Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej Nr 52

IV Konferencja

eTechnologie w Kształceniu Inżynierów eTEE'2017

Politechnika Gdańska, 27-28 kwietnia 2017

INŻYNIER: WIEDZA, TECHNIKA, TECHNOLOGIA

Ryszard SOBCZAK

Miejsce pracy: Politechnika Gdańska
tel.: 583471222 e-mail: rsob@pg.gda.pl

Streszczenie: Na prestiż zawodu inżyniera pracowali wybitni inżynierowie współpracujący z biznesmenami obdarzonymi wyobraźnią. Kształcąc przyszłych inżynierów z zastosowaniem e-technologii warto wiedzieć na czym polega unikalność kształcenia inżynierów i czy stosowanie e-technologii może nam w tym pomóc. Pomóc utrzymać prestiż tego zawodu. W pracy przedstawiono najważniejsze zadania inżyniera i zestawiono je z oczekiwaniami wyrażonymi w Polskich Ramach Kwalifikacji. Pokazano unikalność procesu projektowania obiektów i procesów technicznych wśród oczekiwanych umiejętności absolwentów wyższych uczelni. Wskazano też różnicę między techniką a technologią, w tym również e-technologią. Zasygnalizowano również istotne zagrożenie dla dobrego kształcenia przyszłych inżynierów jakim jest słaby kontakt uczelni technicznych ze środowiskiem gospodarczym.

Słowa kluczowe: inżynier, studiowanie, nauki techniczne, technologia.

1. INSPIRACJA

Organizowanie corocznych konferencji naukowych dotyczących stosowania e-technologii w kształceniu inżynierów skłania do zastanowienia się na czym polega wyjątkowość kształcenia inżynierów. Kim jest i kim powinien być inżynier przyszłości, aby rozważania naukowe na temat jego kształcenia były uzasadnione. Jeśli studia inżynierskie nie różnią się od studiowania prawa, medycyny, filozofii, matematyki czy rachunkowości, to może organizowanie konferencji poświęconych kształceniu inżynierów nie jest celowe?

Artykuł jest próbą znalezienia odpowiedzi na następujące pytania:

- jakie są zadania czekające współczesnego i przyszłego inżyniera?
- czy sposób kształcenia inżynierów zapewnia właściwą realizację ich zadań?
- czy są różnice w sposobie kształcenia inżynierów w stosunku do sposobu kształcenia innych absolwentów wyższych uczelni i na czym one polegają?
- czy stosowanie e-technologii może usprawnić proces kształcenia inżynierów, a jeśli tak, to w jaki sposób?

Podstawą sformułowania odpowiedzi na pierwsze pytanie będą dwa przykłady o charakterze historycznym oraz własne wieloletnie doświadczenie jako inżyniera i jako pracodawcy inżynierów.

Odpowiedź na drugie pytanie i trzecie będzie oparta o dokumenty Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego dotyczące kształcenia inżynierów.

Odpowiedzi na czwarte pytanie wyniknie z odpowiedzi na wcześniejsze pytania.

2. DWA PRZYKŁADY Z HISTORII

Przedstawione w tym punkcie przykłady o charakterze historycznym prezentują inżynierów, którzy przeszli do historii techniki kształtując wyobrażenie o zawodzie inżyniera, a ich dzieła wpłynęły na historię powszechną.

Pierwszą przywołaną postacią jest Louis Maurice Adolphe Linant de Bellefonds (nazywany też Linant Pasha), francuski inżynier pracujący poza Francją, w Polsce zupełnie nieznany. Jak podają francuskie źródła [8] podstawą jego wykształcenia były solidne podstawy z matematyki, rysunku i malarstwa. Był zdolnym samoukiem, który w wieku 32 lat został głównym inżynierem robót publicznych w Egipcie i rozpoczął modernizację sieci kanałów irygacyjnych w tym kraju. Pojął też prace projektowe nad kolejną próbą połączenia Morza Śródziemnego z Morzem Czerwonym. Pełen projekt budowy kanału był gotowy w roku 1844. Przy jego wykonaniu pod kierownictwem Linanta Paszy pracowało około 20 inżynierów. Finansowanie całości projektu i rozpoczęcie prac w roku 1859 było możliwe dzięki zabiegom dyplomaty Ferdinanda de Lesseps. Linant Pasza odpowiadał za wykonanie kanału zgodnie z wcześniej przygotowanym projektem. Po rozwiązaniu wielu problemów o charakterze technicznym, organizacyjnym, politycznym i finansowym w roku 1869 uroczyście otwarto Kanał Sueski. Budowę Kanału Sueskiego udało się przeprowadzić dzięki połączeniu dwóch elementów: doświadczenia technicznego oraz umiejętności zdobywania znacznych środków finansowych na realizację projektu. Kanał jest dziełem wielu ludzi, ale jego wykonanie było możliwe dzięki współpracy dwóch osób: inżyniera i przedsiębiorcy.

