

Renata Lis¹

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA SYMULACJI KOMPUTEROWYCH I WIRTUALNYCH LABORATORIÓW W KSZTAŁCENIU INŻYNIERÓW

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwości zastosowań e-learningu w kształceniu inżynierów. Scharakteryzowano formy, modele i systemy kształcenia z zastosowaniem technologii teleinformatycznych. Przedstawiono przykłady wykorzystania wirtualnych laboratoriów i symulacji komputerowych w nauczaniu przedmiotów technicznych.

Słowa kluczowe: wirtualne laboratoria, symulacje komputerowe, e-learning, studia inżynierskie.

WPROWADZENIE

Stosowanie różnorodnych form i narzędzi technologii teleinformatycznych w kształceniu inżynierów ma szczególną wartość utylitarną. Pozwala bowiem na zdalne prowadzenie symulacji komputerowych różnych procesów technicznych bez konieczności zakupu drogich urządzeń. Umożliwia także korzystanie z wirtualnych przyrządów pomiarowych czy prowadzenie przez Internet badań w rozproszonych po całym świecie laboratoriach.

Zdalne nauczanie z wykorzystaniem technologii teleinformatycznych zdobywa systematycznie coraz większą popularność wśród różnych form kształcenia. Jest to spowodowane rozwojem multimediów, które sprzyjają wprowadzaniu nowych metod nauczania do istniejącego modelu kształcenia zawodowego. Wzrastające możliwości techniki cyfrowej w połączeniu ze stałym obniżaniem się cen sprzętu komputerowego są niewątpliwie głównym czynnikiem mającym wpływ na coraz częstsze stosowanie technologii teleinformatycznych w nauczaniu, pod postacią e-learningu.

POJĘCIE I ASPEKTY E-LEARNINGU

Definicje e-learningu znacząco różnią się od siebie, nie ma jednej powszechnie uznanej. Jednak w większości powtarzają się trzy główne aspekty ujmowania tego pojęcia:

¹ Katedra Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

1. Edukacyjny, gdzie e-learning określany jest jako sposób nauczania w oparciu o media elektroniczne.
2. Techniczny, w którym e-learning definiowany jest jako zbiór aplikacji i procesów służących dostarczaniu materiału edukacyjnego w formie elektronicznego przekazu przez Internet, intranet, interaktywną telewizję i nośniki danych.
3. Biznesowy, gdzie e-learning to forma nauczania wykorzystująca technologię do tworzenia, dystrybucji i dostarczania danych, informacji, szkoleń oraz wiedzy w celu podniesienia efektywności pracy i działań organizacji [6].

Kształcenie z wykorzystaniem e-learningu jest jednym z najszybciej rozwijających się sposobów nauczania na świecie. W Polsce ta forma kształcenia nie jest jeszcze tak popularna jak w Stanach Zjednoczonych czy bardziej rozwiniętych państwach Europy, aczkolwiek jej popularność z roku na rok ciągle rośnie.

Jedną z pierwszych polskich uczelni, która zaproponowała kształcenie na odległość w formie e-learningu, jest Politechnika Warszawska. Ośrodek Kształcenia na Odległość Politechniki Warszawskiej (OKNO PW) opracował i wprowadził do praktyki nowy model studiowania z wykorzystaniem Internetu. Oferta studiów przez Internet Politechniki Warszawskiej zawiera Niestacjonarne Studia Inżynierskie (I stopnia – czteroletnie), Niestacjonarne Studia Magisterskie (II stopnia – dwuletnie), Studia Podyplomowe (dwi- i trzy-semesterne). Również Polski Uniwersytet Wirtualny będący wspólnym przedsięwzięciem Wyższej Szkoły Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi i Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie prowadzi studia I i II stopnia w tej formie nauczania.

Obecnie coraz więcej polskich uczelni wyższych wprowadza kształcenie na odległość w formie e-learningu. Jednak w większości, są to kursy wspierające standardowy system nauczania. Przykładowe uczelnie wyższe wspierające się systemami e-learningowymi, to: Centrum e-learningu Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Centrum Rozwoju Edukacji Niestacjonarnej w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie, Centrum E-learningu Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Ośrodek Kształcenia na Odległość - OKNO Politechniki Warszawskiej, Centrum Otwartej i Multimedialnej Edukacji Uniwersytetu Warszawskiego oraz Portal Zdalnej Edukacji Politechniki Wrocławskiej.

