez użytkowników programu komputerowych. Podział grafiki komputerowej można przeprowadzić ze względu na sposób zapisywania obrazu, liczbę wymiarów oraz funkcję jaką grafika spełnia [2].

Sposób zapisywania obrazu pozwala na wyodrębnienie: grafiki wektorowej, grafiki bitmapowej oraz grafiki fraktalnej. W pracy przedstawiono skrócony opis wyłącznie grafiki bitmapowej.

W grafice bitmapowej zapis obrazu następuje poprzez zapamiętanie współrzędnych każdego punktu zwanego pikselem i jego barwy. Piksele rozmieszczone są w wierszach i kolumnach, a cały obraz w swojej pierwotnej wersji jest jednym obiektem, niezależnie od tego, co przedstawia. Grafika ta doskonale odzwierciedla nieregularne kształty i tonalne przejścia kolorów. Piksel jest najmniejszym elementem zawierającym informacje o obrazie, dlatego zbyt duże jego powiększanie powoduje rozmywanie granic elementów obrazu. Pliki grafiki bitmapowej zajmują dużą przestrzeń dyskową, ich rozmiary zależną przede wszystkim od liczby pikseli oraz przyjętej głębi kolorów.

Zastosowanie różnych typów grafiki komputerowej jest przede wszystkim powiązane z ich właściwościami. Grafika wektorowa 2D służy zazwyczaj do komputerowego zapisu konstrukcji projektowanych układów technicznych. Wektorowa grafika 3D umożliwia z jednej strony modelowanie obiektów technicznych, z drugiej zaś przygotowywanie modeli postaci filmowych i bohaterów gier komputerowych, które, poprzez poprawnie wykonany rendering oraz animację, można ożywić w wirtualnej rzeczywistości. Trójwymiarowa grafika fraktalna pozwala sprawnie generować fotorealistyczne krajobrazy oraz roślinność.

GRAFIKA BITMAPOWA W PROGRAMIE PRZEDMIOTU *TECHNIKI MULTIMEDIALNE*

Mając na uwadze wyniki badań ankietowych z lat 2005–2008 program zajęć (szczególnie część laboratoryjna) został tak zmodyfikowany aby tematyka ćwiczeń była zgodna z oczekiwaniami studentów. W związku z tym rozszerzono znacznie treści dotyczące grafiki bitmapowej.

Obiekty grafiki bitmapowej pełnią bardzo ważne i wielorakie funkcje:

- mogą istnieć samodzielnie jako zdjęcia cyfrowe w świecie wirtualnym lub wydrukowane na papierze (zdjęcia mogą zostać wykonane przy użyciu aparatu cyfrowego lub w procesie digitalizacji fotografii klasycznych poprzez proces skanowania),
- mogą być łączone z grafiką wektorową spełniając funkcję tła oraz wypełnień,
- mogą pełnić rolę tekstury lub odzwierciedlać rzeczywiste materiały, które służą do pokrywania powierzchni modelowanych obiektów 3D przy uzyskiwaniu fotorealistycznych obrazów generowanych w procesie renderowania,
- mogą być ilustracjami obiektów grafiki wektorowej, fraktali, slajdów multimedialnych powstającymi jako zrzuty ekranowe,
- mogą być elementami graficznymi znajdującymi się na slajdzie multimedialnym,
- mogą być obiektami animowanymi, np. na slajdach multimedialnych, lub jako obrazki zapisane w formacie GIF [6].

To wszystko sprawia, że grafice bitmapowej warto poświęcić szczególną uwagę, aby można było prawidłowo ją wykorzystać tworząc cyfrowe albumy rodzinne, przygotowując do druku materiały reklamowe, foldery informacyjne, wykonując atrakcyjne prezentacje multimedialne oraz fotorealistyczne sceny, na których przeprowadza się modelowanie trójwymiarowe.

Na rysunku 2 przedstawiono przykłady obiektów grafiki bitmapowej.

Do realizacji wspomnianych celów przygotowano materiały dydaktyczne kształtujące umiejętności korzystania z grafiki bitmapowej w programie GIMP oraz stworzono koncepcję weryfikacji umiejętności nabytych przez studentów w trakcie zajęć laboratoryjnych.

SPOSOBY NAUCZANIA GRAFIKI BITMAPOWEJ W PROGRAMIE GIMP

Jednym z trudniejszych zadań dydaktycznych w procesie kształcenia studentów jest przekazanie im wiedzy i umiejętności dotyczących grafiki bitmapowej. Standardy kształcenia dla kierunku edukacja techniczno-informatyczna nie precyzują dokładnie metodyki jej nauczania. W związku z tym celowym wydaje się zarówno zaproponowanie adekwatnego oprogramowania komputerowego, jak nauczania sposobu posługiwania się nim oraz oceniania wyników. Odpowiednio dobrana metoda nauczania może pobudzić ciekawość studentów oraz zwiększyć ich zainteresowanie i aktywność w trakcie prowadzonych zajęć.

Rys. 2. Przykłady obiektów grafiki bitmapowej: a) zdjęcie; b) wypełnienie obiektu WordArt; c) materiał odzwierciedlający drzewo w modelowaniu 3D; d) tło przy łączeniu z grafiką wektorową 2D; e) zrzut ekranowy bryły trójwymiarowej; f) zdjęcia tworzące slajd multimedialny

OPIS PROGRAMU GIMP

Program GIMP zdobywa w ostatnim czasie coraz większe grono użytkowników zajmujących się praktycznym wykorzystaniem grafiki bitmapowej. Jest to funkcjonalne i bezpłatne narzędzie, które można wykorzystać w procesie kształcenia studentów. Stanowi alternatywę komercyjnego oprogramowania, takiego jak Photoshop czy Corel Photo Paint. GIMP, którego nazwa pochodzi od GNU Image Manipulation Program, to aplikacja służąca do tworzenia i obróbki grafiki bitmapowej. Ważną jego zaletą jest dostępność nie tylko w systemie MS Windows, ale również w systemach Linuks i Mac OS X. Dostępny jest również na płytach Live Cd. Program GIMP jest ciągle rozwijany najnowszą wersję oznaczono numerem 2.4.5. Każdy student może bez ponoszenia kosztów korzystać z oprogramowania zarówno na zajęciach laboratoryjnych, jak i w domu.

Program oferuje szeroki wybór narzędzi, które pozwalają na realizację różnych zadań. Narzędzia te można podzielić na pięć grup [1, 3, 9]:

- narzędzia selekcji, pozwalające utworzyć lub zmodyfikować obszar obrazu, którego dotyczyć będą dalsze operacje,
- narzędzia rysownicze,
- narzędzia przekształcania, które umożliwiają zmianę kształtu i geometrii obrazu,
- narzędzia kolorów, pozwalające na zmianę rozkładu kolorów w całym obrazie,
- inne narzędzia, których nie można jednoznacznie zakwalifikować do żadnej z powyższych kategorii.

Do ważniejszych możliwości oferowanych w programie GIMP należą:

- praca na warstwach – obraz w programie składa się z warstw, które leżą jedna na drugiej tworząc tzw. stos (warstwa posiada własną nazwę, może mieć rozmiar mniejszy lub większy od obrazu),
- praca z użyciem filtrów – filtr służy do przekształcenia warstwy lub obrazu w celu uzyskania ciekawych i różnorodnych efektów (program GIMP posiada wbudowane filtry, ale istnieje także możliwość importowania filtrów z innych programów),
- praca ze skryptami Script-Fu - skrypt zawiera zestaw instrukcji, jakie program wykonuje po jego wywołaniu (w programie GIMP istnieje wbudowany zestaw gotowych skryptów, które można wykorzystywać podczas pracy),
- wtyczki, które pozwalają na dodanie nowych typów plików i nowych filtrów.