Drugą postacią wartą zaprezentowania jest francuski inżynier Maurice Koechlin, absolwent Politechniki Federalnej w Zurychu. W Polsce niezbyt dobrze znany, choć jego pomysł i dzieło są powszechnie rozpoznawalne. Od roku 1879 pracował w biurze projektowym "Compagnie des établissements Eiffel". W roku 1884 przedstawił, przygotowany wspólnie z innym młodym inżynierem, Émilem Nouguier, projekt pylonu (trapezoidalnej wieży o podstawie prostokątnej) o wysokości trzystu metrów. Po kilku miesiącach obaj inżynierowie wraz z swoim szefem, Gustavem Eifflem, byli już autorami patentu. Gustave Eiffel odkupił patent od obu inżynierów i w roku 1885 projekt pylonu-

wieży przedstawił w konkursie na bramę wejściową na teren planowanej na rok 1889 Wystawy Światowej. Budowa ruszyła w roku 1886, a prowadzącym budowę był Maurice Koechlin. Projekt wymagał złożenia wieży z wielu części, które powstały w fabryce Gustava Eiffla. Budowa wieży miała wielu znaczących przeciwników. Uspakajano ich argumentując, że wieża zostanie rozebrana po dwudziestu latach, gdyż jest tylko reklamówką nowych technologii. Okazało, że znaczna część kosztów jej budowy (75%) zwróciła się w ciągu 5 miesięcy od jej udostępnienia turystom. Dzisiaj, po 125 latach od jej powstania, nikt już nie mówi o jej rozebraniu.

Dlaczego te dwie osoby? Dlatego iż ich dzieła są dobrze znane i w pełni rozpoznawalne, a o historii powstania tych dzieł wiemy stosunkowo dużo, zaś sami ich pomysłodawcy i wykonawcy są zupełnie nieznani. Oba projekty są symbolami czasów, gdy zawód inżyniera zaczął osiągać dojrzałość. Mogą również posłużyć w zrozumieniu związków dwóch obszarów: techniki/technologii oraz biznesu. Żaden z tych projektów nie zostałby zrealizowany, gdyby nie ich współistnienie.

3. WSPÓŁCZESNY INŻYNIER

Osiągnięcia inżynierów w ciągu ostatnich stu lat spowodowały, że wykonywanie tego zawodu w dużej części społeczeństwa cieszy się prestiżem i zainteresowaniem. Zdobycie tytułu zawodowego inżyniera dla wielu kandydatów na studia techniczne to ważny krok w ich życiu. Dzisiaj, w bez mała powszechnym rozumieniu, prawdziwy inżynier to osoba nie tylko dobrze wykształcona i kompetentna, ale również odpowiedzialna.

Odpowiedzieć na pytanie co charakteryzuje pracę współczesnego inżyniera może wydawać się trudna ze względu na rozległość obszaru jego działania oraz różnorodność stawianych przed nim zadań. Najważniejsze grupy zadań stawianych przed inżynierem można sprowadzić do dwóch zasadniczych:

- *projektowanie obiektów* i *procesów* obejmujące również *analizę finansową* rozwiązywanych problemów,
- *zarządzanie* obejmujące procesy uruchomienia, eksploatacji, remontu, badania i testów oraz likwidacji obiektów i procesów.

W tak zdefiniowanym zakresie zadań wyraźnie brak określenia rodzaju obiektów i procesów, którymi zajmuje się inżynier. Ich rodzaj wynika z obszaru jego działania. W najprostszym przypadku z inżynierem kojarzony jest *obiekt i proces techniczny*. *Obiekt techniczny* to przedmiot wykonany przez człowieka. Popularna w polskim Internecie [10, 11] definicja "obiekt techniczny to dowolny wytwór cywilizacji technicznej" niczego nie wyjaśnia, a raczej komplikuje. Pojawia się niejasne pojęcie cywilizacji technicznej.