Formy e-learningu

E-learning obejmuje te formy kształcenia na odległość (distance learning), w których proces edukacji realizowany jest przy użyciu technologii teleinformatycznych. Wyróżnić można dwie główne formy e-learningu realizowane w oparciu o systemy komputerowe i multimedia (CBT) oraz Internet (WBT).

CBT (Computer Based Training), wykorzystuje jedynie systemy komputerowe w celu korzystania z materiałów dydaktycznych w postaci tekstowej, graficznej i dźwiękowej. Materiały te najczęściej występuje w formie różnych nośników elektronicz-

nych, bez konieczności posługiwania się Internetem jako medium komunikacji. Zaletą zajęć w formie CBT jest ich wysoki stopień multimedialności i interaktywności.

WBT (Web Based Training), wykorzystuje technologię WWW do dostarczania materiałów szkoleniowych. Materiały są dostępne poprzez przeglądarki internetowe, co pozwala na wzbogacenie edukacji o multimedialne środki przekazu oraz linki do innych materiałów szkoleniowych. Taka forma kształcenia wykorzystuje internetowe mechanizmy komunikacji, tj.: e-mail, czat, grupy dyskusyjne itp. WBT wykorzystuje dwa tryby nauczania: synchroniczny i asynchroniczny [1].

E-learning może być stosowany w różnych formach oraz w dowolnym dla użytkownika miejscu. Każda z form e-learningu bez względu na to, gdzie i jak jest realizowana, powinna posiadać podstawowe elementy:

- Treść – podstawowym elementem nauczania są treści samokształcenia, których student (uczeń) ma się nauczyć, mogą one być przekazywane na nośnikach takich jak CD, DVD, lokalną siecią komputerową lub za pośrednictwem sieci globalnej, jaką jest Internet. Nowe wiadomości przekazane przez nauczyciela, uczący się może przyswoić w dowolnym czasie, jednak z zachowaniem wyznaczonego terminu.
- Komunikacja – jedną z możliwości, jakie daje e-learning jest komunikacja między uczniem a nauczycielem w celu wyjaśnienia niejasności, objaśnienia tematu, zadawania pytań. Uczniowie (studenci) mogą komunikować się również między sobą. Taką możliwość daje między innymi poczta elektroniczna lub komunikatory.
- Współpraca – wirtualne biblioteki lub czytelnie, tablice ogłoszeń umieszczane na stronach internetowych, miejsca dyskusji lub systemy konferencyjne. Są to miejsca, gdzie uczniowie mogą swobodnie zaglądać w celu: uzyskania nowych wiadomości, prowadzenia swobodnej wypowiedzi, wymieniania się doświadczeniami, sugestiami, wspólnego rozwiązywanie problemów, wymiany spostrzeżeń. E-learning pozwala na prace w grupach, podział zadań na poszczególnych użytkowników, wspólną naukę. Takie możliwości dają między innymi fora dyskusyjne, komunikatory, czat, z których użytkownicy mogą korzystać podczas nauki.
- Narzędzia – nie wątpliwie do posługiwania się e-learningiem jest niezbędne odpowiednie oprogramowanie oraz sprzęt komputerowy, a ponadto prosty w obsłudze zestaw narzędzi tak do tworzenia treści szkoleniowych jak i do zarządzania procesami kształcenia. Umożliwi to uczniom nawet z niewielkim przygotowaniem informatycznym na współtworzenie materiałów szkoleniowych kursu i wzbogacanie go o własne doświadczenia.
- Systemy oceny – kursy prowadzone za pośrednictwem komputera oraz sieci mają możliwość oceny użytkowników, ich pracy oraz przyswojonych wiadomości.

Modele e-learningu

Można wyróżnić cztery modele kształcenia (nauczania i uczenia się) za pomocą technologii teleinformatycznych: samokształcenie, kształcenie synchroniczne, asynchroniczne i mieszane (blended-learning) [1].

Samokształcenie, charakteryzujące się całkowitym brakiem kontaktu studenta z prowadzącym. Kształcenie synchroniczne (jednoczesne) przypomina kształcenie tradycyjne, gdzie studenci mają kontakt z prowadzącym (widzą lub słyszą albo jedno i drugie). W tym przypadku najczęściej stosuje się wideokonferencje czyli przekazy audio-wizualne. Jednak forma ta nie daje możliwości dowolnego wyboru miejsca i czasu trwania takiego nauczania.