Interfejs GIMPa opiera się na pracy z oknami programu. Okna zawierające palety i narzędzia można grupować w zakładki, dzięki czemu interfejs zyskuje na przejrzystości, a liczba otwartych okien znacznie się zmniejsza. Większość narzędzi aktywowana jest poprzez wybranie odpowiedniej ikony na pasku narzędzi lub polecenia z menu, lub też po użyciu skrótów klawiaturowych. Program obsługuje i umożliwia zapisywanie plików w większości popularnych formatów graficznych, takich jak: .gif, .bmp, .jpg, .png oraz posiada własny format, który zachowuje wielowarstwowość edytowanego obrazu.

PODZIAŁ TREŚCI NAUCZANIA

Zagadnienia z grafiki bitmapowej realizowane są na kierunku edukacja techniczno-informatyczna między innymi w ramach przedmiotu *techniki multimedialne* prowadzonego na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych. Treści wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych dotyczący tworzenia i edycji grafiki bitmapowej przy użyciu programu GIMP podzielono na następujące zagadnienia:

1. Podstawy grafiki bitmapowej - tworzenie grafiki bitmapowej przy użyciu aparatu cyfrowego i skanera, formaty zapisu plików graficznych, metody kompresji plików,
2. Przekształcanie i modyfikowanie obrazów – skalowanie, kadrowanie, obracanie, przesuwanie, zmiana perspektywy oraz modyfikacja kolorystyki obrazów,
3. Zaznaczanie i modyfikowanie zaznaczeń – zaznaczenia (selekcje) prostokątne i eliptyczne, sumowanie i odejmowanie zaznaczeń, zaznaczanie odręczne, zaznaczanie obszarów według kolorów, zaznaczanie sąsiadujących obszarów, wycinanie, tworzenie i modyfikowanie ścieżek, przykłady wykorzystania zaznaczeń,
4. Praca na warstwach – skalowanie, dodawanie, duplikowanie, ustalanie widoczności warstw, ścieżki i maski w warstwach,
5. Praca z tekstem – tworzenie i edytowanie tekstu, tworzenie efektów tekstowych przy wykorzystaniu filtrów i narzędzi wbudowanych w GIMPie,
6. Retusz fotografii – podstawy retuszu fotografii, przykłady wykorzystania narzędzi do retuszu fotografii,
7. Tworzenie efektów tła obrazu – filtry w GIMPie, tworzenie efektów tła z użyciem filtrów,
8. Tworzenie animowanych GIFów – formaty zapisu, podstawy tworzenia animowanych GIFów, przykłady tworzenia animacji w GIMPie,
9. Tworzenie elementów graficznych stron internetowych.

W ramach zajęć laboratoryjnych z *technik multimedialnych* wprowadzono również zestaw instrukcji obejmujących ćwiczenia poświęcone praktycznemu zastosowaniu programu GIMP. Instrukcje te pogrupowano tematycznie zgodnie z funkcjonalnością narzędzi dostępnych w programie, a ćwiczenia zostały opatrzone szczegółowym opisem i ilustracjami obrazującymi poszczególne etapy ich wykonywania. Instrukcje wraz z plikami dyskowymi zostały udostępnione na stronie internetowej [5] w celu samodzielnego rozwijania umiejętności przez studentów.

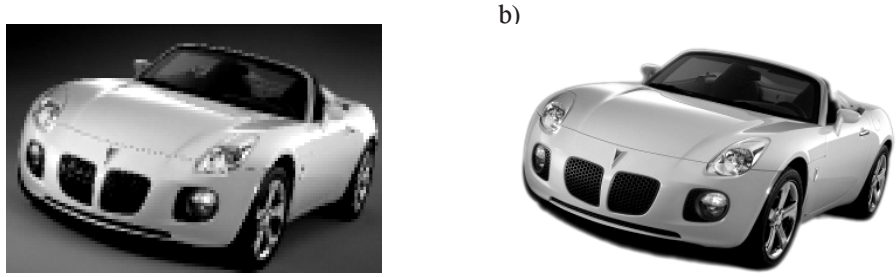
Na zajęciach laboratoryjnych z *technik multi*medialnych tematy z zakresu grafiki bitmapowej uzupełniane są dodatkowo, przy uwzględnieniu standardów kształcenia na kierunku edukacja techniczno-informatyczna, o tematy poświęcone tworzeniu prezentacji multimedialnych, przetwarzaniu i montażu dźwięku, komunikacji na odległość audio i video, łączeniu obrazów wykonanych w grafice bitmapowej i wektorowej oraz technik nagrywania płyt CD i DVD.

PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ PROGRAMU GIMP W ĆWICZENIACH

W ramach zajęć laboratoryjnych z przedmiotu *techniki multimedialne* studenci wykonują szereg projektów graficznych, począwszy od prostej edycji zdjęć a kończąc na zaawansowanych fotomontażach i animacji. Mając na względzie zróżnicowany poziom umiejętności informatycznych studentów, stopień trudności wykonania projektu jest zwiększany stopniowo.

Pracę z programem studenci zaczynają od poznania narzędzi przekształcania bitmap na przykładzie edycji zdjęć. Zadaniem studentów jest wykadrowanie określonych obszarów zdjęcia lub zeskalowanie obrazu do konkretnych wymiarów. Ćwiczenia dotyczące narzędzi selekcji pokazują praktyczne zastosowanie GIMPa w tworzeniu obrazów rastrowych od podstaw lub wykorzystując już istniejące (rys. 3).

a) b)

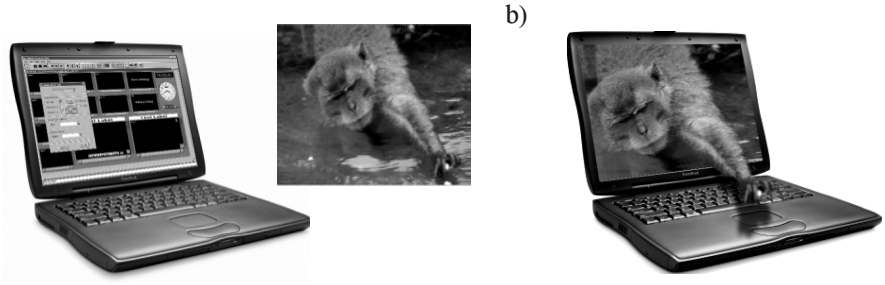


Rys. 3. Zastosowanie narzędzi selekcji: a) zdjęcie oryginalne ; b) obiekt wycięty

Studenci zanim przystąpią do wykonania w pełni samodzielnego projektu, muszą przede wszystkim opanować umiejętność pracy na warstwach. Pierwotny obraz bitmapowy otrzymany z aparatu cyfrowego, skanera lub jako zrzut ekranowy, jest jednolitym zbiorem pikseli. Program GIMP umożliwia tworzenie warstw oraz przenoszenie na nie zaznaczonych fragmentów obrazów. Warstwa jest niezależnym prostokątnym obrazem i posiada unikalną (w skali obrazu) nazwę. Nakładanie warstw zawierających pojedyncze obiekty graficzne pozwala na uzyskanie dowolnego efektu końcowego w postaci obrazu cyfrowego. Warstwy wyższe przysłaniają warstwy leżące niżej. Obraz może składać się z dowolnej liczby warstw ułożonych w stos, a każda z nich może być widoczna lub niewidoczna. W programie ustawiamy stopień krycia warstw z zakresu od 0 (pełna przezroczystość) do 100 (maksymalne krycie) [3]. Studenci na tym etapie ćwiczeń, mają za zadanie utworzyć fotomontaż z dwóch różnych obrazów (rys. 4).