Sposób zdefiniowania obiektu technicznego czyni obiektem technicznym również obraz namalowany przez malarza, który dla miłośników malarstwa niewątpliwie inżynierem nie jest. Jednak malarz wykazał się wiedzą inżynierską przygotowując ramę obrazu, dobierając płótno i grunt, farby i pędzle, zabezpieczając trwałość obrazu werniksem. Rozstrzygnięcia czy obraz jest obiektem technicznym, czy dziełem sztuki można dokonać dołączając do definicji obiektu atrybut *celu jego wykonania*. Jeśli malarz uzyskał oczekiwany efekt, poruszył kogoś tak bardzo, że obraz udało mu się sprzedać, to jest to dzieło sztuki. Jeśli natomiast malarz wykonany obraz zniszczył, bo coś się nie udało, to jest to obiekt techniczny, który należy poddać procesowi likwidacji w taki sposób, aby nie narazić środowiska naturalnego na uszczerbek.

Teraz zdefiniowanie pojęcia procesu technicznego będzie już trochę prostsze. Proces techniczny to proces, którego celem jest:

- kształtowanie, przetwarzanie, transport i magazynowanie *materiałów*,
- transformacja (bez zmiany i ze zmianą postaci) i przesłanie *energii*,
- przetwarzanie i przesyłanie *informacji*.

Pierwsze dwie grupy procesów nie budzą wątpliwości, tzn. inżynier zmienia świat materialny. Najwięcej problemów przysparza trzecia grupa procesów, i to zapewne dlatego, że najmłodsza. Nie będzie ona przysparzała problemów, jeżeli będziemy trzymali się pełnej definicji procesu, a więc również jego celu. W ten sposób proces sądowy nie będzie procesem technicznym tak długo, jak długo obserwowanym celem jego prowadzenia jest rozstrzygnięcie czy oskarżony jest winny, czy niewinny. Są jednak obszary, gdzie można mieć problem z prostym rozstrzygnięciem. Obecnie takimi procesami są usługi finansowe (inżynieria finansowa), czy też procesy związane z inżynierią wiedzy.

Bardzo często mówimy nie o procesach technicznych, lecz *technologicznych*. Jaka jest różnica pomiędzy tymi pojęciami związanymi z pracą inżyniera? W języku dziennikarskim w zasadzie mówi się tylko o procesach technologicznych i w związku z tym, w języku polskim rozróżnienie technika – technologia nie jest wyraźne. Można zaproponować rozróżnienie przyjmując, że:

- *wiedza*, to znać definicję sekundy zgodnie z układem jednostek SI.
- *technika*, to umieć wykonać zegar cyfrowy synchronizowany zewnętrznym sygnałem radiowym, a
- *technologia*, to umieć wykonać 100 takich zegarów w ciągu godziny i to nie drożej niż dwa złote za sztukę.

W ten sposób budowa Kanału Sueskiego nie była procesem technologicznym (wybudowano jeden Kanał). Natomiast wywiezienie urobku przy jego budowie, to już był proces technologiczny. Musiało to być rozwiązanie bardzo wydajne i tanie. Podobnie było z Wieżą Eiffla. Wieża też była wykonana w jednym egzemplarzu, ale składała się 18000 części, wykonanych poza terenem budowy, połączonych ponad dwoma milionami nitów.

Z technologią (i również z e-technologią) nieodłącznie wiąże się ocena kosztów jej wdrożenia i stosowania.

4. OCZEKIWANIA

Do wykonania swoich zadań inżynier musi być odpowiednio przygotowany. Musi posiadać odpowiedni potencjał wiedzy i doświadczenia. Dopiero wtedy będzie mógł realizować swoje zadania. Podstawą procesu zdobywania wiedzy i doświadczenia przez współczesnego inżyniera jest *studiowanie*.

Uczelnie kształcące inżynierów nie mają wielowiekowej tradycji. Najstarsza na ziemiach polskich ma zaledwie trochę ponad 110 lat. To niewiele w porównaniu z Uniwersytetem Jagiellońskim, uczelnią o wielowiekowej tradycji. Jedna z najlepszych uczelni technicznych na świecie, Politechnika Federalna w Zurychu, została założona dopiero w roku 1854.