Kształcenie asynchroniczne (niejednoczesne) charakteryzuje się brakiem bezpośredniej komunikacji nauczyciela z uczniami, która jest zastąpiona przez pocztę elektroniczną, fora internetowe i inne podobne formy komunikacji. Nie występuje tu również ograniczenie związane z czasem dostępu do materiałów edukacyjnych. Jedyne ograniczenie czasowe może wiązać się z ewaluacją, na przykład w formie testu. Ważną zaletą asynchronicznego kształcenia na odległość jest elastyczność i indywidualizacja tempa nauczania. Uczeń może powtórzyć dany temat wielokrotnie, jak również dostosować ilość przyswajanego materiału do swojego tempa pracy.

Kształcenie mieszane (blended-learning) łączy w sobie, co najmniej dwie metody nauczania. Stosowane jest tu połączenie nauczania elektronicznego z tradycyjnymi metodami nauczania [2].

Systemy e-learningowe

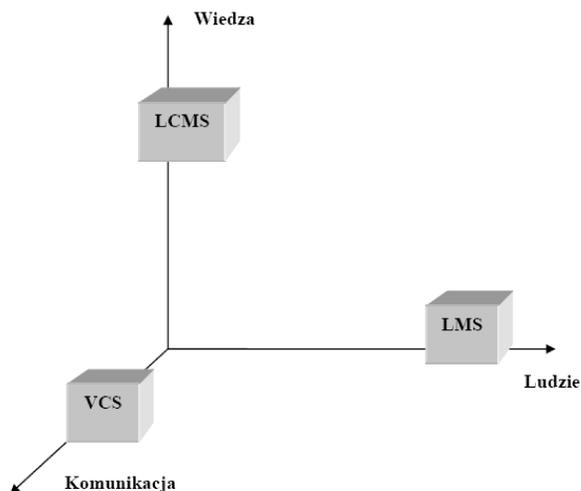
Systemy e-learningowe można podzielić według dwóch podstawowych kryteriów, takich jak: rodzaj licencji i funkcjonalność systemu. Ze względu na sposób licencjonowania systemu, można wyodrębnić platformy open source, czyli bezpłatne oprogramowanie stworzone do procesu nauczania oraz platformy komercyjne, stworzone przez firmy komputerowe w celu informatyzacji procesu kształcenia.

Biorąc pod uwagę funkcjonalność systemów można dokonać ich podziału na:

- zorientowanie na komunikację **VCS** (Virtual Classroom System) – systemy do prowadzenia zdalnej komunikacji i współpracy;
- zorientowane na wiedzę **LCMS** (Learning Content Management System) – systemy do zarządzania treścią szkoleniową i narzędzia autorskie;
- zorientowane na ludzi **LMS** (Learning Management System) – systemy do zarządzania szkoleniami oraz ludźmi w procesie nauczania oraz systemy do zarządzania kompetencjami i umiejętnościami [5].

Systemy VCS wykorzystuje się do wspierania e-learningu synchronicznego poprzez zdalną komunikację i współpracę w formie zajęć na żywo. System ten może być wykorzystywany do prowadzenia wideokonferencji, podglądu wirtualnej tablicy czy do współdzielenia pulpitu komputera nauczyciela i kursantów.

System LCMS jest przeznaczony dla wielu użytkowników zarówno dla tworzących szkolenia jak i uczestniczących w nich. Jest on wirtualnym środowiskiem, którego podstawowym zadaniem jest obiektowe projektowanie, opracowanie, przechowywanie a także przekazywanie materiałów szkoleniowych poprzez różne kanały dystry-



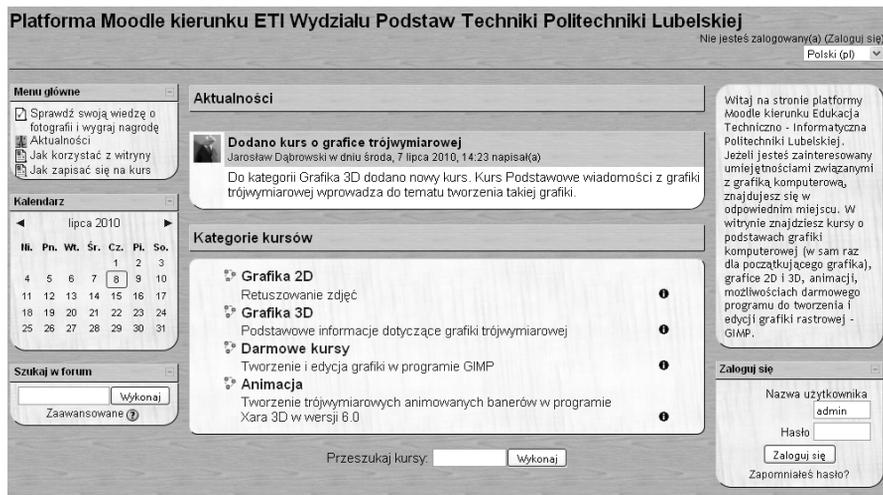
Rys. 1. Systemy e-learningowe [5]