Kolejny etap to praca z wykorzystaniem warstw tekstowych. Zadaniem studentów jest wykorzystanie programu do zaprojektowania napisów wzbogaconych różnymi efektami, np. cieniem, poświatą lub efektem trójwymiarowości – w praktyce efektem 2,5D (rys. 5).

a) b)



Rys. 4. Użycie warstw w przetwarzaniu bitmap: a) obrazy przed edycją; b) fotomontaż

a) b)

Rys. 5. Napisy wzbogacone efektami: a) okrąg i poświata; b) trójwymiarowość

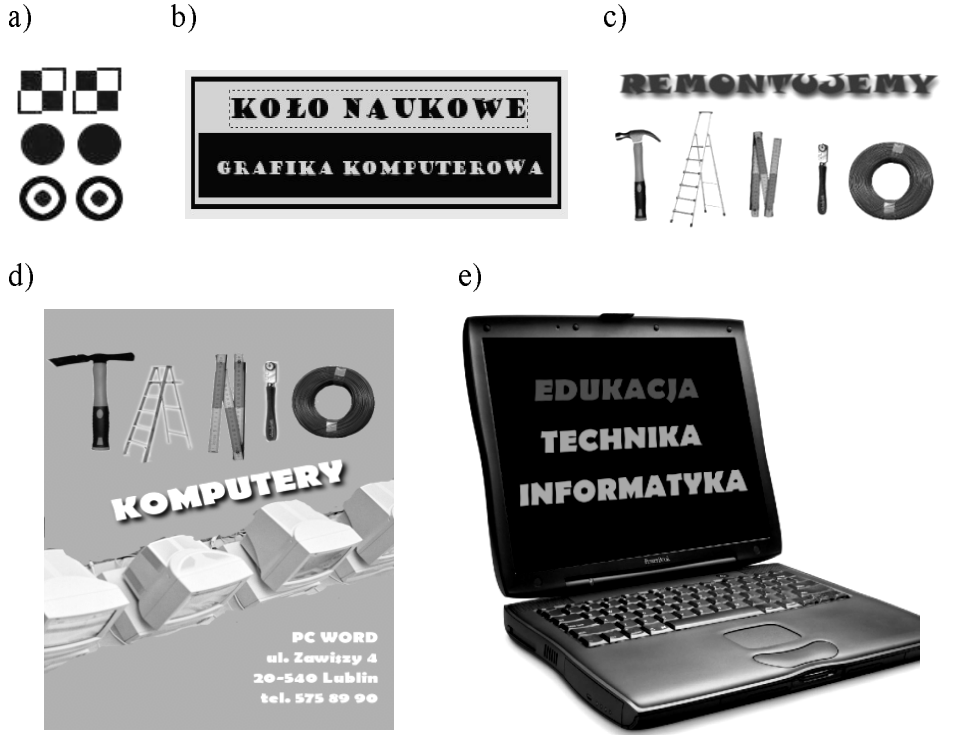
Program GIMP może być również wykorzystany jako narzędzie do tworzenia animacji 2D. Każda warstwa obrazu odpowiada jednej klatce animacji, wyświetlane jedna po drugiej dają efekt animacji. Tempo zmiany klatek można ustalać wpisując w nazwie warstwy czas jej wyświetlania (rys. 6). Studenci stosując tę funkcję uczą się wykonywać animowane bannery reklamowe, buttony, lub inne elementy stron WWW.

1. Warstwa Tło	KPT
2. Warstwa Katedra	KPT Katedra
3. Warstwa Podstaw	KPT Katedra Podstaw
4. Warstwa Techniki	KPT Katedra Podstaw Techniki
5. Warstwa Politechnika	POLITECHNIKA LUBELSKA

Rys. 6. Przykład wykonania animowanego bannera

WERYFIKACJA UMIEJĘTNOŚCI PRZETWARZANIA GRAFIKI BITMAPOWEJ

Sprawdzenie poziomu przyswojenia umiejętności przetwarzania grafiki rastrowej może kończyć się zaliczeniem praktycznym przy komputerach lub wykonaniem samodzielnego projektu. W pierwszym przypadku zadania powinny reprezentować zróżnicowany poziom umiejętności, od dostatecznego do bardzo dobrego. Natomiast wykonanie projektu powinno umożliwiać studentom wykazanie się kreatywnością w stosowaniu dostępnych narzędzi. Przykładowy sprawdzian umiejętności edycji bitmap został przedstawiony na rys. 7.



Rys. 7. Przygotowany sprawdzian umiejętności na ocenę: a) dostateczną; b) dostateczną plus; c) dobrą; d) dobrą plus; e) bardzo dobrą

Zamieszczone na rys. 7 obrazy przedstawiają efekt końcowy, jaki ma osiągnąć student dysponując obrazami z plików dyskowych i narzędziami dostępnymi w programie. Poprawne wykonanie wszystkich zadań zapewnia ocenę bardzo dobrą. Zadania wydawane są stopniowo, najpierw zadanie 7a, które wymaga zastosowania narzędzi selekcji, przekształcania i edycji kolorów oraz zadanie 7b, w którym należy posługiwać się warstwami i tekstem. Po ich poprawnych rozwiązaniu można pobrać zadanie 7c umożliwiające wykazanie się znajomością selekcji według koloru i stoso-

wania filtrów oraz zadanie 7d łączące wszystkie wcześniejsze opcje. Ostatnie zadanie 7e, pozwala na uzyskanie oceny bardzo dobrej, wymaga zastosowania animacji warstw, tak aby napisy widoczne na ekranie laptopa pojawiały się kolejno w odstępach 1 s.

Drugim zastosowanym sposobem oceny poziomu umiejętności przetwarzania grafiki rastrowej jest wykonanie projektu. Student ma tutaj możliwość wykazania się umiejętnością projektowania i myślenia koncepcyjnego. Przykładowym projektem może być wykonanie graficznego szablonu (layoutu) strony internetowej (rys. 8). W takim przypadku ocena końcowa zależeć będzie od rodzaju narzędzi edycyjnych zastosowanych przy tworzeniu projektu i efektów końcowych uzyskanych przy ich pomocy. W przypadku wykonania projektu godne uwagi jest to, iż student powinien wykazać się umiejętnością samodzielnego wyboru i zastosowania poszczególnych narzędzi programu.

Rys. 8. Wykonany projekt graficznego szablonu strony internetowej

PODSUMOWANIE

Posługiwanie się zaawansowanymi narzędziami do tworzenia i edycji obrazów rastrowych z całą pewnością jest istotną umiejętnością, którą absolwent kierunku edukacja techniczno-informatyczna może wykorzystać poszukując pracy. Obrazy bitmapowe jako graficzne obiekty komputerowe powszechnie wykorzystywane są w projektowaniu stron internetowych, prezentacji multimedialnych, ilustracji w albumach, książkach, folderach i ulotkach reklamowych. Pracowników z takimi umiejętnościami poszukują zakłady poligraficzne, agencje reklamowe i zakłady fotograficzne.

Uwzględniając oczekiwania studentów, potwierdzone wynikami przeprowadzonych badań ankietowych, wprowadzono modyfikację programu nauczania w ramach zajęć laboratoryjnych z przedmiotu *techniki multimedialne*. Zajęcia wzbogacone zostały o ćwiczenia dotyczące zastosowania podstawowych i zaawansowanych narzędzi do obróbki grafiki bitmapowej w programie GIMP. Opracowano oryginalne zestawy ćwiczeń laboratoryjnych oraz przygotowano pliki dyskowe do ich zrealizowania. Zestawy ćwiczeń wraz z plikami umieszczono na stronie internetowej jednego z nauczycieli prowadzących przedmiot. Studenci z dużym zainteresowaniem i zaangażowaniem wykonywali ćwiczenia zarówno na zajęciach laboratoryjnych, jak i korzystając z materiałów dostępnych online w domu. Wielu z nich wzięło udział w konkursie na wykonanie projektu logo Wydziału Podstaw Techniki, Politechniki Lubelskiej.

Zaproponowana metoda egzekwowania wiedzy poprzez wydawanie tematów o zróżnicowanym stopniu trudności została z powodzeniem wprowadzono na zajęciach laboratoryjnych. Rozwiązywanie zadań w ograniczonym czasie (80 minut) umożliwiło selektywną ocenę studentów. Przeważały oceny dobre, dobre z plusem oraz bardzo dobre. Oznacza to, że studenci opanowali narzędzia programu GIMP na poziomie wyższym niż podstawowy.

Sposób egzekwowania wiedzy poprzez sprawdzenie projektów indywidualnie wykonanych wykorzystany został na zajęciach z *technik multimedialnych* w ramach studiów niestacjonarnych. Dzięki tej metodzie zaliczenie przedmiotu zostało przeniesione poza czas podstawowych zajęć dydaktycznych. Studenci mogli poświęcić więcej uwagi wykonaniu projektu i zrealizować swoje pomysły w trakcie samodzielnej pracy.

LITERATURA

1. Brągoszewski P.: *GIMP 2.0 edycja zdjęć cyfrowych*, Helion 2005.
2. Bremer A., Sławik M.: *Technologia informatyczna z informatyzacją*, cz. 1., Videograf edukacja, Katowice 2002.
3. Gajda W.: *Praktyczne projekty GIMP*, Helion 2006.
4. Lis R., Montusiewicz J., Dziedzic K.: *Kompetencje informatyczne studentów edukacji techniczno-informatycznej*, [w:] W. Walata (red.) Technika – Informatyka – Edukacja, teoretyczne i praktyczne problemy edukacji informatycznej, tom VIII, Rzeszów 2007, ss. 202-207.
5. Lis R.: Strona internetowa Renaty Lis z materiałami dydaktycznymi: http://www.rl.waw.pl
6. Montusiewicz J.: *Zastosowanie prezentacji komputerowych w nauczaniu maszynoznawstwa*, [w:] Świć A. (red.): Zagadnienia dydaktyczne w środowisku systemów technologicznych, Monografia, Societas Scientiarum Lublinensis, ss. 31–36, Lublin 2003.
7. Montusiewicz J., Lis R., Dziedzic K.: *Oczekiwania studentów wobec przedmiotu techniki multimedialne*, [w:] Lenik K. Borowski G. (red.) „Informatyka w kształceniu", Monografia, Sociatas Scientarium Lublinesis, Lublin 2006, ss. 30-39.

8. Montusiewicz J., Lis R., Dziedzic K.: *Przedmiot techniki multimedialne w świetle wymagań rynku pracy*, [w:] M. Kajdasz-Aouil i in. (red.): Edukacja techniczna i informatyczna: przygotowanie zawodowe – kwalifikacje – rynek pracy, Bydgoszcz 2007, ss. 344-352.
9. The GIMP Documentation Team , Podręcznik użytkownika GNU Image Manipulation Program, 2008. Dostęp: http://docs.gimp.org/pl/index.html

Streszczenie

W pracy opisano podstawowe właściwości grafiki bitmapowej oraz różnorodne jej zastosowania we współczesnej grafice komputerowej. Przedstawiono również opracowany sposób nauczania grafiki bitmapowej na zajęciach z *technik multimedialnych*. Opisano podstawowe zagadnienia dotyczące edycji obrazów bitmapowych przy pomocy bezpłatnego programu GIMP. Całość rozważań została wzbogacona poprzez prezentację opracowanych przykładów ćwiczeń oraz sprawdzianu umiejętności dotyczących przetwarzania grafiki bitmapowej.

BITMAP GRAPHICS IN TEACHING *MULTIMEDIA TECHNIQUES*

Summary

The article presents the basic types of bitmap graphics and its diverse applications in modern computer graphics. A prepared method of teaching bitmap graphics during classes in *multimedia techniques* is also presented. Basic issues in editing bitmap images by means of the free GIMP program are described. The whole discussion is expanded by a presentation of prepared examples of exercises and a test of skills concerning the processing of bitmap graphics.

Renata Lis*, Robert Lis**

ATRYBUTY UŻYTECZNOŚCI SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH W PROJEKTOWANIU EDUKACYJNYCH SERWISÓW INTERNETOWYCH

WSTĘP

Internetowe serwisy edukacyjne to strony o charakterze informacyjnym, tworzone przez placówki edukacyjne. Obecnie pełnią one rolę przewodników uczniowskich i studenckich. Za ich pomocą prowadzi się rekrutację, udostępnia rozkłady zajęć, materiały dydaktyczne czy umożliwia dialog poprzez forum internetowe i webmail.

W dobie dynamicznie rozwijających się technik multimedialnych, witryny edukacyjne coraz częściej upodobniają się do ilustrowanych czasopism, przeładowanych obrazami przysłaniającymi treść, gdzie szybko można się pogubić w gąszczu odnośników przeplatanych animowanymi obrazami. Taki stan rzeczy uniemożliwia realizację roli jaką pełnią witryny edukacyjne. Aby zapobiegać takim sytuacjom, implementacja stron WWW powinna być poprzedzona procesami planowania i testowania zgodnymi z założeniami wiedzy o interakcji człowieka z komputerem.

Interakcja człowiek - komputer (*HCI: Human - Computer Interaction*) to interdyscyplinarna dziedzina nauki, łącząca wiedzę z informatyki, psychologii i socjologii oraz marketingu, zajmująca się badaniem i opisywaniem zjawisk związanych z użytkowaniem systemów informatycznych przez ludzi. Biorąc pod uwagę, iż ludzie komunikują się z maszynami cyfrowymi przy pomocy interfejsu (część oprogramowania zajmującą się obsługą urządzeń wejścia/wyjścia) dyscyplina ta skupia się przede wszystkim na:

- metodyce projektowania interfejsów;
- metodach implementacji interfejsów;
- technikach ewaluacji i asymilacji interfejsów;
- rozwoju nowych interfejsów i technik interakcji;
- rozwoju opisowych i fizycznych modeli i teorii interakcji [1, 9, 12].

Od czasów powstania tej dziedziny w latach osiemdziesiątych wyłoniło się kilka metod projektowania interfejsów. Jedną z najbardziej rozpowszechnionych jest projektowanie interakcji człowiek – komputer od strony użyteczności (*usability*).

* Renata LIS – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.
** Robert LIS – Katedra Metod i Technik Nauczania, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

UŻYTECZNOŚĆ (*USABILITY*) SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

Najogólniej użyteczność można opisać jako odczuwany stan interakcji człowieka z systemem informatycznym, który decyduje o nastawieniu emocjonalnym użytkownika, uzyskiwanych wynikach pracy oraz o chęci ponownego skorzystania z tego systemu [8, 11]. Użyteczność może odnosić się do oprogramowania, stron internetowych, usług elektronicznych – w praktyce do wszystkich systemów interaktywnych i urządzeń elektronicznych, z których korzystamy [5].

Należy również podkreślić, iż użyteczność systemu informatycznego nie jest równoznaczna z jego funkcjonalnością. Bowiem terminu *funkcjonalność* używa się do określenia ilości opcji czy też możliwości systemu informatycznego, a pojęcia *użyteczność* do opisu łatwości korzystania z tychże.

Międzynarodowa Organizacja Standaryzacyjna, w normie ISO/IEC 9126-1:2001, definiuje użyteczność w kategoriach jakościowych, jako: zbiór atrybutów opisujących nakład pracy niezbędny do swobodnego posługiwania się oprogramowaniem oraz indywidualną ocenę posługiwania się oprogramowaniem przez zdefiniowaną lub wyrażoną nie wprost grupę użytkowników. Według tej normy do atrybutów użyteczności zalicza się:

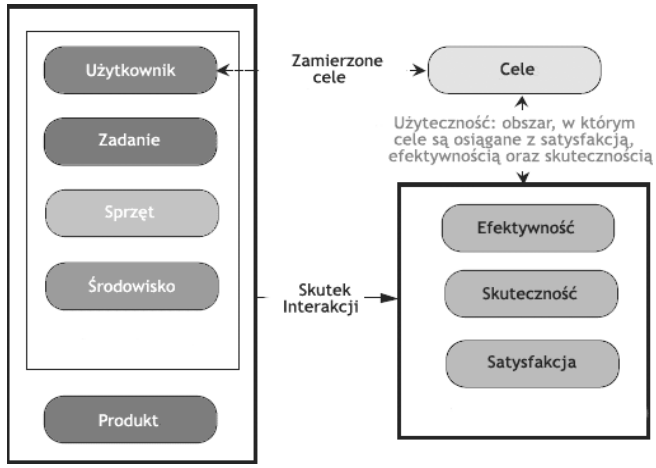
- *Łatwość zrozumienia*, czyli miara nakładu (np. czasu, czynności), który musi ponieść użytkownik, aby zrozumieć logiczną koncepcję aplikacji oraz znaczenie i zastosowania zaimplementowanych w niej funkcji. Łatwość zrozumienia, potocznie interpretuje się, jako „intuicyjność" oprogramowania, która może oznaczać np. sposób rozmieszczenia i dostępu do pozycji w menu.
- *Łatwość nauki*, czyli miara wysiłku, jaki musi włożyć użytkownik do nauczenia się nieznanych lub nowych funkcji aplikacji. Atrybut ten zależy przede wszystkim od projektu interfejsu użytkownika oraz przejrzystości i prostoty z jaką napisana została dokumentacja. Zwłaszcza ten drugi element ma szczególne znaczenie w przypadku niedoświadczonych użytkowników lub osób nie znających nowych funkcji oprogramowania.
- *Operatywność*, rozumiana jako nakład pracy użytkownika niezbędny do obsługi i kontroli funkcji realizowanych przez oprogramowanie. W odróżnieniu od łatwości zrozumienia i łatwości nauki, które dotyczą prostego posługiwania się aplikacją, operatywność wskazuje na swobodne korzystanie z wszystkich możliwości udostępnianych przez oprogramowanie [3].

Natomiast zgodnie z normą ISO 9241-11, użyteczność przejawia się w skuteczności, efektywności i satysfakcji towarzyszącej osiąganiu celów przez użytkownika w określonych środowiskach. Gdzie:

- *Skuteczność* to dokładność oraz kompletność wykonanych zadań przez użytkowników w określonym środowisku;
- *Efektywność* oznacza relację poniesionych nakładów wobec dokładności oraz kompletności osiągniętych przez użytkowników celów;

- *Satysfakcja* oznacza komfort oraz akceptację funkcjonowania systemu przez bezpośrednich użytkowników oraz osób, których działanie systemu dotyczy [2].

Przykładowy sposób osiągania użyteczności w interakcyjnym cyklu doskonalenia produktu, zalecanym przez normę ISO 9241-11 pokazuje rys. 1. Dane zamieszczone po lewej stronie, to kontekst użytkownika, który ma określone zadanie, dysponując narzędziem, które umożliwia zrealizowanie zadania w określonym środowisku. Na skutek interakcji cel (po prawej stronie wykresu) zostaje zrealizowany efektywnie, skutecznie, z towarzyszącą użytkownikowi satysfakcją z wykonanego zadania. Proces ten może być również odwrotny – na skutek interakcji cel może nie zostać osiągnięty w sposób efektywny, skuteczny, a użytkownikowi będzie towarzyszyło poczucie frustracji, zagubienia, niepewności [15].



Rys. 1. Osiąganie użyteczności w interakcyjnym cyklu doskonalenia produktu [15]

Wraz z rozwojem Internetu i powstawaniem coraz większej ilości nieczytelnych stron WWW, np. za sprawą nadużywania technologii flash [8], zaczęto stosować atrybuty użyteczności podczas projektowania stron internetowych. Tak narodziło się podejście użyteczności stron internetowych (w*eb usability*), czy tłumacząc dokładniej - użyteczności sieci [10]. Podejście to skupia się na:

- intuicyjnej nawigacji,
- ułatwieniu skanowania w poszukiwaniu informacji,
- zapewnieniu zrozumiałej dla użytkownika komunikacji.

Według J. Nielsena, specjalisty z dziedziny HCI, istnieje pięć wyznaczników użyteczności stron internetowych:

- **Łatwość nauki** (*ang. Learnability*) – obsługa interfejsu strony internetowej powinna być na tyle łatwa do nauki, aby użytkownik natychmiast był w stanie rozpocząć pracę.

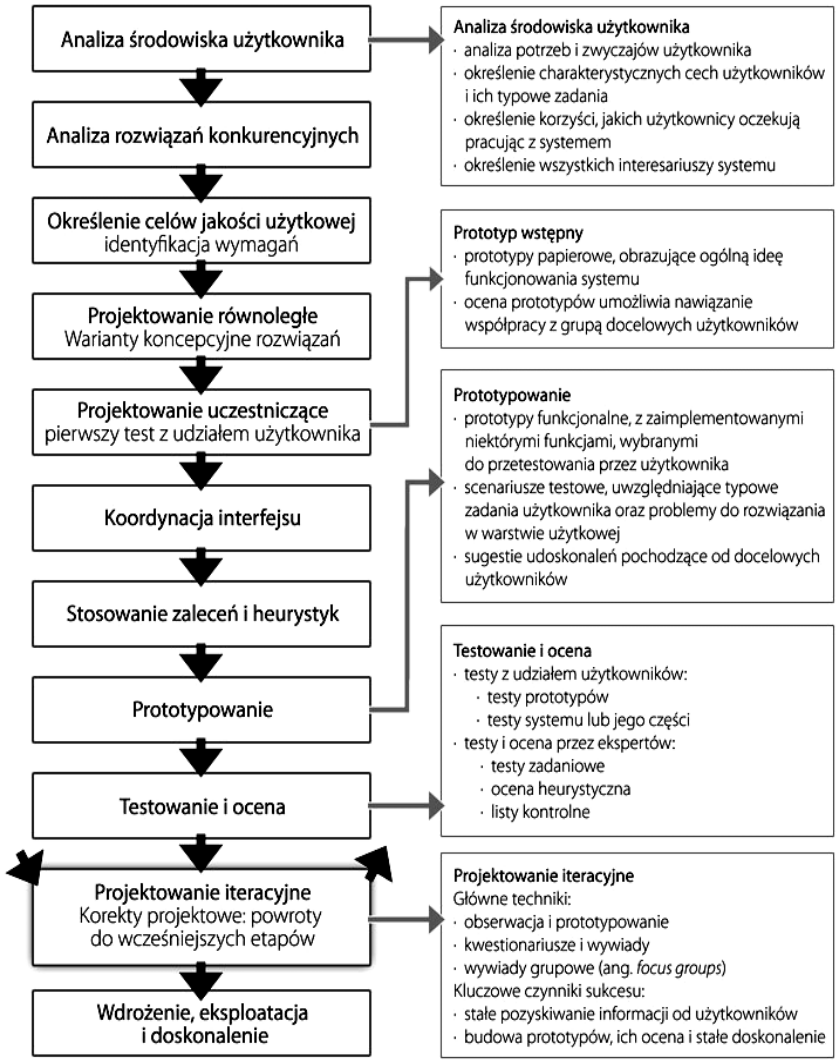
- **Efektywność użycia** (*ang. Efficiency*) – architektura strony internetowej powinna być tak zaprojektowana aby strona zapewniała maksymalną wydajność. Kiedy użytkownik raz ją pozna, strona powinna cechować się dużą produktywnością.
- **Łatwość w zapamiętaniu obsługi** (*ang. Memorability*) – obsługa strony powinna być łatwa do zapamiętania, kiedy użytkownik po okresie przerwy w używaniu jej ponownie rozpocznie z nią pracę, nie powinien uczyć się wszystkiego od nowa.
- **Eliminacja błędów** (*ang. Errors*) – użytkownicy powinni popełniać jak najmniej błędów w pracy z systemem, a jeśli już jakieś popełnią, powinien być możliwy łatwy powrót do poprzedniego stanu; interfejs powinien być zaprojektowany tak, by była możliwość szybkiej eliminacji błędów.
- **Satysfakcja** (*ang. Satisfaction*) – strona internetowa powinna być przyjemna w użyciu, tak aby użytkownicy odczuwali satysfakcję pracując z nią [8].

Aby osiągnąć poziom użyteczności stron internetowych zgodny z powyższymi wyznacznikami należy zastosować odpowiednią metodykę projektowania. W tym celu korzysta się z projektowania zorientowanego na użytkownika.

PROJEKTOWANIE ZORIENTOWANE NA UŻYTKOWNIKA

Projektowanie zorientowane na użytkownika (*User - Centered Design*) polega na szczegółowym badaniu potrzeb, wymagań i ograniczeń użytkownika na każdym etapie procesu projektowego [9]. Podejście to bazuje na wykorzystaniu iteracyjnego projektowania w spiralnym cyklu doskonalenia produktu: Wymagania › Plan › Analiza › Projekt › Prototyp › Test › Ocena (rys. 2). W poszczególnych krokach testuje się opracowane rozwiązania (najlepiej z udziałem przyszłych użytkowników), usuwa wykryte niedoskonałości użytkowe, i testuje ponownie aż do uzyskania oczekiwanego poziomu użyteczności [13].

Sukces strony internetowej jest uzależniony od spełnienia jakościowych oczekiwań użytkowników nie tylko w zakresie technicznym, ale przede wszystkim w warstwie użytkowej, dotyczącej praktycznej przydatności produktu dla użytkownika w rzeczywistych warunkach użytkowania. Jakob Nielsen obliczył, że średniej wielkości firmy, które przerobiły intranet zgodnie z zasadami projektowania zorientowanego na użytkownika, zaoszczędziły ponad 5 milionów dolarów rocznie, bowiem praca z produktem o wysokiej użyteczności jest bardziej efektywna, łatwiejsza, przyjemniejsza, oraz nie powoduje uczucia frustracji oraz zagubienia. Aby osiągnąć taki sukces, należy w trakcie projektowania prototypu strony internetowej, posługiwać się odpowiednimi heurystykami. Pomocne mogą okazać się zwłaszcza te opracowane przez J. Nielsena i R. Molicha, stanowiące ogólne zasady budowy prawidłowej interakcji człowiek – komputer. Zachowują one prawidłowość niezależnie od zastosowanych rozwiązań technologicznych i pochodzą z badań statystycznych nad czynnikami najsilniej kształtującymi opinię użytkowników w zakresie odczuwanej wygody i satysfakcji z oprogramowania. Heurystyki użyteczności tych autorów zalecają:



Rys. 2. Projektowanie zorientowane na użytkownika [13]

1. *Należy pokazać status systemu*, ponieważ system powinien zawsze informować użytkownika o tym, co się obecnie w nim dzieje, przez odpowiednie potwierdzenia i komunikaty.
2. *Należy zachować zgodność pomiędzy systemem a rzeczywistością*, ponieważ system powinien umożliwiać prowadzenie dialogu językiem użytkownika w sposób dla niego zrozumiały.
3. *Należy dać użytkownikowi pełną kontrolę*, ponieważ użytkownicy często wybierają niewłaściwe opcje, powinni mieć zapewnione „wyjście awaryjne", najlepiej za pomocą dostępnych funkcji „cofnij" lub/i „powtórz".

4. *Należy trzymać się standardów i zachować spójność*, ponieważ te same słowa, symbole oraz sposób działania powinny być stosowane w ten sam sposób w całym systemie.
5. *Należy zapobiegać błędom*, ponieważ zapobieganie im przez dopracowany dialog z użytkownikiem jest mniej pracochłonne niż stworzenie złożonego, skomplikowanego systemu obsługi błędów.
6. *Należy pozwolić użytkownikowi wybierać, zamiast zmuszać do pamiętania określonych sekwencji, zdarzeń tekstów* itd., ponieważ sposób działania użytkownika powinien być wynikiem wyboru dostępnych funkcji, a nie wymuszeń przywoływania z pamięci poprzednio wykonanych działań.
7. *Należy zapewnić elastyczność i efektywność*, gdyż użytkownicy powinni mieć możliwość wykonywania w różny sposób tych samych zadań, jak np. praca na skróty.
8. *Należy dbać o estetykę i umiar*, ponieważ oszczędny i ergonomiczny układ graficzny polepsza zrozumienie zawartych informacji oraz skraca czas odszukania określonych informacji.
9. *Należy zapewnić skuteczną obsługę błędów*, ponieważ komunikaty o błędach powinny być sformułowane w sposób prosty i zrozumiały, tak aby użytkownik wiedział jak w określonej sytuacji powinien się zachować.
10. *Należy zadbać o pomoc i dokumentację*, ponieważ dokumentacja powinna umożliwiać szybkie odnalezienie określonych informacji oraz wspomagać rozwiązywanie typowych problemów [6].

METODY BADANIA UŻYTECZNOŚCI STRON INTERNETOWYCH

Stwierdzenie poziomu użyteczności serwisu internetowego jest oparte w zasadniczej części na wynikach badań użyteczności. Do podstawowych metod badań użyteczności zalicza się:

- **metody analityczne**, nie wymagające działającego prototypu, skoncentrowane na efektywności i satysfakcji, takie jak: wywiady, analiza zadań użytkownika, obserwacja, sortowanie kart, scenariusze użycia, persony;
- **metody empiryczne** oparte na testach użyteczności, połączonych z różnymi metodami zbierania informacji, takie jak: ocena heurystyczna, inspekcje, testy z udziałem użytkowników, badanie eye-tracking i kwestionariusze ankietowe [11].

Nie sposób w tym miejscu opisać na czym polegają wszystkie metody badania użyteczności stron internetowych, zatem skupimy się na tych najczęściej wykorzystywanych.

Jedną z metod analizy stosowanej na etapie planowania struktury informacji serwisu jest *sortowanie kart*. W metodzie tej projektant opisuje wszystkie grupy danych jakie zawierać będzie witryna krótkimi i jednoznacznymi nazwami. Umieszcza je na małych kartach, a następnie zaprasza co najmniej 6 osób, reprezentujących przyszłych

użytkowników projektowanej strony. Osoby te mają za zadanie pogrupować kartoniki w stosy podobnych tematów, dodatkowo odległości między stosami mają pokazywać na ile są one sobie pokrewne. Każdy z testerów wykonuje zadanie indywidualnie. Metoda dostarcza bardzo ważnych informacji o tym jak przyszli użytkownicy postrzegają tematy związane z zawartością witryny [4].

Scenariusze użycia (ang. use cases, scenarios of use) służą do określenia podstawowych zadań wykonywanych przez użytkowników i pomagają w kolejnych etapach testowania użyteczności produktu. Scenariusze użycia opisują jak użytkownicy wykonują zadania w określonym kontekście użytkowania, podają przykłady typowych zadań użytkownika, które stanowią pomoc w projektowaniu, określają zakres późniejszych testów użyteczności systemu lub prototypu. Scenariusze te są przygotowywane z punktu widzenia użytkownika, jego potrzeb i zadań, a nie z punktu widzenia zakładanego sposobu działania i funkcji przyszłego systemu.

Kiedy prototyp witryny jest już gotowy i trzeba sprawdzić czy zapewnia on optymalne rozwiązania dla użytkownika, stosuje się m.in. *ocenę heurystyczną*. Heurystyka oznacza w tym przypadku korzystanie z ogólnie przyjętych zasad. Zbiór tych zasad może być również traktowany jako zbiór rad dla twórców witryny. Przykładem mogą tu być, heurystyki J. Nielsena i R. Molicha, które zostały przedstawione w punkcie dotyczącym projektowania zorientowanego na użytkownika.

Badanie eye-tracking to badanie pozwalające na obserwacje, w które miejsca na stronie użytkownicy najczęściej patrzą szukając konkretnej informacji (rys. 3). Badania te przeprowadzane są przy pomocy sprzętu specjalistycznego i towarzyszą najczęściej badaniom z udziałem użytkowników. Polegają one na wykonaniu przez użytkowników określonych zadań. Śledzenie ruchu gałek ocznych, pozwala na wychwycenie słabych elementów strony, których w innych warunkach (badaniach) nie dałoby się zauważyć.

Rys. 3. Wykres prezentujący rozkład fiksacji, ich czasy oraz kolejność nałożone na zrzut ekranowy badanej strony internetowej

Inspekcja użyteczności (ang. usability inspection) polega na dokonaniu kontroli prototypu strony według pytań zawartych w liście kontrolnej. Lista kontrolna zwykle podzielona jest na sekcje, odpowiadające kilkunastu głównym kryteriom oceny. Każde pytanie listy odpowiada jednemu wymaganiu. W ramach każdego kryterium podane jest kilkanaście wymagań, więc typowa lista składa się z ok. 100 pytań, a przeciętna inspekcja zajmuje ok. 1-2 godzin. Oceny uzyskane podczas inspekcji podlicza się, a wyniki przedstawia jako procentowy stan spełnienia wymagań w zakresie kryteriów głównych lub/i listę niespełnionych wymagań oraz spis problemów do korekty.

Persony to opracowanie typowych profili osób wchodzących w skład grup użytkowników, które ma na celu polepszenie użyteczności i funkcjonalności serwisu w tym wymiarze. Metoda polega na opisie jednej charakterystycznej osoby, reprezentującej grupę, z uwzględnieniem jej subiektywnych potrzeb, oczekiwań i nastawienia wobec systemu oraz korzyści jakie może z niego osiągnąć.

Firma Nielsen Norman Group, zbadała użyteczność stron internetowych metodą eye-tracking. W badaniu wzięło udział ponad 230 osób. Miały one wykonać czynności związane z wyszukiwaniem oraz wykorzystaniem informacji z sieci. Do zadań należało np. odnalezienie produktów w sklepach internetowych, zaplanowanie wakacji. Wykazano między innymi, że:

- Osoby badane bardzo szybko przeglądały strony internetowe. Fiksacja wzroku trwała krótko, dziesiąte części sekundy na poszczególnych elementach.
- Osoby badane czytały strony internetowe zgodnie z kształtem litery F. Najwięcej informacji jest przyswajanych z pierwszych linijek. Począwszy od lewej krawędzi ekranu.
- Badani byli niezwykle skuteczni w selektywnym wybieraniu informacji. Wzrok skupiał się na najistotniejszych elementach.
- Obrazki umieszczane w środku tekstu są często traktowane jako przeszkody i omijane, wyjątkiem są grafiki ściśle związane z tekstem.
- Grafiki rozmyte, małe, nieczytelne są automatycznie pomijane.
- Dużo większą uwagę badanych zwracały grafiki zawierające jakieś informacje, niż te mające jedynie walory estetyczne.
- Badani często patrzyli na fotografie, na których fotografowany patrzył prostu w obiektyw. Nie może to być jednak twarz profesjonalnego modela, bo jest uznawana za nieautentyczną.
- Animacje przyciągają uwagę tylko wtedy, gdy są nieskomplikowane oraz mają związek z tekstem.
- Witryny zaprojektowane w prosty sposób, zawierające mało elementów powodują, że użytkownik bardziej skupia się na treści przekazu.
- Reklamy bannerowe są omijane wzrokiem przez przytłaczającą większość użytkowników.
- Grupą, która ogląda banery są dzieci do siódmego roku życia; klikają one na elementy wyróżniające się ilością kolorów i animacjami [8].

PROJEKTOWANIE UŻYTECZNYCH SERWISÓW EDUKACYJNYCH

Rola serwisów edukacyjnych jest dość specyficzna. Z jednej strony ich głównym zadaniem jest udostępnianie informacji przyszłym studentom, a z drugiej obecnym studentom i pracownikom uczelni. Zgodnie z zasadami projektowania zorientowanego na użytkownika *(UCD)*, przystępując do opracowania architektury informacji serwisu powinniśmy zadać pytanie: jakich informacji poszukują na stronie internetowej przyszli i obecni studenci oraz pracownicy uczelni? Z badań przeprowadzonych przez M. Wicharego, na potrzeby projektowe edukacyjnego serwisu Wydziału Informatyki Politechniki Szczecińskiej wynika, iż studenci poszukują informacji dotyczących:

- planu zajęć (80%),
- informacji o egzaminach i zaliczeniach (76%),
- informacji o odwołanych zajęciach (74%),
- danych wykładowców (48%),
- informacji o wypełnianiu indeksu (46%).

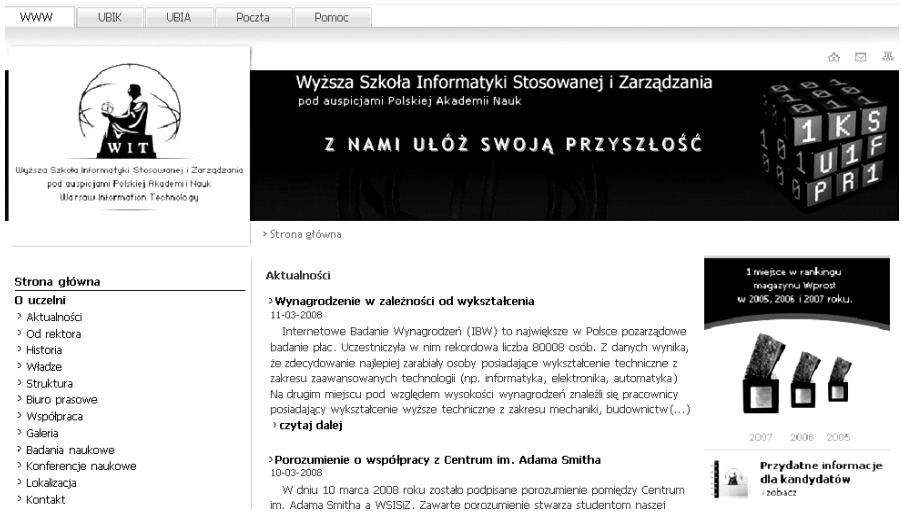
Natomiast nauczyciele oczekują, iż edukacyjny serwis internetowy zapewni im dostęp do:

- generatora własnego planu zajęć, uwzględniającego wszystkie prowadzone zajęcia,
- informacji o dostępności sal laboratoryjnych i wykładowych i prowadzonych w nich przedmiotach, tak aby można było czasem zamienić się salami,
- generatora list studentów,
- wyszukiwarki dokumentów naukowo-technicznych, która przydałaby się w pracy naukowej, i do której można byłoby niekiedy odesłać studenta w razie pytań,
- własnego konta uczelnianego z poziomu przeglądarki, z możliwością publikowania informacji dla studentów, ściągania i dodawania plików zawierających materiały dydaktyczne [14].

Podobne badania przeprowadzone zostały przez naukowców z Massachusetts Institute of Technology w USA. Wykazały one, iż użyteczna edukacyjna strona internetowa powinna zawierać w kolejności wskazań ankietowanych:

- informacje o zajęciach,
- informacje o studentach i pracownikach uczelni oraz kontakty z nimi,
- kalendarz z zaznaczonymi wydarzeniami kampusu,
- informacje o wynikach zaliczeń, ocenach i wszystkich danych związanych z procesem nauczania studenta,
- informacje o egzaminach, zaliczeniach oraz innych ważnych datach i terminach [14].

Przykładem internetowego serwisu edukacyjnego zaprojektowanego według powyższych oczekiwać użytkowników jest strona Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania w Warszawie (rys. 4) oferująca studentom i dydaktykom rozbudowany system, umożliwiający m.in.:



Rys. 4. Strona powitalna serwisu internetowego WSISiZ w Warszawie

- zbieranie i przetwarzanie danych studentów i rejestrację procesu nauczania od momentu rekrutacji aż do uzyskania dyplomu;
- sprawdzenie planu zajęć przez studentów;
- sporządzanie umów, rachunków i rozliczanie prowadzących;
- udostępnianie dokumentów ogólnych i dydaktycznych;
- rozsyłanie grupowych powiadomień przez dziekanat i prowadzących;
- zgłaszanie problemów przez studentów [16].

Serwis edukacyjny WSISiZ udowadnia, że projektowanie edukacyjnych stron internetowych to nie skupienie się na wyglądzie i działaniu, ale odpowiedź na rzeczywiste potrzeby użytkowników. Projektując serwis edukacyjny należy w pierwszej kolejności określić jego cel i docelową grupę użytkowników. Następnie utworzyć metafory (metaforyczne określenia są pomocne w zrozumieniu działania poszczególnych elementów witryny przez użytkownika), schemat nawigacji i zaprojektować interfejs. Każdy projekt powinien też zostać poddany testom użytkowników, które dadzą odpowiedź na temat funkcjonalności i użyteczności witryny [7, 8].

ZAKOŃCZENIE

Podsumowując trzeba stwierdzić że, użyteczność stron internetowych (*web-usability*) określa związek pomiędzy serwisem internetowym a jego użytkownikiem. Serwis musi pozwalać w możliwie najprostszy i najlepszy sposób osiągać cele jakie użytkownik postawił przed sobą, aby mógł być wykorzystany efektywnie.

Znajomość zasad użyteczności stron internetowych umożliwia maskowanie zaawansowanej struktury i mechanizmu serwisu poprzez doskonalenie jego interfejsu. Dzięki temu unika się niekorzystnych sytuacji, kiedy użytkownik nie radzi sobie z obsługą, czuje zagubienie i ostatecznie porzuca stronę wybierając inną, o łatwiejszej obsłudze. Sytuacje takie niejednokrotnie powodują realną utratę przychodów, przed którą nie chroni ani ciekawy model biznesowy, ani oryginalna oprawa graficzna, ani też poprawność informatycznej warstwy serwisu, które często uważane są za najważniejsze składowe sukcesu.

J. Nielsen dokonał analizy 42 przypadków (*case study*) wprowadzenia zasad użyteczności do istniejących już serwisów internetowych. Dla każdego przypadku ustalono mierniki, które zbadano przed i po wprowadzeniu ulepszeń związanych z użytecznością. Okazało się, że przyjęte mierniki wzrosły średnio o 135%. W tym: sprzedaż o 100%, ilość odsłon strony o 150%, efektywność pracowników o 161%.

Zatem wnioskować można, iż edukacyjny serwis internetowy zaprojektowany zgodnie z potrzebami przyszłych i obecnych studentów oraz pracowników uczelni przyniesie wymierne korzyści finansowe, poprzez zwiększenie liczby studentów, rozwój kadry akademickiej, zwiększenie ilości grantów i projektów finansowanych przez Unię Europejską, uzyskanie możliwości czynnej współpracy z absolwentami. Takie efekty można osiągnąć:

- tworząc na stronie internetowej miejsce poświęconego rekrutacji, zawierające informacje o sposobach naboru na poszczególne kierunki studiów, napisane językiem przystępnym dla współczesnego nastolatka;
- konstruując generator rozkładów zajęć i dostępności sal;
- tworząc miejsce dla pracowników ze szczegółową informacją nt. wypełniania wniosków unijnych, wraz z godzinami przyjęć osób odpowiedzialnych na uczelni za współpracę z zagranicą;
- tworząc strony dla absolwentów uczelni.

Reasumując serwis edukacyjny zaprojektowany zgodnie z zasadami użyteczności, mógłby znacznie przyspieszyć, uprościć i zautomatyzować niektóre czynności administracyjne, odciążyć dziekanat i inne komórki uczelniane oraz przyczynić się do zwiększenia popularności uczelni.

LITERATURA

1. Ghaoui C.: *Encyclopedia Of Human Computer Interaction*, Idea Group Publishing, 2005.
2. ISO 9241-11:1998: *Guidance on Usability*, ISO copyright office, Geneva, 1998.
3. ISO/IEC 9126-1:2001: *Software engineering-Product quality. Part 1: Quality model*, ISO copyright office, Geneva, 2001.
4. Krug S.: *Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability*, New Riders Press 2005.

5. Lazar J.: *Universal Usability: Designing Computer Interfaces for Diverse User Populations*, John Wiley & Sons, 2007.
6. Molich R., Nielsen J., *Improving a human-computer dialogue*, *Communications of the ACM* 33, 3, March 1990.
7. Nielsen J.: *Usability Engineering*, AP Professional, 1995.
8. Nielsen J.: useit.com: Jakob Nielsen's Website, 2008. Online: http://www.useit.com
9. PN-EN ISO 13407: 2005: *Procesy projektowania ukierunkowane na człowieka w przypadku systemów interaktywnych*, 2005.
10. Ransburg M.: *Web Usability – User Interfaces for the World Wide Web*, 2000.
11. *Report Research-Based Web Design and Usability Guidelines*, 2006. Online: http://www.usability.gov
12. Sears A., Jacko J.A.: *The Human-Computer Interaction Handbook*, CRC Press, 2007
13. Sikorski M.: *Z punktu widzenia użytkownika: użytkowa warstwa systemów IT i oprogramowania*, *Computerworld Polska* nr 36/2004, 5 października 2004, s. 32-37.
14. Wichary M., *Projekt opartego o technologię WWW serwisu informacyjnego dla studentów i pracowników Wydziału Informatyki Politechniki Szczecińskiej*, praca magisterska, Szczecin 2002.
15. Word Usability Day, 2007. Online: http://www.usability.com.pl/wud
16. Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania w Warszawie, edukacyjny serwis internetowy, 2008. Online: http://www.wit.edu.pl/

Streszczenie

Artykuł przedstawia metody projektowania edukacyjnych serwisów internetowych według podejścia użyteczności systemów informatycznych. Ogólnie, użyteczność określa jakość interakcji człowieka z systemem informatycznym. Podejście to jest stosowane w projektowaniu interfejsu urządzeń elektronicznych, oprogramowania, stron internetowych, prezentacji multimedialnych oraz usług elektronicznych.

ATTRIBUTES OF COMPUTER SYSTEMS USABILITY IN EDUCATIONAL INTERNET SERVICES DESIGNING

Summary

This paper presents the design methods of educational internet services according to the usability of computer systems approach. Generally, the usability defines the quality of a human interaction with a computer system. This approach is applied in projecting the interface of electronic devices, software, web pages, multimedia presentations and digital services.