Wyrazem oczekiwań w stosunku do wiedzy inżynierów przyszłości są warunki prowadzenia studiów w obszarze nauk technicznych i warunki przyznawania dyplomu inżynierskiego. W Polsce do roku 2002 podstawą prowadzenia

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

studiów kończących się uzyskaniem dyplomu inżynierskiego był program studiów zakładający przynajmniej 50% zajęć o charakterze technicznym prowadzonych przez profesorów i doktorów nauk technicznych oraz 40% zajęć o charakterze praktycznym (ćwiczenia, laboratoria i projekty) [1]. Po przyjęciu w roku 2005 nowej ustawy regulującej funkcjonowanie szkolnictwa wyższego [2], podstawą prowadzenia takich studiów stały się zdefiniowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego standardy kształcenia dla poszczególnych kierunków, w tym inżynierskich [3]. Dokonanie oceny zgodności programu studiów opartych o standardy kształcenia z zadaniami stawianymi przed inżynierami jest nadzwyczaj trudne. Z zestawu przedmiotów i ich treści wyszczególnionych dla każdego kierunku oddzielnie trudno wyciągnąć ogólne wnioski. Ten sam problem pojawia się przy próbie wyszukania różnic pomiędzy kierunkami technicznymi i nietechnicznymi (ponad 160 kierunków).

Po kolejnej 'reformie' w roku 2011 [4] odrzucono standardy kształcenia, a programy studiów oparto o definiowanie efektów kształcenia i weryfikację ich uzyskania. Porównanie efektów kształcenia na kierunkach z obszaru nauk technicznych z innymi obszarami pokazuje istotne różnice w liczbie i charakterze efektów kształcenia związanych z uzyskiwaniem umiejętności technicznych. Efekty kształcenia związane ze zdobywaniem wiedzy oraz kompetencji społecznych są dla wszystkich obszarów jakościowo zbliżone. Jednakże dla nauk technicznych efekty kształcenia prowadzące do uzyskania umiejętności zostały podzielone na trzy podgrupy: umiejętności ogólne, podstawowe umiejętności inżynierskie i umiejętności bezpośrednio związane z rozwiązywaniem zadań inżynierskich. Nie wnikając w szczegóły tego podziału widać, że umiejętności oczekiwane od absolwenta studiów technicznych były obszerniejsze niż absolwenta studiów innych kierunków. Ta różnica nie znajduje jednak swojego odzwierciedlenia w czasie przeznaczonym na kształcenie inżynierów, a podział na siedem semestrów studiów pierwszego stopnia (obecnie nazywanych poziomem szóstym PRK) i trzy semestry studiów drugiego stopnia (obecnie nazywanych poziomem siódmym PRK) dodatkowo komplikuje organizację studiów i obniża ich jakość. Wśród wielu wymienionych umiejętności inżynierskich są również te, które służą realizacji podstawowych zadań inżyniera, a mianowicie projektowaniu obiektów i procesów technicznych/technologicznych oraz zarządzaniu nimi.

Począwszy od roku akademickiego 2016/2017 mamy kolejną reformę [5]. Umiejętności inżynierskie uległy korzystnej kompresji. Korzystnej, gdyż projektowanie i zarządzanie nie zniknęło, a te efekty kształcenia, które wcześniej były rozdrobnione, teraz są ujęte w ramach pojedynczych, ale dłuższych opisów charakterystyk drugiego stopnia. Nadal widać, że studia inżynierskie różnią się od studiów prowadzonych w ramach innych kierunków studiów.

W najnowszym dokumencie [5] (i również w poprzednim [4]) często pojawiało się odwołanie do umiejętności przeprowadzania komputerowych eksperymentów symulacyjnych. Dobrze przeprowadzona symulacja w istotny sposób poprawia jakość wykonywanych projektów i obniża koszty projektowanego przedsięwzięcia technicznego i technologicznego. Umiejętności korzystania z komputerowych narzędzi symulacyjnych i wykonywania symulacji można nabyć tylko poprzez ich stosowanie w procesie kształcenia. W projektowaniu, produkcji i stosowaniu narzędzi symulacyjnych nie mamy dużego doświadczenia. Najczęściej są to pojedyncze przedsięwzięcia o unikatowym charakterze, związane z bardzo szczegółowymi badaniami naukowymi. W pracach prezentowanych na konferencjach poświęconych symulacjom komputerowym uwaga autorów jest skupiona na rozwiązywanym zagadnieniu teoretycznym. Narzędzie symulacyjne jest najczęściej tylko jednorazowo wykonanym narzędziem badawczym, a nie produktem, który ma służyć celom edukacyjnym.

