

KONCEPCJA *EXPERIENTIAL LEARNING* W INŻYNIERII PRODUKCJI

Krzysztof SANTAREK

Streszczenie: Celem pracy jest prezentacja nowoczesnych form kształcenia na kierunkach technicznych, ukierunkowanych przede wszystkim na opanowanie i utrwalanie umiejętności oraz koncepcja ich wykorzystania w nauczaniu na kierunku studiów Zarządzanie i Inżynieria Produkcji. Poszukując skutecznych metod kształcenia a także możliwości obiektywnego spełnienia wymagań zawartych w KRK (dotyczących zwłaszcza umiejętności i sposobów ich oceny) zwrócono uwagę na koncepcję *Experiential Learning*, zaproponowaną i rozwijaną w ramach tzw. psychologii kształcenia.

Słowa kluczowe: inżynieria produkcji, organizacyjne uczenie się, innowacyjne formy i metody nauczania, *experiential learning*, psychologia kształcenia.

1. Wstęp

Na świecie od wielu lat czołowe uczelnie techniczne z powodzeniem stosują innowacyjne metody nauczania. W tym miejscu warto wymienić MIT, Franklin W. Olin College of Engineering z USA [1], University of Aalborg z Danii, Politechniki w Dortmundzie, Bochum, Wiedniu, Uniwersytet w Grenoble, i wiele innych. Te innowacyjne metody kształcenia mają silne podstawy teoretyczne i eksperymentalne. Opierają się na wynikach badań prowadzonych od lat 1920-tych w ramach tzw. psychologii kształcenia przez takich wybitnych uczonych, jak: John Dewey, Kurt Lewin, Jean Piaget, David Kolb i in. Metody te (a jest ich wiele) noszą ogólną nazwę *Experiential Learning*. *Experiential Learning* jest to alternatywne podejście do kształcenia, głównie osób dorosłych. Jego istotą jest uczenie się poprzez refleksję nad tym, co robimy. Polega na uczeniu się poprzez (w trakcie) gromadzenia doświadczeń. Często jest ono przeciwstawiane pamięciowemu uczeniu się czy też tzw. dydaktycznemu uczeniu się, polegającemu na postępowaniu wg instrukcji, zaleceń, wskazówek nauczającego, itp. Jest bliskie, lecz nie tożsame, z takimi podejściami jak: uczenie się poprzez działanie (pracę), zespołowe uczenie się, itp.

Istnieje wiele form realizacji koncepcji *Experiential Learning*, a wśród nich *Project Based Learning* (całkowicie odmienna forma kształcenia niż popularne tzw. zajęcia projektowe), *Experimental Learning Laboratories* (w których studenci wykonują konkretne zadania związane ze studiowanym kierunkiem studiów, obejmujące treść kilku przedmiotów, w symulowanych warunkach zbliżonych do rzeczywistych; również i ta forma kształcenia ma niewiele wspólnego z tradycyjnymi u nas zajęciami laboratoryjnymi).

W Europie szereg wyższych uczelni technicznych (oprócz wyżej wymienionych) stosuje już metody *Experiential Learning* w nauczaniu m.in. takich przedmiotów/zagadnień, jak: organizacja i zarządzanie produkcją, projektowanie systemów produkcyjnych, ergonomia i organizacja stanowisk pracy, badanie i mierzenie pracy,

projektowanie systemów produkcyjnych, zarządzanie projektami, rozwój nowych wyrobów, i in.

Nowe przepisy wprowadzane w związku z realizowaną reformą szkolnictwa wyższego w Polsce nakładają na uczelnie szereg wymagań. Jednym z nich są Krajowe Ramy Kwalifikacji. Według posiadanej wiedzy i doświadczenia Autora spełnienie i weryfikacja tzw. umiejętności bez istotnej zmiany „technologii” nauczania jest co najmniej wątpliwe. Obiecującą jest koncepcja *Experiential Learning*, gdyż:

- posiada mocne podstawy naukowe, zweryfikowane praktycznie,
- jest stosowana, z bardzo dobrymi efektami, w wielu uczelniach, w tym zwłaszcza technicznych, na świecie,
- jest ukierunkowana na nauczanie (uczenie się) wiedzy i nabywanie umiejętności praktycznych.

2. Uwarunkowania kształcenia w zakresie Inżynierii produkcji

Wymagania dotyczące kształcenia w zakresie inżynierii produkcji są pochodną zmian społeczno-gospodarczych, obserwowanych w kraju, Europie i na świecie. Zmiany gospodarcze to przede wszystkim globalizacja, wzrost konkurencji oraz rosnąca dynamika procesów innowacyjnych. Kształcenie, nie tylko w zakresie inżynierii produkcji, powinno przygotować absolwentów do pracy w turbulentnym otoczeniu. Zmianom gospodarczym towarzyszą, a często są przez nie wywoływane, zmiany społeczne. Do ważniejszych z nich można zaliczyć tworzenie nowych miejsc pracy, utrzymanie standardu życia i zapewnienia bezpieczeństwa socjalnego (zwłaszcza w krajach uprzemysłowionych), niski przyrost naturalny (szczególnie w Polsce) i będące tego wynikiem starzenie się społeczeństw.