bucji. Za pomocą tego systemu można wielokrotnie korzystać z już utworzonych i udostępnionych materiałów. Dzięki LCMS można także tworzyć, lokalizować, dostarczać, wykorzystywać oraz ulepszać materiały szkoleniowe. Przykładowe systemy typu LCMS funkcjonujące na polskim rynku to: Lotus Learning Space firmy IBM; iLearning firmy Oracle; SkillPort firmy SkillSoft; czy WBTEExpress firmy DigitalSpirit.

Systemy LMS to platformy informatyczne, które umożliwiają zarządzanie procesem nauczania przez Internet. Platformy te umożliwiają zarządzanie użytkownikami systemu, począwszy od rejestracji, zarządzania płatnościami, gromadzenia danych o postępach w nauce a kończąc na generowaniu raportów o stanie całego systemu, oraz na integracji z innymi systemami e-learningowymi. Oprócz tych funkcji systemy LMS pozwalają na zarządzanie kursami i lekcjami oraz importowanie i odtwarzanie lekcji w różnych formatach, często posiadają wbudowane narzędzia komunikacyjne (e-mail, forum dyskusyjne, chat). Najpopularniejsze platformy tego typu to: Moodle; aTutor; Caroline; Ilias; OpenLMS.

Przykładem najczęściej wdrażanego w szkolnictwie wyższym systemu LMS jest stworzona przez Martin'a Dougiamas'a – informatyka oraz pedagoga - platforma zdalnego nauczania **Moodle** (ang. Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment czyli modułowe dynamicznie zorientowane obiektowo środowisko nauczania). Jedną z zalet tej platformy jest jej dystrybucja na licencji Open Source (z ang. otwarte źródła, czyli kody źródłowe programów należących do tego ruchu są dostępne dla wszystkich) wraz z kodami źródłowymi na licencji GNU GPL (z ang. GNU General Public License – Powszechna Licencja Publiczna GNU).

Idea platformy Moodle oparta została na założeniach społecznego konstrukttywizmu w pedagogice (ang. social constructionist pedagogy), według którego najbardziej



Rys. 2. Przykład powitalnej strony platformy Moodle dla kierunku Edukacja Techniczno-Informatyczna w Politechnice Lubelskiej

stymulującymi do uczenia się są tak zwane zachowania wyrozumiałe, gdy uczestnik jakiejś formy e-learningu zadaje pytania aby zrozumieć punkt widzenia innych.

E-LEARNING W USPRAWNIANIU STUDIÓW INŻYNIERSKICH

Nauczanie przedmiotów technicznych na uczelni wyższej jest ściśle związane z zapewnieniem uczącym się właściwych warunków kształcenia w postaci laboratoriów i pracowni na odpowiednim poziomie. Podstawą kształcenia inżynierów jest łączenie wiedzy teoretycznej z praktyką, co wymaga respektowania w dydaktyce polimethodyczności. Stan taki można osiągnąć uwzględniając e-learning w stosowanych formach i metodach nauczania.

W praktyce dzięki wdrożeniu technologii i narzędzi e-learningowych, takich jak platformy zdalnego nauczania, systemy wideokonferencji czy nośniki danych z treściami edukacyjnymi, możliwe staje się przekazywanie specjalistycznej wiedzy po znacznie mniejszych kosztach niż miałyby to miejsce z wykorzystaniem tradycyjnych metod nauczania. Przekazywanie treści teoretycznych poprzez platformę zdalnego nauczania umożliwia korzystanie z tych materiałów w dowolnej chwili i miejscu, a co najważniejsze wielokrotnie. Poziom przyswojenia dystrybuowanych w ten sposób wiadomości teoretycznych może być następnie sprawdzony poprzez testy i quizy. Taka forma przekazywania i oceniania wiedzy daje nauczycielom możliwość śledzenia postępów studentów i reagowania w odpowiedni sposób, np. materiał niezaliczony musi być powtórnie przyswojony.

Wirtualne laboratoria

Jednym z zadań dydaktyki przedmiotów technicznych jest wykształcenie umiejętności wykonywania eksperymentów i posługiwania się przyrządami i urządzeniami pomiarowymi. Dlatego też podczas zajęć laboratoryjnych na wielu uczelniach studenci wykonują różnego rodzaju eksperymenty choć niekoniecznie w sposób tradycyjny. Wraz z rozwojem nowych technologii teleinformatycznych coraz częściej są to eksperymenty przeprowadzane w wirtualnych laboratoriach. Laboratoria takie pozwalają na zastosowanie zdalnego dostępu do różnego rodzaju inteligentnych urządzeń, które w wyniku sprzężenia tradycyjnego przyrządu pomiarowego z komputerem osobistym ogólnego przeznaczenia i odpowiednim oprogramowaniem umożliwiają symulację pewnych procesów technicznych i fizycznych [12].

Przykładami rozwiązań w zakresie wirtualnego laboratorium są: iLab w Massachusetts Institute of Technology (MIT) w Cambridge (USA) [14]; National Teleimmersion Initiative (wspólny projekt 12 uniwersytetów amerykańskich) [8]; Teleimmersion Data Exploration Environment (TIDE) [11]; projekt ICES/KIS dedykowany dla fizyki doświadczalnej, bioinformatyki i inżynierii systemowej w University of Amsterdam [9].

Na uniwersytecie Wisconsin-Milwaukee prof. Brain Tonner i jego zespół wspólnie z informatykami z LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) prowadzą prace mające na celu wybudowanie testowego laboratorium wirtualnego. Projekt nazwano Remote SpectroMicroscopy [10] i w jego ramach będzie udostępniony dostęp do urządzenia o nazwie Advanced Light Source (ALS). ALS to bardzo duży i drogi przyrząd naukowy dostępny tylko i wyłącznie dla sław naukowych w USA. Naukowcy ci są rozproszeni po całym świecie i zdalny dostęp do tak unikatowego przyrządu okazałby się bardzo pomocny w ich badaniach [7].

Oprócz projektu Remote SpectroMicroscopy w USA w ramach współpracy The Distributed Collaboratory Experimental Environments of Program Lawrence Berkley National Laboratory and DOE są realizowane jeszcze inne, takie jak:

- projekt Argonne National Laboratory, dotyczy: mikroskopu elektronowego, fizyki i obiektowo zorientowanej rzeczywistości wirtualnej;
- projekt Livermore, Princeton, Oak Ridge i General Atomics, dotyczy zdalnego kontrolowania eksperymentów ze zjawiskiem fuzji;
- projekt Pacific Northwest Laboratories, dotyczy zdalnej współpracy nad badaniem zjawisk molekularnych [7].

Warto również wspomnieć o projekcie Bugscope prowadzonym przez Beckman Institute's Imaging Technology Group z Uniwersytetu Illinois, w ramach którego uczniowie i studenci z całego świata poprzez łącza internetowe mają dostęp do FEIXL-30 ESEM FEG skaningowego mikroskopu elektronowego, gdzie mogą badać próbki owadów w dużym powiększeniu [13].

W Polsce istnieje kilka wirtualnych laboratoriów. Jednym z pierwszych i zaliczanym do czołówki tego typu systemów na świecie jest Laboratorium Wirtualne opracowane w Poznańskim Centrum Superkomputerowo-Sieciowym [18]. Umożliwia ono

korzystanie poprzez Internet z bardzo drogich urządzeń pomiarowych takich jak: spektrometr NMR, radioteleskop (jeden 32-metrowy w Piwnicach pod Toruniem, drugi w Mexico City), mikroskop elektronowy. Dzięki takiemu rozwiązaniu, naukowcy znajdujący się poza ośrodkiem badawczym oraz uczeni z mniejszych laboratoriów mogą z nich korzystać. Laboratorium Wirtualne pozwala również na połączenie urządzeń laboratoryjnych z serwerami obliczeniowymi i w ten sposób na stworzenie pełnego scenariusza pomiarowego umożliwiającego przeprowadzenie całego badania w optymalny pod względem czasu i wykorzystanych zasobów sposób [7]. W ramach projektu realizowanego przez Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe, Instytut Chemii Bioorganicznej oraz ACK Cyfronet AGH planowane jest wdrożenie koncepcji Wirtualnego Laboratorium Spektroskopii Magnetycznego Rezonansu.

Inne przykłady to wirtualne laboratorium z napędów i sterowania pneumatycznego – VirtualPneumoLab [4], czy prowadzone w Zakładzie Energoelektroniki i Sterowania Politechniki Poznańskiej, Wirtualne Internetowe Laboratorium Energoelektroniki [20].

Należy jednak podkreślić, iż wirtualne laboratoria nie powinny całkowicie zastępować fizycznie istniejących pracowni a jedynie stanowić dopełniającą formę kształcenia. Można tu zastosować koncepcję, która zakłada, że osoba ucząca się najpierw wykona doświadczenie w wirtualnym środowisku, a następnie powtórzy je w realnych warunkach laboratoryjnych.

Symulacje komputerowe i multimedialne materiały dydaktyczne

Wirtualne laboratoria ze względu na koszty są jednak rzadkością. O wiele częściej spotkać można wykorzystanie e-learningu w postaci symulacji procesów technicznych i fizycznych. Na stronach Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH zamieszczone zostały m.in. takie symulacje jak: zjawisko Dopplera, symulacja działania silnika spaliniowego z zapłonem iskrowym, symulator elektrowni jądrowej czy symulator relatywistyczny [19].

Serwis NobelPrize promuje, od dawna lansowaną przez niektórych i dyskutowaną, ideę nauczania i uczenia się przez zabawę (edutainment), udostępniając wirtualne pokoje badań [16]. The IrYdium Project to projekt sponsorowany przez National Science Foundation, a stworzony przez Uniwersytet Carnegie Mellon w 1997 roku. Jest to typowe laboratorium chemiczne, umożliwiające studentom zaobserwowanie zachowania się konkretnych substancji. Dostępnych jest ponad 100 odczynników [15].

Narzędzia e-learningu umożliwiają również wzbogacenie procesu nauczania o multimedialne materiały dydaktyczne w formie rozbudowanych portali internetowych, podręczników multimedialnych czy repozytoriów obiektów nauczania.

Zastosowanie technik multimedialnych do stworzenia materiałów dydaktycznych pozwala na nagranie filmu obrazującego przebieg eksperymentu. Taki materiał ma dużą wartość poznawczą, studenci mogą śledzić przebieg całego eksperymentu, czy nawet wchodzić w interakcje z programem poprzez wybieranie różnych kryteriów przebiegu eksperymentu (rys. 3).

Przykładem multimedialnych podręczników zawierających eksperymenty w formie filmów oraz część teoretyczną i testową są stworzone przez pracowników SGGW e-skrypty dostępne na stronie <http://wyrównajpoziom.sggw.pl>. W ramach projektu „Wyrównaj Poziom”, współfinansowanego przez UE, zostały przygotowane trzy multimedialne podręczniki z fizyki, matematyki i chemii.



Rys. 3. Film przedstawiający doświadczenie otrzymywania tlenku kwasowego [21]

Również Akademia Górniczo-Hutnicza udostępnia wiedzę w formie multimedialnych materiałów dydaktycznych. Materiały te dostępne są na portalu Open AGH, który realizuje koncepcję otwartych zasobów edukacyjnych (OZE) [17].

Otwarte zasoby edukacyjne, OZE (ang. open educational resources) to materiały, które są publicznie dostępne w Internecie, opublikowane wraz z prawem do dalszego wykorzystania (na podstawie tzw. wolnych licencji) i rozwijania w otwarty sposób. Treści udostępniane są zazwyczaj na zasadach licencji Creative Commons, co daje możliwość ich bezpłatnego wykorzystania w celach niekomercyjnych oraz edukacyjnych, a także adaptację gotowych już materiałów do indywidualnych wymagań. Otwarte zasoby edukacyjne występują w formie kursów online, multimediów, plików źródłowych, zdigitalizowanych kolekcji bibliotecznych, zbiorów muzealnych, itp. OZE tworzą nie tylko materiały, ale także oprogramowanie i narzędzia, systemy licencjonowania, standardy, i najlepsze praktyki [3, 17].

PODSUMOWANIE

Unijny, ale także i światowy priorytet podnoszenia poziomu jakości kształcenia wymaga prawidłowej integracji kompetencji techniczno-informatycznych z pedago-

gicznymi. Wymóg ten dotyczy wszystkich szczebli i form kształcenia, a już szczególnie oczekiwania społeczne adresują go do szkolnictwa wyższego, skupiającego najwyższy potencjał intelektualny, zobowiązany tym samym do dynamicznych postępów w tym zakresie.

Pokolenie studentów urodzonych w dobie Internetu oczekuje od pracowników uczelni umiejętnego i powszechnego stosowania w dydaktyce najnowszych rozwiązań teleinformatycznych. Symulacje komputerowe czy wirtualne laboratoria zdają się te potrzeby zaspokajać. Zastosowanie tych form e-learningu w nauczaniu przedmiotów technicznych wnosi nowe możliwości dydaktyczne i pozwala na podnoszenie poziomu jakości kształcenia inżynierów.

Wirtualne laboratoria i komputerowe symulacje procesów technicznych pozwalają na uzupełnienie, a w niektórych przypadkach na zastąpienie, tradycyjnych laboratoriów dydaktycznych, umożliwiając prowadzenie eksperymentów i badań przy pomocy wirtualnych przyrządów pomiarowych. Dlatego też coraz częściej stanowią one istotny element uzupełniający wiedzę teoretyczną i wspomagający wiedzę praktyczną. Wprowadzenie ich stanowi warunek konieczny dla zapewniania i doskonalenia jakości kształcenia, a także dla obniżania kosztów tego drogiego kształcenia.

BIBLIOGRAFIA

1. Bednarek J., Lubina E.: Kształcenie na odległość. Podstawy dydaktyki. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, s. 95.
2. Cieślak J.: E-learning, blended learning – wyzwania techniczne, organizacyjne, czy bardziej kulturowe? E-mentor, 4(16), 2006.: 20–24.
3. Grodecka K., Śliwowski L.: Przewodnik po Otwartych Zasobach Edukacyjnych, Koalicja Otwartej Edukacji, 2010. http://koed.org.pl/wp-content/uploads/2010/12/Przewodnik-po-OZE_upgrade.pdf
4. Huścio T., Kuźmierowski T.: Wirtualne laboratorium z napędów i sterowania pneumatycznego. Heden Media, 2004.
5. Hyla M.: Przewodnik po e-learningu. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2009.
6. Kuciapski M.: E-learning w biznesie. [W:] Wrycza S. (red.) Informatyka ekonomiczna. Podręcznik akademicki, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010, s. 569.
7. Lawenda M.: Laboratorium wirtualne i teleimersja. Raport wewnętrzny PCSS nr RW-34/01, Poznań 2001.
8. National Tele-Immersion Initiative - <http://www.advanced.org/teleimmersion.html>
9. Nicholas P., Fushman D., Ruchinsky V., Cowburn D.: The virtual NMR Spectrometer: a computer program for efficient simulation of NMR experiments involving pulsed field gradients. Journal of Magnetic Resonance, vol. 145, 2, 2000: 262–275.
10. The virtual laboratory: using networks to enable widely distributed collaborative science, <http://www-itg.lbl.gov/~johnston/Virtual.Labs.html>
11. TIDE: <http://www.evl.uic.edu/scharver/research.htm>
12. Winiński W.: Wirtualne przyrządy pomiarowe. Prace Naukowe, Elektronika, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.

13. <http://bugscope.beckman.uiuc.edu/>
14. <http://ilab.mit.edu/iLabServiceBroker/>
15. <http://irydium.chem.cmu.edu/>
16. <http://nobelprize.org/educational/>
17. http://open.agh.edu.pl/file.php/1/OPEN_AGH_ulotka.pdf
18. <http://vlab.psnr.pl/vlworks.html>
19. <http://www.ftj.agh.edu.pl/wfitj/java/>
20. <http://www.zeis.edu.pl/wile1.html>
21. <http://wyrownajpoziom.sggw.pl/fizyka/>

THE POSSIBILITY OF USING COMPUTER SIMULATIONS AND VIRTUAL LABORATORIES IN EDUCATION OF ENGINEERS

Summary

The article presents the possibility of using e-learning in the education of engineers. Forms, models and systems of education with the use of ICT have been characterized. The examples of the use of virtual laboratories and computer simulations in teaching technical subjects have been described.

Key words: e-learning, virtual laboratories, computer simulations, engineering studies.