Przedmiotem symulacji może być nie tylko strona techniczna projektu, ale również analiza ekonomiczna projektowanego przedsięwzięcia. Ten obszar na studiach technicznych jest prawie nieobecny.

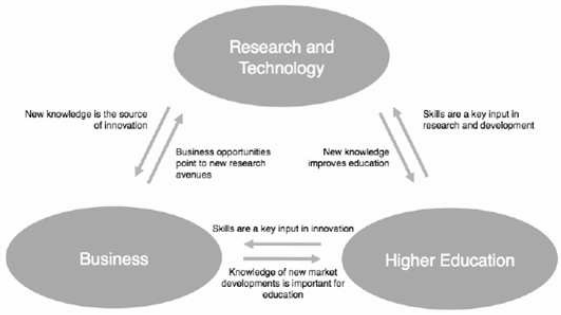
Symulacja komputerowa to również przedmiot zainteresowania zawodowego inżyniera twórcy komputerowych narzędzi symulacyjnych. W związku z tym symulacja komputerowa powinna być obecna w rozważaniach o stosowaniu e-technologii w procesie kształcenia inżyniera. Warto, aby w ramach konferencji dotyczących e-technologii w kształceniu inżynierów zająć się również komputerowymi narzędziami symulacyjnymi.

5. ZAGROŻENIA

W miejscu pracy inżyniera umiejętność wykonania dobrej analizy ekonomicznej jest jedną z najważniejszych umiejętności. To co inżynier zaprojektuje musi dać się sprzedać, nawet jeśli jest to obiekt techniczny z pozoru tak trudny do sprzedania jak Kanał Sueski czy Wieża Eiffla. Inżynierów nie powinno dziwić, że pracodawca będzie od nich wymagał pracy nad zaprojektowaniem tańszych rozwiązań.

Poprawna i racjonalna analiza finansowa projektu inżynierskiego jest coraz trudniejsza, gdyż kontakt uczelni technicznych z biznesem jest coraz słabszy.

Nie jest to tylko cecha polskiego szkolnictwa wyższego, lecz zjawisko ogólnoeuropejskie mające już swoją nazwę 'academic drift' [9]. Oznacza ono, między innymi, aspirowanie uczelni technicznych do funkcjonowania na prawach uniwersytetów. Skutkiem tej zmiany statusu uczelni technicznej jest uciekanie od kontaktów z biznesem. Dobrze widocznym przykładem tej ucieczki jest tzw. trójkąt wiedzy.

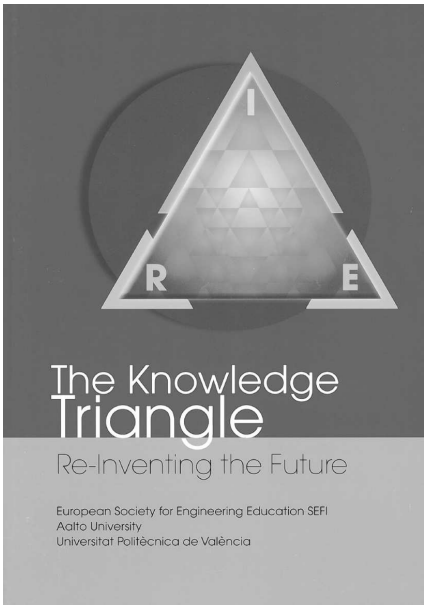


Rys. 1. Trójkąt wiedzy w wydawnictwie przygotowanym dla Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii [6]

Trójkąt wiedzy miał ilustrować interakcję trzech źródeł *innowacji*. Podstawą powstawania innowacji miały być trzy elementy: *edukacja*, *nauka* i *biznes*. Rysunek 1 jest ilustracją trójkąta wiedzy przedstawioną w wydawnictwach prezentujących zadania i zasady funkcjonowania Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii. W miarę upływu czasu akademicy usunęli z trójkąta wiedzy 'biznes'. Działanie to dotyczy również instytucji międzynarodowych zrzeszających organizacje odpowiedzialne za edukację inżynierów.