Powyższe trendy stanowią duże wyzwanie dla wielu państw i znalazły swój wyraz m.in. w priorytetach rozwoju gospodarczego i społecznego zawartych w strategii UE do roku 2020:

- wzrost gospodarczy i tworzenie miejsc pracy,
- energia i zmiany klimatyczne,
- dobrobyt i bezpieczeństwo socjalne.

Ich realizacja wymagać będzie nowej wiedzy i umiejętności związanych z kształceniem m.in. w zakresie inżynierii produkcji. W roku 2009 zidentyfikowano zbiór tzw. kluczowych technologii bazowych (Key Enabling Technologies) mających wpływ na wzmocnienie potencjału konkurencyjnego i innowacyjnego przemysłu europejskiego. Globalny rynek KET-sów, którego wartość w roku 2008 oceniano na 832 mld USD ma wzrosnąć do ok.1300 mld USD do roku 2015 [2]. Program ramowy Horizon 2020 przywiązuje duże znaczenie do rozwoju i wdrożeń KET jako czynnika umożliwiającego realizację celów strategicznych UE. Nie tylko nowe technologie stanowią przedmiot zainteresowania państw UE i uczelni w tych krajach. Odpowiedzią środowiska akademickiego na te wyzwania jest szereg inicjatyw dotyczących nowych form współpracy z przemysłem [3]. W szczególności dokonano oceny korelacji między tymi inicjatywami a realizacją celów związanych z bezpieczeństwem energetycznym i przeciwdziałaniem zmianom klimatycznym, zapewnieniem dobrobytu i bezpieczeństwa socjalnego. Wskazano na szereg zagadnień nie związanych bezpośrednio z rozwojem technologii, które powinny zostać rozwiązane. Należą do nich m.in.: zmiany wizerunku przemysłu i produkcji (w celu m.in. zainteresowania młodzieży studiami technicznymi i pracą w przemyśle), rozbudowy infrastruktury (głównie transportowej i informatycznej), nowych modeli finansowania innowacji i przedsięwzięć, utworzenie Europejskiej Przestrzeni Badań i Innowacji na

Potrzeby Produkcji, projektowania i budowy tzw. Teaching/Learning Factory w celu rozwoju kompetencji inżynierów w Europie i nadania odpowiedniego priorytetu transferowi technologii z nauki do produkcji [4], i in.

Powyższe koncepcje i podejmowane inicjatywy stawiają nowe wymagania kształceniu na wielu kierunkach studiów, w tym w zakresie inżynierii produkcji. Nowe wymagania dotyczą nie tylko treści nauczania (czego uczyć ?) lecz także form (sposobów) nauczania (jak uczyć?). Ostatni problem dotyczy m.in. kwestii wzrostu efektywności nauczania i lepszego przygotowania absolwentów do wymagań rynku pracy, nastawienia na wiedzę użyteczną (praktyczną).

W krajach członkowskich Unii, w tym w Polsce, podejmowane są liczne działania zmierzające do tego celu. Na poziomie UE wystarczy wymienić Strategię Lizbońską (nie zakończoną sukcesem), koncepcję gospodarki opartej na wiedzy, liczne programy nastawione na edukację: TEMPUS, Socrates-Erasmus, Leonardo da Vinci, i in. W Polsce działania te obejmują reformę szkolnictwa wyższego i sektora nauki, udział w programach UE, i in. Jedną z ostatnich inicjatyw jest opracowanie i wdrażanie Krajowych Ram Kwalifikacji [5, 6]. Krajowe Ramy Kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego stanowią opis kwalifikacji zdobywanych w systemie szkolnictwa wyższego w danym kraju, spójny i zrozumiały w relacjach z uczelniami i pracodawcami w kraju i za granicą, potwierdzający osiągnięcie przez absolwentów określonych efektów kształcenia, opisanych w kategoriach wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych. Inżynieria produkcji (kierunek studiów: Zarządzanie i inżynieria produkcji) znalazła się w grupie nauk technicznych. Obowiązujące dokumenty [5, 6] nic nie mówią jak kształcić (poza ogólnymi stwierdzeniami), aby osiągnąć określone efekty kształcenia. Stwarza to pewne trudności w szczególności związane z kwantyfikacją niektórych wymagań dotyczących umiejętności i kompetencji społecznych. Rozwiązanie tego problemu pozostawia się zainteresowanym uczelniom. Naszym zdaniem jest to szansa dla wielu uczelni w poszukiwaniu i wdrażaniu innowacyjnych form nauczania.

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat dokonał się ogromny postęp w dziedzinie „technologii kształcenia”, związany nie tylko z rozwojem i upowszechnieniem technologii informacyjnych i komunikacyjnych. Warto przede wszystkim zwrócić uwagę na dorobek nauk humanistycznych i społecznych, dla których procesy nauczania i uczenia się (na różnych poziomach) są ważnym przedmiotem zainteresowań. W dalszej części przedstawione zostanie jedno z podejść zwane „experiential learning” – uczenie się poprzez doświadczenie, powstałe w ramach tzw. psychologii kształcenia.

3. Geneza i istota *experiential learning*

3.1. Krzywa doświadczenia i zjawisko organizacyjnego uczenia się

Troska o przyszłość młodych generacji od dawna była przedmiotem szczególnej troski tych, którzy zainteresowani byli losami państwa i organizacji, możliwością przekazania władzy w godne ręce. Dotyczyło to w równym stopniu kształcenia (kandydatów na) władców, kapłanów, rycerzy, kadr dla administracji i sądownictwa, itp. Kształcenie młodych generacji było przedmiotem zainteresowania już w starożytności (Konfucjusz, Platon). W czasach nam bliższych warte przypomnienia są dokonania Jana Amosa Komenský'ego, czeskiego pedagoga, filozofa, reformatora i myśliciela protestanckiego (był członkiem kościoła braci czeskich). Komenský położył podwaliny pod współczesne zasady pedagogiki: był twórcą i propagatorem systemu powszechnego nauczania. W Polsce warto

wspomnieć o pracach Komisji Edukacji Narodowej i takich jej zasłużonych pracownikach, jak: Hugon Kołłątaj, Franciszek Bieliński, Julian Ursyn Niemcewicz, i in.

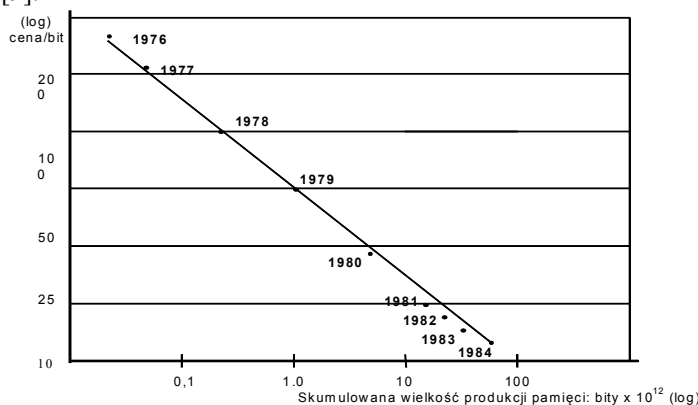
Kształcenie i wychowanie było i jest przedmiotem zainteresowania przedstawicieli różnych dyscyplin naukowych, w tym pedagogów, psychologów i filozofów. W czasach nam współczesnych kształcenie jest przedmiotem zainteresowania także przedstawicieli nauk o zarządzaniu. Wynika to ze szczególnej roli, jaką przypisuje się zjawisku organizacyjnego uczenia się, odgrywającego kluczową rolę w zarządzaniu produkcją, transferze innowacji, zarządzaniu wiedzą, przeprowadzaniu zmian organizacyjnych, wielu koncepcjach zarządzania opartych na ciągłych usprawnieniach, itp.

Pierwsze prace dotyczące zjawiska produkcyjnego uczenia się pojawiły się już w latach 1920-tych ubiegłego stulecia [7, 8]. Interesowano się wówczas głównie zjawiskiem nabywania doświadczenia (wprawy) i będącą tego efektem obniżką kosztów i pracochłonności, wzrostem wydajności, itp. Obserwacje i analizy procesów produkcyjnych wyrobów złożonych (np. samolotów) doprowadziły do sformułowania empirycznej zależności pomiędzy skumulowanym doświadczeniem a kosztami, pracochłonnością jednostkową, itp. produkowanych wyrobów. Zależność ta jest przedstawiana najczęściej w postaci wzoru:

$$y_n = y_1 \cdot n^x, \quad (1)$$

gdzie : y_1 - koszt (pracochłonność) wykonania pierwszego wyrobu,
 y_n - koszt (pracochłonność) wykonania n-tego wyrobu,
 n - skumulowana ilość wykonanych wyrobów (skala doświadczenia)
 $x = \log \phi / \log 2$.

Szybkość produkcyjnego uczenia ϕ oznacza względną zmianę (obniżkę) kosztu (pracochłonności) jednostkowego przy każdym podwojeniu ilości wykonanych wyrobów. Rysując wykres tej funkcji w skali podwójnie logarytmicznej (log-log) wyniki pomiarów (obserwacji) skupiają się wzdłuż linii prostej mającej ujemny współczynnik nachylenia względem osi odciętych, co sugeruje iż koszty (pracochłonność) jednostkowe maleją wraz ze wzrostem skumulowanej ilości wyprodukowanych wyrobów (rys.1). Powyższa prosta zależność była wielokrotnie potwierdzana wieloma badaniami i szybko znalazła praktyczne zastosowania w inżynierii produkcji, m.in w planowaniu rozruchu produkcji nowych wyrobów [9].



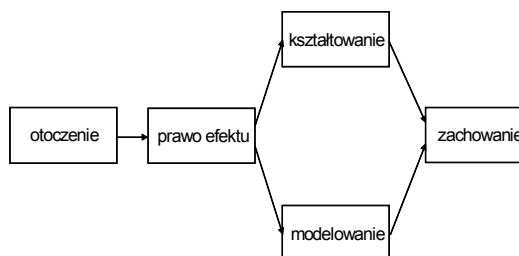
Rys.1. Efekt produkcyjnego uczenia- przykład pamięci DRAM, $\phi=0.70$ wg Schroedera

Wnioski wynikające z obserwacji zjawiska produkcyjnego uczenia się (nabywania wprawy) mają jednak dalej idące konsekwencje i zastosowania, m.in. w zarządzaniu strategicznym produkcją, marketingiem, i in. [10]. Obserwacje i doświadczenia z praktyki przemysłowej pokazują również, iż zjawiskiem produkcyjnego uczenia się (a mówiąc bardziej precyzyjnie szybkością produkcyjnego uczenia się) można sterować (tabl.1).

Tab.1. Czynniki wpływające na szybkość produkcyjnego uczenia się

	PRZYSPIESZAJĄCE	OPÓZNIAJĄCE
„indywidualne” uczenie się	<ul style="list-style-type: none"> - lepsza wprawa - lepsze środki pracy, narzędzia - silniejsza motywacja 	<ul style="list-style-type: none"> - brak motywacji - zapominanie (utrata) wprawy w pracy - ograniczenia wynikające ze strony: <ul style="list-style-type: none"> - innych pracowników - organizacji pracy - środków pracy
„organizacyjne” uczenie się	<ul style="list-style-type: none"> - suma wiedzy „indywidualnej” - dobór i szkolenie pracowników - lepsze metody pracy - podział pracy, specjalizacja - usprawnienie konstrukcji wyrobu - ekonomika skali produkcji - motywacja - zarządzanie 	<ul style="list-style-type: none"> - ograniczenia / niedostępność kapitału - zmiany w konstrukcji wyrobu - regulacje prawne, umowy zbiorowe - bezwładność organizacji - brak motywacji - brak przywództwa

Pojęciem szerszym niż produkcyjne uczenie się jest organizacyjne uczenie się. Oznacza ono każdą trwałą zmianę zachowań organizacyjnych: jednostki (pracownika), grupy, ogółu pracowników wynikających z nabywania doświadczenia [11]. Rys.2 przedstawia schemat procesu uczenia się. Podstawą uczenia się jest tzw. prawo efektu, zgodnie z którym zachowania, którym towarzyszą korzystne konsekwencje zwykle są powtarzane (utrwalane) zaś negatywne nie będą powtarzane. Uczenie się może polegać na kształtowaniu bądź na modelowaniu. To pierwsze może polegać np. na stosowaniu metody prób i błędów zaś w drugim przypadku na obserwowaniu działań innych osób i modelowaniu własnych zachowań.



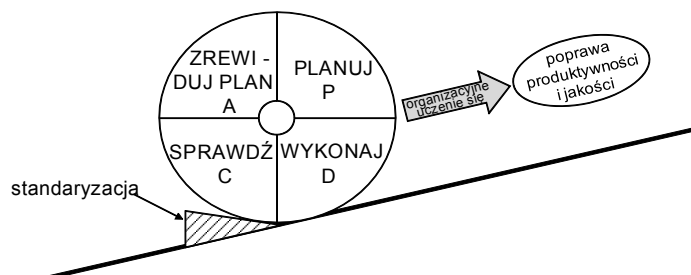
Rys.2. Schemat procesu uczenia się [11]

Powyższy schemat jest ogólny i w równym stopniu dotyczy uczenia się w środowisku pracy jak również uczenia się w szkole, na studiach, itp. W systemach zarządzania opartych na ciągłych usprawnieniach zdolność organizacyjnego uczenia się jest kluczem do sukcesu. Standaryzacja (formalizacja) działań nie wsparta utrwalaniem zachowań organizacyjnych w następstwie organizacyjnego uczenia się jest niewystarczająca, rys.3.

Organizacyjne uczenie się może odbywać się na wielu poziomach, rys.4, co stawia wysokie wymagania kształceniu przyszłych pracowników. Niektóre z nich zostały zawarte w Krajowych Ramach Kwalifikacji. Nie jest natomiast jasne, jak uczyć (nauczać) studentów, aby nabyli wymagane przez rynek pracy umiejętności oraz postawy.

Współcześnie dużą uwagę zwraca się na efektywność kształcenia, rozumianą jako zdolność szybkiego i trwałego przyswojenia określonej wiedzy i jej późniejszego

praktycznego wykorzystania. Ma to szczególne znaczenie także w przypadku uczenia się (studiowania) na poziomie wyższym. Warunki, o jakich była mowa w rozdz.2 nakładają szczególne wymagania m.in. na kształcenie w zakresie inżynierii produkcji (na kierunku studiów Zarządzanie i Inżynieria Produkcji).

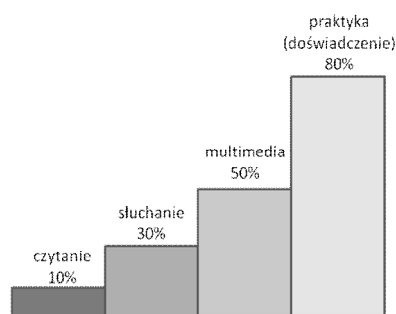


Rys.3. Cykl Deminga i organizacyjne uczenie się



Rys.4. Poziomy organizacyjny uczenia się

Tradycyjne formy nauczania charakteryzują się niewielką skutecznością, rys. 5. Zjawisko to dostrzegali już Konfucjusz, żyjący na przełomie V i VI w. p.n.e., co sformułował w następujących (przypisywanych mu) słowach: „*Slucham i zapominam, widzę i pamiętam, wykonuję i rozumiem*”. W dalszej części artykułu zaprezentowana zostanie koncepcja *experiential learning*, teoria nauczania głównie osób dorosłych, która zdobywa coraz większą popularność, jest



Rys.5. Skuteczność różnych form

stosowana w wielu wyższych uczelniach na świecie i może być z powodzeniem wykorzystana w kształceniu studentów w zakresie inżynierii produkcji.

3.2. Istota experiential learning

“Istnieje potrzeba stworzenia teorii doświadczenia po to, aby można go było wykorzystać w sposób inteligentny w kształceniu.”—John Dewey.

“Nie ma nic tak praktycznego jak dobra teoria.”—Kurt Lewin.

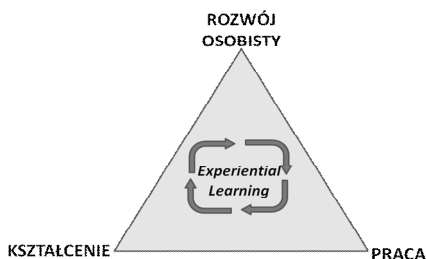
Powyższe powiedzenia przypisywane prekursorom *experiential learning* wskazują na istotę tego podejścia. Współczesna teoria *experiential learning* została rozwinięta przez Davida Kolba (por.[12 13]). Opiera się ona na sześciu tezach, sformułowanych i głoszonych przez jej twórców, popularyzatorów i praktyków:

1. Kształcenie należy traktować jako proces, nie zaś w kategoriach efektów (wyników). Aby usprawnić kształcenie w szkolnictwie wyższym, należy przede wszystkim skupić się na włączeniu studentów w proces kształcenia, który usprawni ich uczenie się – proces, obejmujący sprzężenie zwrotne pomiędzy efektywnością i wysiłkiem związanym z uczeniem się. Jak zauważył John Dewey „kształcenie musi być postrzegane jako ciągłe powtarzanie doświadczenia ... proces i cel kształcenia są jednym i tym samym” [14].
2. Każde uczenie się polega na powtarzaniu uczenia się. Uczenie się jest najlepiej wspomagane przez proces, dzięki któremu przekonania i wyobrażenia studentów na temat przedmiotu nauczania mogą być sprawdzalne, oceniane a także zintegrowane z nowymi, ulepszonymi pomysłami, koncepcjami.
3. Uczenie się wymaga rozwiązywania konfliktów pomiędzy sprzecznymi sposobami postrzegania i przystosowania świata (otoczenia). Te konflikty, różnice, niezgodności są siłą napędową procesu uczenia się. W trakcie procesu uczenia się następują ciągłe przejścia pomiędzy przeciwstawnymi stanami uczącego się: refleksji i działania, odczuwania i myślenia (por.rys.8).
4. Uczenie się jest procesem całościowego adaptowania się do otoczenia (środowiska). Uczenie się nie jest wyłącznie wynikiem poznawania lecz także obejmuje całość procesów myślowych osoby uczącej się: myślenie, odczuwanie, postrzeganie i zachowania.
5. Uczenie się jest wynikiem synergii transakcji pomiędzy osobą uczącą się a otoczeniem. Wg Piageta, uczenie się jest wynikiem równowagi procesów, w których następuje dołączanie nowych doświadczeń do istniejących (posiadanych przez uczącego się) koncepcji oraz z drugiej przystosowanie tych koncepcji do nowych doświadczeń.
6. Uczenie się jest procesem tworzenia wiedzy.

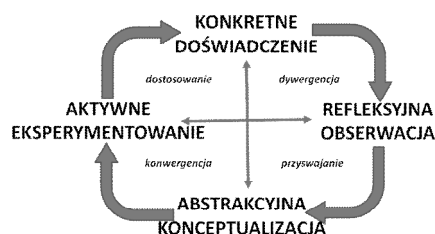
Koncepcja *experiential learning* proponuje konstruktywistyczne podejście do uczenia się, w którym wiedza społeczna (tworzona w środowisku społecznym, np. w grupie) jest tworzona a następnie wzbogaca wiedzę osobistą (indywidualną) uczącego się. Inaczej to ujmując: wiedza tworzona jest w wyniku doświadczenia. *Experiential learning* jest jednak nade wszystko filozofią edukacji, opartą na teorii doświadczenia [14]. To podejście jest przeciwne w stosunku do stosowanego powszechnie modelu „transmisji” (przekazywania) wiedzy, w którym istniejące, ustalone idee są przekazywane jako gotowe wzorce (często nie podlegające dyskusji) uczącemu się. *Experiential learning* różni się także od behawioralnych teorii nauczania i uczenia się, w których rola subiektywnych (osobistych) doświadczeń uczącego się jest całkowicie pomijana.

Koncepcja *experiential learning* integruje trzy obszary: kształcenie (uczenie się), rozwój osobisty i pracę (rys.6). Inaczej mówiąc, uczenie się jest realizowane poprzez rozwój osobisty, angażujący różne sfery aktywności człowieka, w środowisku pracy -

poprzez doświadczenie.



Rys.6. Trzy aspekty *experiential learning*



Rys.7 Model cyklu *experiential learning* wg Kolba [5]

Rys.7 przedstawia jeden z częściej cytowanych modeli *experiential learning* opracowany przez Davida Kolba [12]. Jest to model cykliczny (uczenie się jest procesem iteracyjnym) obejmujący cztery fazy (kroki):

- uczący się zdobywa konkretne doświadczenie (wykonując określone prace),
- uczący się czyni obserwacje w trakcie wykonywania pracy i wyciąga wnioski na podstawie zgromadzonych doświadczeń,
- obserwacje i wnioski są przyswajane stając się częścią nowego sposobu rozumienia oraz interpretacji znaczenia (ważności) przeprowadzonego doświadczenia - wykonanej pracy; w ten sposób tworzona jest wiedza ukryta, indywidualna
- ta wiedza jest następnie transformowana w „wiedzę operacyjną”, wykorzystywaną w realizacji kolejnych prac i prowadzeniu nowych doświadczeń.

Teoria *experiential learning* przedstawia dwa przeciwstawne sposoby zdobywania doświadczenia: konkretne doświadczenia i abstrakcyjna konceptualizacja oraz dwa przeciwstawne sposoby przekształcania doświadczenia: refleksyjna obserwacja i aktywne eksperymentowanie. Zgodnie z modelem cyklicznym natychmiastowe lub inaczej konkretne doświadczenie jest podstawą obserwacji i refleksji. Refleksje są kumulowane a następnie przekształcane w abstrakcyjne koncepcje (uogólnienia, modele, wzorce) z których wynikają wnioski dotyczące kolejnych działań. Wnioski te mogą być weryfikowane praktycznie, czyli można je aktywnie testować a następnie wykorzystywane do zdobywania nowych doświadczeń. Analiza modelu *experiential learning* wskazuje, iż uczenie się wymaga pewnych umiejętności, biegunowo przeciwnych, zaś uczący się musi stale wybierać, które z nich zostaną użyte w określonej sytuacji uczenia się: zdobywanie konkretnego (praktycznego) doświadczenia, refleksyjna obserwacja, abstrakcyjna konceptualizacja czy też aktywne (świadome, programowane) eksperymentowanie.

Z modelu Kolba wynikają cztery style uczenia się, rys.7.:

- dywergencja czyli różnicowanie, z dominującą rolą umiejętności uczenia się polegających na zdobywaniu konkretnego doświadczenia i refleksyjnej obserwacji. Osoby uprawiające ten styl uczenia się będą chętnie analizować konkretne doświadczenie (przebieg i jego wynik) z wielu różnych punktów widzenia, pracować w grupie, słuchać uwag innych osób.
- przyswajanie czyli asymilacja oparte jest na innej parze umiejętności uczenia się: refleksyjna obserwacja i abstrakcyjna konceptualizacja. Osoby preferujące ten styl uczenia się potrafią przyswoić szeroki strumień informacji oraz przedstawić je

w syntetycznej, logicznej postaci. Osoby takie są silniej zorientowane na idee, abstrakcyjne pomysły, w mniejszym stopniu na ludzi; wyżej cenią logiczną klarowność teorii w mniejszym stopniu jej praktyczną przydatność, w konkretnej sytuacji tacy uczący się będą preferować lekturę podręczników, prac naukowych, stosowanie modeli analitycznych oraz możliwość dokonywania własnych przemyśleń.

- konwergencja wymaga od uczącego się umiejętności abstrakcyjnej konceptualizacji oraz aktywnego eksperymentowania. Osoby preferujące ten styl uczenia się najlepiej czują poszukując praktycznego wykorzystania pomysłów i teorii. Posiadają umiejętności rozwiązywania problemów i podejmowania decyzji wykorzystując znalezione odpowiedzi na pytania i rozwiązania wcześniejszych problemów; preferują kontakty z problemami technicznymi w mniejszym zaś stopniu z problemami społecznymi czy też międzyludzkimi, eksperymentowanie z nowymi pomysłami, symulacje, prace laboratoryjne i praktyczne zastosowania.
- akomodacja czyli dostosowanie wymaga umiejętności aktywnego eksperymentowania i konkretnego doświadczenia. Osoby stosujące ten styl uczenia się posiadają umiejętność uczenia się głównie z praktyki – wykonywania konkretnych zadań. Osoby takie preferują prace w grupie, wykonywane z innymi osobami przy przydzielaniu zadań, ustalaniu celów, wykonywaniu pracy oraz testowaniu różnych sposobów wykonywania zadań.

Experiential learning wymaga stosowania naprzemian różnych stylów uczenia się, co silniej angażuje studenta się w proces uczenia się, rozwijając wszechstronnie jego umiejętności, zwiększając skuteczność i efektywność procesu uczenia się. Proces uczenia się wg modelu iteracyjnego Kolba ilustrują rys.8 i 9.



Rys.8. Przykład 1 ilustrujący proces uczenia się wg modelu Kolba



Rys.9. Przykład 2 ilustrujący proces uczenia się wg modelu Kolba

4. Wykorzystanie *experiential learning* w kształceniu w zakresie inżynierii produkcji

Istnieje wiele sposobów praktycznej realizacji koncepcji *experiential learning*. Patrząc na obszar zastosowań (kształcenia) znajdują się tam prawie wszystkie obszary wiedzy: od rolnictwa do rozwiązywania konfliktów, od uczenia praktycznych umiejętności do budowy modeli teoretycznych, od rozwoju osobistego do szkolenia na stanowisku pracy. *Experiential learning* można spotkać w życiu codziennym, w szkolnictwie (wszystkie rodzaje i poziomy), w organizacjach, handlu, przemyśle, społecznościach lokalnych oraz

w społeczeństwie jako całości. *EL* może być także stosowane w różnych formach, a wśród nich:

- uczenie się przez projekty (*project-based learning*, [15]),
- rozwiązywanie problemów,
- gry i symulacje,
- samodzielnie uczenie się (programowane),
- uczenie się w zespołach (*team-based learning*),
- uczenie się przez pracę (*work-based learning*),
- praktyki odbywane w organizacjach (*work placement*),
- wolontariat,
- rozwój osobisty (*personal development*), i inne.

Wykorzystanie *experiential learning* w kształceniu w zakresie inżynierii produkcji obejmować może:

- pracę w zespołach,
- rozwiązywanie problemów interdyscyplinarnych (wykorzystujących wiedzę wykładaną tradycyjnie w ramach różnych przedmiotów nauczania),
- rozwiązywanie problemów kompleksowych, tzn. problemów nie mających gotowych i jednoznacznych rozwiązań, wymagających uwzględnienia różnych kryteriów i punktów widzenia,
- postępowanie wg określonej, ogólnej procedury (np. cykl PDCA),
- uczenie się w trakcie wykonywania wykonywanie konkretnych zadań (produkcyjnych, projektowych, eksperymentalnych, itp.),
- przestrzeganie zasad wynikających z cyklu *experiential learning* – uczący się (studenci) muszą mieć czas na dyskusję, refleksję, przemyślenia, zastanowienie się, itp.

Przykłady wykorzystania *experiential learning* obejmować mogą następujące przedmioty:

- organizacja i zarządzanie produkcją,
- projektowanie systemów produkcyjnych,
- ergonomia i organizacja stanowisk pracy,
- badanie i mierzenie pracy, normowanie pracy,
- zarządzanie projektami,
- rozwój nowych wyrobów,
- rachunek kosztów i efektywności,
- organizacja pracy, i in.

a także grupy przedmiotów:

- projektowanie wyrobu, projektowanie technologii, projektowanie systemu produkcyjnego, rachunek kosztów i efektywności,
- badanie rynku, projektowanie wyrobu, marketing nowego wyrobu, zarządzanie projektem, i in.

Poniżej przedstawiono przykładowy zakres zadań realizowanych przez studentów dotyczących analizy i usprawnienia istniejącego systemu produkcyjnego w celu osiągnięcia określonego poziomu produkcji i maksymalizacji wskaźników produktywności. Nauka realizowana jest w grupach (8-12 osób, typowa wielkość grupy projektowej), w warunkach zbliżonych do rzeczywistych – w laboratoryjnym systemie produkcyjnym. Ze względu na koszty, maksymalne uproszczenie zadań produkcyjnych a także w celu zapewnienia

warunków bezpieczeństwa studiującym preferowane są systemy montażu prostych wyrobów (w zasadzie dowolne, nawet zestawy klocków LEGO).

Zakres zadań do realizacji przez studentów:

1. Dokonać analizy problemu, zapoznać się z danymi i dokumentami, opracować harmonogram realizacji projektu, stworzyć zespół realizujący projekt, dokonać przydziału zadań do wykonawców; zmontować wyrób (partię wyrobów) w istniejącym systemie produkcyjnym.
2. Opisać istniejący system produkcyjny stosując analizę procesów. Zmierzyć czasy jednostkowe kolejnych operacji montażowych, czas cyklu montażu wyrobu oraz inne parametry, wykonać pomocnicze schematy, rysunki, itp. Wskazać słabe miejsca i rezerwy możliwości produkcyjnych; określić możliwości i kierunki usprawnień systemu.
3. Opracować dwie różne koncepcje organizacji montażu uwzględniając różne wielkości zamówień oraz ich prognozy. Ocenić, porównać oraz wybrać wariant korzystniejszy.
4. Zaprojektować pierwszy wariant systemu montażu i organizacji montażu; Obliczyć wymaganą liczbę stanowisk montażowych i przydzielić operacje montażowe do stanowisk; zaprojektować rozmieszczenie stanowisk.
5. Stosując cykl PDCA oraz wybrane techniki usprawnień zaprojektować system organizacji pracy na stanowiskach oraz wskazać możliwe usprawnienia.
6. W oparciu o uzyskane rozwiązanie opracować szczegółowy projekt organizacji systemu montażu w tym system przepływu materiałów, magazynowania komponentów do montażu zapewniający ciągłość produkcji (montażu) a także zaprojektować i/lub dobrać z dostępnego zestawu narzędzia i pomocnicze środki transportu (palety, pojemniki, itp.).
7. Opisać zaprojektowany system pracy wykorzystując analizę procesów.
8. Ocenić elastyczność i produktywność systemu montażowego. Porównać z założeniami; w razie konieczności zaproponować i wprowadzić zmiany i ocenić je doświadczalnie, dokonując pomiaru czasów jednostkowych montażu, czasu cyklu montażu, itp.
9. Obliczyć nakłady inwestycyjne związane z budową systemu montażowego.
10. Obliczyć wymaganą liczbę pracowników (we wszystkich grupach zawodowych) i zaprojektować system wynagradzania pracowników (płace), obliczyć koszty jednostkowe montażu dla różnych wariantów organizacji montażu.
11. Zdemontować funkcjonujący system montażu prezentując uzyskane wyniki grupie.

5. Podsumowanie

Artykuł powstał w ramach pracy badawczej „Rozwój nowoczesnych form kształcenia na kierunku ZiIP” wykonanej w 2013 r. w Instytucie Organizacji Systemów Produkcyjnych Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem autora. Celem pracy było opracowanie studium wykonalności zastosowania wybranych metod nauczania opartych na koncepcji *Experiential Learning* na Wydziale Inżynierii Produkcji PW, obejmującego m.in.:

- wybór przedmiotów nauczanych wg koncepcji *Experiential Learning*,
- modyfikację wybranych programów nauczania,
- projekt koncepcyjny infrastruktury nauczania (laboratorium),
- wymagania organizacyjne związane z obsługą nowej infrastruktury,

- wymagania organizacyjne związane z nowym trybem prowadzenia zajęć, regulaminem studiów, wymaganiami KRK, i in.
- propozycję budżetu realizacji projektu.

Literatura

1. <http://www.olin.edu>
2. High Level Expert Group on Key Enabling Technologies, Final report, June 2011.
3. Paci A.M., Lalle C., Chiacchio M.S., Education for innovation: trends, collaborations and views, *Journal of Intelligent Manufacturing* 24 (2013), str.487–493.
4. Ziemian C.W., Sharma M.M., Adapting Learning Factory Concepts Towards Integrated Manufacturing Education, *International Journal of Engineering Education* 12/2007; 24(1):199-210.
5. Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 2 listopada 2011 r. w sprawie Krajowych Ram Kwalifikacji dla Szkolnictwa Wyższego, *Dziennik Ustaw* nr 253, poz.1520.
6. Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 4 listopada 2011 r. w sprawie wzorcowych efektów kształcenia, *Dziennik Ustaw* nr 253, poz.1521.
7. Rohrbach A., Economical Production of All-Metal Airplanes and Sea Planes, *Journal of the Society of Automotive Engineers*, vol.20, 1927, str.57-66.
8. Wright T.,P., Factors Affecting the Cost of Airplanes, *Journal of Aeronautical Science*, vp.3, 1936, str.122-128.
9. Brzeziński M., *Podstawy metodyczne projektowania rozruchu nowej produkcji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996.
10. Hayes R.H., Wheelwright S.C., *Restoring our Competitive Edge. Competing through Manufacturing*, John Wiley & Sons, NewYork 1984.
11. Robbins S.P., *Zachowania w organizacji*, PWE, Warszawa 1998.
12. Kolb D.A., *Experiential learning: experience as the source of learning and development*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ 1984.
13. Kolb A.Y., Kolb D.A., *Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education*, *Academy of Management Learning & Education*, 2005, Vol. 4, No. 2, 193–212.
14. Dewey J., *Education and experience*, Simon and Schuster, New York 1938.
15. Kolmos A., Fink F.K., Krogh L. (eds.), *The Aalborg PBL model. Progress, Diversity and Challenges*, Aalborg University Press 2004.

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Santarek
 Instytut Organizacji Systemów Produkcyjnych
 Politechnika Warszawska
 02-532 Warszawa, ul. Narbutta 86
 tel./fax: (0-22) 234 82 71
 e-mail: k.santarek@wip.pw.edu.pl