Rysunek 2 przedstawia okładkę wydawnictwa firmowanego przez Europejskie Stowarzyszenie Edukacji Inżynierskiej, na której 'biznesu' w trójkącie wiedzy już nie ma.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rys. 2. Okładka wydawnictwa Europejskiego Stowarzyszenia Edukacji Inżynierskiej [7]

6. WNIOSKI KOŃCOWE

Kształcenie inżynierów jest na tyle odmienne od kształcenia w obszarach nauk nietechnicznych, że organizowanie konferencji poświęconej stosowaniu e-technologii w procesie kształcenia inżynierów jest w pełni uzasadnione. Umiejętność projektowania obiektów i procesów technicznych/ technologicznych jest cechą charakterystyczną tej grupy zawodowej. Należy przy tym pamiętać, że za pojęciem technologia, a więc również e-technologia, kryje się również analiza ekonomiczna.

Być może należałoby rozszerzyć tematykę konferencji poświęconych stosowaniu e-technologii w kształceniu inżynierów o zagadnienia związane z konstruowaniem narzędzi symulacyjnych przeznaczonych do kształcenia oraz ich stosowaniem w trakcie studiów, w szczególności w obszarze słabo obecnym w programie studiów, a mianowicie: analizy ekonomicznej i zarządzania.

7. BIBLIOGRAFIA

[1] Rozporządzenie MNiSW z dnia 18.04.2002 r. w sprawie określenia standardów nauczania dla poszczególnych kierunków studiów i poziomów kształcenia, Dz.U. 2002 nr 253 poz. 1004.
[2] Ustawa z dnia 27.07.2005 Prawo o szkolnictwie wyższym. Dz.U. 2007 nr 164 poz. 1365.
[3] Rozporządzenie MNiSW z dnia 12.07.2007 r. w sprawie standardów kształcenia dla poszczególnych kierunków oraz poziomów kształcenia, a także trybu i warunków, jakie musi spełniać uczelnia, by prowadzić studia międzykierunkowe i makrokierunki, Dz.U. 2007 nr 164 poz. 1166.
[4] Rozporządzenie MNiSW z dnia 2.11.2011 r. w sprawie Krajowych Ram Kwalifikacji dla Szkolnictwa Wyższego, Dz.U. 2011 nr 253 poz. 1520.
[5] Rozporządzenie MNiSW z dnia 26.09.2016 r. w sprawie charakterystyk drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji typowych dla kwalifikacji uzyskiwanych w ramach szkolnictwa wyższego po uzyskaniu kwalifikacji pełnej na poziomie 4 – poziomy 6–8. Dz.U. z 2016 poz. 1594.
[6] Allinson R., Izsak K., Griniece E.: Catalysing Innovation In The Knowledge Triangle, Technopolis Group, Publication for the European Institute of Innovation and Technology, 2012, s.5.
[7] Knowledge Triangle – Re-Inventing the Future, red. Lappalainen P., Markkula M., European Society for Engineering Education SEFI, Aalto University, Universitat Politècnica de València, 2013, Okładka.
[8] https://fr.wikipedia.org/wiki/Louis_Maurice_Adolphe_Linant_de_Bellefonds (2017.02.12)
[9] http://www.unevoc.unesco.org/go.php?q=TVETipedia+Glossary+A-Z&filt=all&id=701 (2017.02.12)
[10] https://pl.wikipedia.org/wiki/Obiekt_techniczny (2017.02.12)
[11] http://slideplayer.pl/slide/830064/ (2017.02.12)

ENGINEER: KNOWLEDGE, TECHNIQUE, TECHNOLOGY

The prestige of the profession of engineer is a result of work of eminent engineers who cooperated with businessmen gifted with imagination. When educating future engineers with the usage of e-technology it is good to know what is the uniqueness of engineering education and if e-technology can be helpful in this process. In this paper, there were identified most important tasks of an engineer and they were compiled with the expectations expressed in The Polish Qualifications Framework. It was shown that the process of designing objects and processes is a unique expectation towards university graduates. The difference between technique and technology (including e-technology) was indicated as well. It was also signaled, that poor cooperation between technical universities and business is a real danger for good education of future engineers.

Keywords: engineering, education, technical science, technology.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl