

# System egzaminu inżynierskiego – wdrożenie i perspektywy

## Engineer Diploma Examination System – Application and Perspectives

Piotr Augustyniak, Paweł Wołoszyn

Katedra Automatyki, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. +48 12 6174712, e-mail: august@agh.edu.pl

### STRESZCZENIE

Artykuł przedstawia cele dydaktyczne oraz sposób zaplanowania i przeprowadzania egzaminu inżynierskiego na studiach I stopnia na kierunku inżynierii biomedycznej. Przedstawiono i uzasadniono funkcje egzaminu względem studentów, wykładowców oraz pracodawców. Ponieważ egzamin był wydarzeniem precedensowym, opisano kolejne etapy przygotowań zarówno ze strony prowadzących, jak i studentów. Omówiono także walidację przebiegu egzaminu i wnioski, jakie powinny zostać uwzględnione w kolejnych latach.

**Słowa kluczowe:** ocena kompetencji, jakość kształcenia, egzamin testowy

### ABSTRACT

This paper presents didactic aims and proper experiences with planning and carrying out of the Engineer Diploma examination closing the track of first degree studies in the biomedical engineering faculty. The goals of the examination in relation to students, lecturers and employers are presented and justified. Since the examination was not carried out before, all preparation stages are described from both lecturers' and students' viewpoints. The validation of the examination and resulting further considerations complete the paper.

**Keywords:** competence assessment, quality of teaching, test examination

### WSTĘP

Składnikiem studiów pierwszego stopnia, wymaganym przez obowiązujące regulacje prawne [1, 2], jest realizacja i udokumentowanie zaawansowanego zadania inżynierskiego lub eksperymentalnego opracowanego indywidualnie lub przez zespół studencki. W Akademii Górniczo-Hutniczej, w oparciu o regulamin studiów [3], Rada Programowa Międzywydziałowej Szkoły Inżynierii Biomedycznej podjęła decyzje szczegółowe [4]:

- projekt inżynierski jest jedyną formą zakończenia studiów I stopnia, zespół studencki składa się z najwyższej dwóch osób,
- zadanie inżynierskie może być kontynuacją i rozszerzeniem projektu realizowanego w ramach jednego z przedmiotów obowiązkowych toku studiów w semestrze 6.,
- projekt dyplomowy inżynierski jest realizowany pod kierunkiem opiekuna, którym jest nauczyciel akademicki: profesor lub adiunkt ze stopniem naukowym doktora lub specjalista, a dokumentacja projektu podlega recenzji.

Sylwetka absolwenta zakłada wytworzenie u absolwentów studiów I stopnia szerokiej podstawy wiedzy ogólnej w całym zakresie inżynierii biomedycznej, co sprzyja bardziej świadomemu wyborowi specjalizacji na studiach II stopnia oraz większej elastyczności absolwentów na rynku pracy [5]. Mając na uwadze tak zdefiniowany cel, a jednocześnie uznając za wysoce pożądany praktyczny charakter studiów I stopnia, zwa-

nych przecież inżynierskimi, członkowie Rady postanowili o zakończeniu studiów egzaminem inżynierskim. Współistnienie szerokiego aspektu kształcenia oraz wąskiej specjalizacji, jaka miała miejsce podczas realizacji praktycznej konkretnej zadania, znalazło swą reprezentację w dwóch częściach egzaminu końcowego. Składał się on z:

- egzaminu kierunkowego, o zakresie identycznym dla wszystkich zdających, obejmującym wszystkie przedmioty kierunkowe przewidziane planem studiów,
- egzaminu związanego ze zrealizowanym projektem inżynierskim, o zakresie dostosowanym indywidualnie do tematyki projektu.

Stosowanie do zakresu treści, a także uwzględniając specyfikę sposobów egzaminowania i możliwości kadrowo-techniczne, zaproponowano dla egzaminu kierunkowego formę testu, natomiast dla egzaminu związanego z projektem – formę ustną, przebiegiem przypominającą obronę. Zdecydowano jednak, że odmiennie od praktyki stosowanej dotychczas w AGH, skład komisji egzaminacyjnych będzie stały (opiekun i recenzent nie są jej członkami), a forma stosowana podczas obron magisterskich (będąca *de facto* uproszczoną procedurą obron doktorskich) zostanie zastąpiona przez procedurę naśladującą rozmowę kwalifikacyjną.

Rada Programowa MSIB podjęła uchwałę, że dopuszczenie do egzaminu ustnego wymaga zaliczenia części pisemnej, złożenia dokumentacji projektu wraz z recenzjami oraz indeksu z kompletem zaliczeń przewidzianych tokiem studiów. Z uchwały tej wynika następstwo czasowe poszczególnych elementów procedury zakończenia studiów I stopnia.

### CELE I ZNACZENIE EGZAMINU

W powszechnej opinii, zasadniczym celem egzaminu jest sprawdzenie poziomu wiedzy osób egzaminowanych. Nie podważając tej tezy, warto zauważyć jeszcze co najmniej trzy inne zagadnienia, istotne zwłaszcza z punktu widzenia kierunku *Inżynieria Biomedyczna*, w których egzamin inżynierski odgrywa ważną rolę:

- integracja wiedzy wykładanej w ramach przedmiotów kierunkowych stanowiących kanon inżynierii biomedycznej, ale postrzeganych jako odrębne;
- informacja zewnętrzna (np. dla pracodawców i kandydatów) o zakresie i poziomie wiedzy absolwentów;
- informacja zwrotna dotycząca jakości kształcenia w ramach poszczególnych przedmiotów, a nawet poszczególnych zagadnień.

Różnorodność technologii stosowanych w ramach technicznego wsparcia medycyny jest cechą charakterystyczną inżynierii biomedycznej, ale także powodem poważnych wyzwań dydaktycznych. Niełatwo ułożyć tok studiów, zachowując logiczne następstwo poszczególnych przedmiotów, właściwą proporcję technologii, zasadę uszczegóławiania wiedzy oraz stopniowanie jej trudności. Dodatkowo, kształcenie prowadzone w oparciu o zasoby kadrowe i infrastrukturę różnych wydziałów, choć bardzo korzystne z punktu widzenia jakości wiedzy, może sprawić wrażenie zbioru tematycznie oderwanych przedmiotów.

Dobłą okazją do integracji całego zasobu wiedzy jest więc egzamin kierunkowy, zwłaszcza że przypada on w okresie podsumowującym studia I stopnia. Jest to okres, gdy studenci mają już znaczny zasób wiedzy, ale jeszcze nie specjalizują się w wybranych dziedzinach, co jest celem stopnia drugiego. Pomimo wymaganych standardami [2]

przedmiotów wspólnych wybór określonej specjalności prowadzi do marginalizacji wiedzy leżącej poza jej zakresem.

Wymaganie jednoczesnego powtórzenia wiedzy wykładanej przez różne osoby, w różnych miejscach i w odstępie czasowym sięgającym trzech lat, a także ujednoczenie formy egzaminowania bez podziału na poszczególne „przedmioty” sprzyja wszechstronności, a cecha ta została uznana za wyjątkowo pożądaną u absolwentów studiów I stopnia. Integracja wiedzy objawia się uzmysłowieniem sobie wzajemnych powiązań i zamienności stosowania rozmaitych technologii i metod pomiarowych. W jej wyniku absolwent, otrzymując konkretny problem techniczny, jest w stanie zaproponować szereg rozwiązań opartych o rozmaite technologie i zasady fizyczne, oraz prawidłowo je usystematyzować względem oczekiwanego efektu.

Informacja o przebiegu egzaminu, literatura obejmująca zakres wymaganej wiedzy oraz przykładowe zagadnienia zostały udostępnione publicznie w internecie. Obok zasadniczego celu, jakim jest informacja dla osób egzaminowanych, publikacja ta jest źródłem odpowiedzi na najczęstsze pytania zarówno ze strony kandydatów na studia („...czego nas nauczycie...”), jak i ze strony potencjalnych pracodawców („...co umieją wasi absolwenci...”). Pomimo faktu, że podane są tylko wyrywkowo po dwa przykłady zagadnień z każdego z przedmiotów kierunkowych, stanowią one bardzo dobrą reprezentację zarówno zakresu wiedzy, jak i oczekiwanego stopnia szczegółowości odpowiedzi. Pośrednio publikacja ta stanowi zatem formę promocji absolwentów szkoły, a w połączeniu z otrzymaną oceną – indywidualną rekomendacją, jakiej kierownictwo szkoły – z wykorzystaniem marki uczelni – udziela absolwentowi względem przyszłego pracodawcy.

Egzamin jako forma weryfikacji skuteczności procesu diagnostycznego może zostać z powodzeniem wykorzystany jako źródło informacji zwrotnej dla dydaktyków [6]. Winą za niepowodzenie kształcenia w przypadku konkretnego studenta obciąża się zwykle jego, co znajduje potwierdzenie wtedy, gdy opanowanie poszczególnych partii wiedzy („przedmiotów”) oceniane niezależnie jest niskie. Reprezentacją postępów studenta jest wskaźnik średniej oceny ze studiów, obliczany przez ważne uśrednianie w zbiorze ocen dotyczących poszczególnych zagadnień. Jeżeli jednak uśrednianie ocen odpowiedzi zostanie przeprowadzone w zbiorze studentów dla każdego zagadnienia niezależnie, możliwa jest identyfikacja zagadnień problematycznych oraz wykładawców, których efektywność wymaga poprawy (rys. 1).

W świetle powyższych uwag można dostrzec zalety testowej formy egzaminu, niewynikające bezpośrednio z samej konstrukcji pytań i odpowiedzi lub sposobu przeprowadzenia procedury, ale ujawniające się dopiero w połączeniu z interdyscyplinarnym przedmiotem egzaminu. Rzecz jasna, wybierając formę egzaminu, kierowano się przede wszystkim możliwością sprawnej organizacji, w tym również skalo-

walnością całego przedsięwzięcia, tym niemniej wybór przyniósł dodatkowe korzyści w odniesieniu do nakreślonych celów stawianych przed egzaminem inżynierskim:

- Wzajemna niezależność pytań, konieczna dla prawidłowego generowania arkuszy testowych, chroni je przed monolitycznym charakterem, w który łatwo popaść, układając klasyczny egzamin pisemny. Daje to szansę ujawnienia się relacji między odleglejszymi obszarami tego samego lub kilku przedmiotów i zmniejsza ryzyko utrwalenia występującego wśród studentów przekonania, że dany przedmiot sprowadza się do zaledwie paru zasadniczych zagadnień.
- Pytania testowe z racji swojej specyfiki muszą koncentrować się na węższych problemach niż pytania opisowe. W przypadku wielopredmiotowego egzaminu zmniejsza to redundancję odpowiedzi, będącą niezamierzonym skutkiem odwoływania się do pokrewieństw między dyscyplinami, skądinąd bardzo pożądanego. Pozwala to także unikać rozwijania wśród studentów negatywnej praktyki „integracji wiedzy”, stanowiącej w istocie próbę zamaskowania braku odpowiedzi na pytanie przytaczaniem lepiej opanowanej wiedzy z innych, pokrewnych przedmiotów.
- Wśród odpowiedzi do pytań testowych muszą znajdować się odpowiedzi fałszywe – jakość całego testu jako narzędzia pomiaru kompetencji studentów silnie zależy od jakości dystraktorów. Z punktu widzenia autora pytań poprawne ułożenie odpowiedzi fałszywych bywa większym wyzwaniem niż samo sformułowanie pytania. Jest to dla wykładawców znakomita okazja do refleksji nad jakością kształcenia w aspekcie precyzji przekazywanej wiedzy („...czy wyjaśniłem, czym inżynieria biomedyczna na pewno nie jest...”). O ile łatwo jest nauczyć studentów kojarzenia pewnych problemów technicznych z ogólnymi koncepcjami rozwiązań, o tyle kwestią owej precyzji nauczania jest uświadomienie im, dokąd takie skojarzenia dokładnie sięgają.

## PRZYGOTOWANIA I PRZEBIEG EGZAMINU

Wiele uczelni stosuje ujednoczone (formalnie lub zwyczajowo) zasady edycji i prezentacji prac dyplomowych. Dotyczą one zarówno standardyzacji zawartości pracy i prezentacji, jak i stosowania jednorodnych zasad edycji czy wspólnych elementów graficznych. Wydaje się, że narzucenie pewnych zwyczajów i obowiązków w tym zakresie jest korzystne, bo oprócz wizualnego wrażenia porządku skutkuje skupieniem kreatywności studentów na zawartości merytorycznej realizowanego projektu. Pozytywnym skutkiem jest także łatwość dopilnowania kompletności dokumentacji przez realizujących projekty studentów, wspierających ich opiekunów, jak i pracowników dziekanatu.

W Międzywydziałowej Szkole Inżynierii Biomedycznej AGH rozpoczęto realizację kształcenia dwustopniowego bez odwołań do studiów magisterskich jednolitych. Ponieważ kierunek *Inżynieria Biomedyczna* był pierwszym, na którym wprowadzono kształcenie dwustopniowe, nie było możliwe wykorzystanie doświadczeń w prowadzeniu i wykonywaniu projektów inżynierskich kończących studia I stopnia. W skali AGH brak jednolitych formalnych zasad edycji i prezentacji prac, w zakresie prac magisterskich każdy wydział ma własne zwyczaje i procedury. Zatem należało uwzględnić rozmaite przyzwyczajenia opiekunów projektów i członków komisji egzaminu ustnego pochodzących z czterech wydziałów o zróżnicowanej tradycji.

Przygotowanie spójnych zasad realizacji projektu inżynierskiego na potrzeby Międzywydziałowej Szkoły Inżynierii Biomedycznej rozpoczęto od przeprowadzenia analizy rozwiązań innych jednostek w kontekście

		student 214271	student 214277	student 214284	student 214286	ocena szczegółowości wiedzy	ocena zakresu wiedzy	ocena efektywności nauczyciela
przedmiot A zagadnienie 1	odpowiedź A	1	1	0	0	2-2	12-4	wykładowca AAB
	odpowiedź B	1	0	1	1	3-1		
	odpowiedź C	0	0	0	0	4-0		
	odpowiedź D	0	0	0	1	3-1		
przedmiot B zagadnienie 1	odpowiedź A	0	0	1	1	2-2	11-5	wykładowca CCB
	odpowiedź B	1	1	1	0	3-1		
	odpowiedź C	0	1	0	0	3-1		
	odpowiedź D	0	0	0	1	3-1		
przedmiot C zagadnienie 1	odpowiedź A	0	0	1	0	1-3	4-12	wykładowca WAB
	odpowiedź B	0	1	0	0	1-3		
	odpowiedź C	1	0	1	1	2-2		
	odpowiedź D	1	1	1	1	0-4		
przedmiot A zagadnienie 2	odpowiedź A	1	0	0	0	2-2	6-10	
	odpowiedź B	1	1	0	1	1-3		
	odpowiedź C	1	1	1	0	1-3		
	odpowiedź D	0	1	0	1	2-2		
ocena efektywności studenta	poprawność punktacja	11-5	9-7	9-7	3-13			
	ocena db	75	60	60	20			
		dst	dst	dst	ndst			

Rys. 1 Schemat oceny efektywności uczestników procesu kształcenia (odpowiedzi poprawne oraz zaznaczone wyróżniono czarnym tłem, statystyka 12-4 oznacza udzielenie 12 odpowiedzi poprawnych i 4 niepoprawnych)

przydatności do specyfiki MSIB. Autorzy zwrócili jednak uwagę na dodatkową rolę promocyjną, jaką może odegrać egzamin wobec studentów o ponadprzeciętnych możliwościach i ambicjach. Studenci MSIB, wśród których wielu zalicza siebie do tego grona, realizowali swe projekty z przekonaniem, że dokumentacja projektu może być w przyszłości ich istotnym atutem na rynku pracy.

Po sformułowaniu zasad realizacji projektów inżynierskich przystąpiono do przygotowania egzaminu dyplomowego inżynierskiego. Prace prowadzone były jednocześnie w trzech kierunkach:

- stopniowe przygotowywanie dyplomantów do wymagań związanych z realizacją projektu inżynierskiego,
- przygotowywanie harmonogramu kształcenia stosowanie do perspektywy realizacji projektu inżynierskiego,
- wprowadzanie uregulowań prawnych definiujących oczekiwania i procedury postępowania.

W przygotowaniu i przeprowadzeniu projektów inżynierskich i egzaminu inżynierskiego wykorzystano następujące narzędzia:

- uprawnienia Rady Programowej MSIB do zmiany planu studiów w zakresie obowiązujących standardów kształcenia,
- doświadczenia poszczególnych członków Rady w pracy w wydziałowych komisjach kształcenia macierzystych wydziałów,
- analizę dokumentacji i prezentacji projektów zrealizowanych jako jedna z obowiązkowych form zajęć prowadzonych w ramach przedmiotów na szóstym semestrze studiów, przeprowadzoną po zakończeniu zajęć (lipiec 2009),
- informacje zwrotne od asystentów prowadzących zajęcia projektowe i od opiekunów podczas realizacji projektu inżynierskiego zbierane podczas trwania i bezpośrednio po zakończeniu zajęć,
- informacje od studentów o sposobie realizacji projektów przewidzianych planem studiów.

Przygotowywanie i przebieg egzaminu przebiegały w określonych warunkach zewnętrznych, z których wynikały ograniczenia merytoryczno-czasowe (tabela 1). Wśród podstawowych założeń znalazły się:

- przestrzeganie standardów kształcenia dla studiów I stopnia na kierunku *Inżynieria Biomedyczna*,
- brak ingerencji w harmonogram pracy Rady Programowej MSIB (posiedzenia Rady odbywają się co trzy miesiące i ze względu na znaczne obciążenie członków Rady obowiązkami niewskazane byłoby częstsze zwoływanie posiedzeń),
- założenie publikacji wszelkich informacji jawnych z co najmniej miesięcznym wyprzedzeniem,
- branie pod uwagę wszelkich dostępnych źródeł informacji obiektywnych (np. analiza dokumentacji projektów) i subiektywnych (np. uwagi prowadzących i studentów).

Lp.	Działanie	Termin
1.	Dostosowanie form zajęć, wprowadzenie zajęć projektowych do przedmiotów 6. semestru, zaprogramowanie zajęć 7. semestru do realizacji w 10 tygodni	listopad 2008
2.	Określenie zakresu i zasad przebiegu egzaminu	listopad 2008
3.	Sformułowanie pytań egzaminacyjnych	luty 2009
4.	Sporządzenie specyfikacji technicznej systemu informatycznego wspierania egzaminu pisemnego	marzec 2009
5.	Publikacja przykładowych zagadnień i literatury obejmującej zakres egzaminu testowego	marzec 2009
6.	Analiza raportów zajęć projektowych do przedmiotów 6. semestru	czerwiec 2009
7.	Przygotowanie harmonogramu	
8.	Sformułowanie, zatwierdzenie i ogłoszenie dokumentu pt. „Projekt dyplomowy inżynierski – założenia, wymagania i zasady realizacji” wraz ze wzorami formularzy związanych z procedurą zakończenia studiów	wrzesień 2009
9.	Wybór tematów i opiekunów projektów inżynierskich	wrzesień 2009
10.	Powołanie trzyosobowej komisji egzaminu pisemnego i trzech trzyosobowych komisji egzaminu ustnego (przewodniczący są samodzielnymi pracownikami nauki)	październik 2009

11.	Publikacja szczegółów przeprowadzenia egzaminu testowego (czas, miejsce, zasady)	15 listopada 2009
12.	Zakończenie zajęć 7. semestru	9 grudnia 2009
13.	Egzamin inżynierski pisemny I termin	17 grudnia 2009
14.	Egzamin inżynierski pisemny II termin	21 stycznia 2010
15.	Złożenie dokumentacji projektów inżynierskich wraz z recenzjami oraz indeksów z kompletem zaliczeń toku studiów	21 stycznia 2010
16.	Egzamin inżynierski ustny i nadanie tytułu zawodowego inżyniera	25-26 stycznia 2010

## WSPARCIE INFORMATYCZNE EGZAMINU

Przyjętą formą egzaminu pisemnego był test wielokrotnego wyboru z czterema odpowiedziami do każdego zagadnienia. Egzamin składał się z 40 zagadnień przewidywanych do rozwiązania w czasie 120 min. Ponieważ do egzaminu dopuszczono 81 osób, analiza jego rezultatów wymagała oceny poprawności odpowiedzi na 3240 pytań pokrywających szeroki zakres wiedzy. Aby ograniczyć liczebność komisji, założono analizę rozwiązań studenckich bez konieczności udziału osób posiadających podstawy merytoryczne. Było to możliwe dzięki wskazaniu przez wykładowców odpowiedzi prawidłowych. Zgłoszone pytania wraz z odpowiedziami były poufne, do wiadomości członków komisji egzaminu pisemnego. Wykładowcy 18 przedmiotów kierunkowych zgłosili po 12 pytań, z których losowo wybrane po dwa zostały opublikowane i zarazem wykluczone z egzaminu. Zbiór pozostałych 180 pytań był przedmiotem wnikliwej korekty merytorycznej i lingwistycznej wykonanej przez komisję egzaminu pisemnego. Po wstępnej kwalifikacji pytań zostały one wprowadzone wraz z odpowiedziami i atrybutami do systemu informatycznego zaprojektowanego, w celu wsparcia egzaminu. Do podstawowych zadań systemu należały:

- losowanie pytań egzaminacyjnych ze spełnieniem założeń ograniczających (przyjęto wygenerowanie czterech 40-pytaniowych arkuszy zawierających co najmniej jedno i co najwyżej cztery pytania z przedmiotu); dzięki wzajemnej niezależności proponowanych odpowiedzi możliwa jest permutacja odpowiedzi (wraz z atrybutami poprawności) w obrębie pytania, co eliminuje przypadki kopiowania rozwiązań pomiędzy zdającymi,
- przygotowanie druku formularzy i kart odpowiedzi,
- automatyczne punktowanie odpowiedzi według przyjętych zasad na podstawie ręcznie wprowadzonej kopii arkusza odpowiedzi,
- statystyka odpowiedzi i drukowanie protokołów egzaminu.

Specyfikacja techniczna pożądanego systemu została sporządzona ze znacznym wyprzedzeniem, niestety, nie znaleziono jednak środków na jej wdrożenie w formie niezależnej aplikacji. Został zatem wdrożony wariant awaryjny, polegający na implementacji części funkcjonalności systemu w formie arkusza MsExcel. Narzędzie to, dzięki swojej dużej elastyczności, szerokim możliwościom przetwarzania danych tabelarycznych i prostocie interfejsu użytkownika, spełniło swoje zadanie bardzo dobrze, pozwalając jednocześnie przetestować niektóre rozwiązania i zdiagnozować ewentualne problemy do rozwiązania w przyszłości.

Wprowadzanie specjalnego systemu informatycznego, przygotowanego z myślą o przeprowadzeniu jednego egzaminu rocznie i obsługującego zaledwie kilkudziesięciu zdających, może wydawać się działaniem nadmiarowym. Każdy wykładowca znacznie częściej przeprowadza egzamin, nieraz dla kilkakrotnie większej liczby studentów, bez potrzeby uciekania się do pomocy specjalistycznego oprogramowania. Testowy egzamin inżynierski wykazuje jednak kilka odmienności sprawiających, że inwestycja w dedykowany system informatyczny może przyczynić się do znaczącego podniesienia jego jakości oraz usprawnienia przebiegu całego scenariusza egzaminu inżynierskiego, którego część testowa jest tylko jednym etapem.

W przeciwieństwie do typowego egzaminu przedmiotowego pytania przeznaczone na egzamin inżynierski układane są przez wielu autorów specjalizujących się w odmiennych dziedzinach, pracujących w różnych katedrach i na różnych wydziałach uczelni, mających inne doświadczenia dydaktyczne i niejednokrotnie czerpiących z odrębnych tradycji pedagogicznych wykształconych przez ich macierzyste katedry. Spra-

wia to, że pytania z zakresu poszczególnych przedmiotów mogą reprezentować skrajnie odmienne style formułowania problemów i doboru odpowiedzi. Przeplatanie różnych stylów w jednym teście egzaminacyjnym nie jest korzystne dla osób zdających, które mogą być zmylone zmieniającym się sposobem sprawdzania ich wiedzy. Zaburza to także równowagę zestawów losowo dobieranych pytań, co w przypadku niefortunnego zbiegu okoliczności może być podstawą do zastrzeżeń zgłaszanych pod adresem wariantów testu wyraźnie odbiegających od pozostałych.

Wskazuje to na konieczność wprowadzenia dodatkowego etapu pomiędzy ułożeniem pytań przez autorów a ich ostateczną weryfikacją i redakcją techniczną przez komisję egzaminacyjną. Na wzór procesu wydawniczego służącego publikowaniu prac naukowych można również w procesie kompletowania bazy pytań wprowadzić etap recenzji. Osobami dokonującymi oceny proponowanych pytań powinni być wykładowcy możliwie luźno związani z jednostkami, w których pracują autorzy, dla zapewnienia różnorodności podejść stwarzającej okazję do wypracowania ujednoliconego, wspólnego stylu. Pytania odbiegające od standardu, wykryte przez recenzentów, trafiałyby ponownie do autorów celem przeredagowania lub zastąpienia innymi propozycjami.

Tak złożona procedura pociąga jednak za sobą intensywny obieg danych wśród autorów, recenzentów i członków komisji egzaminacyjnej. Realizacja powyższej idei tradycyjnymi metodami wymagałaby poświęcenia znacznego nakładu pracy na koordynowanie procesu i dyscyplinowanie jego uczestników. Wprowadzenie informatycznego systemu redagowania bazy pytań jest w tym wypadku silnie uzasadnione. Co więcej, pewną część zadań redakcyjnych może przejąć sam system, sprawdzając na przykład:

- czy styl interpunkcji pytania odpowiada przyjętej konwencji,
- czy wśród odpowiedzi jest przynajmniej jedna poprawna i jedna błędna,
- czy pytanie nie zawiera zbyt wielu negacji,
- czy długość pytania i odpowiedzi mieści się w założonych przedziałach itd.

Jak wskazują zebrane doświadczenia, właśnie takie proste do naprawienia błędy stanowiły większość usterek, których wykrycie i naprawienie należało do komisji egzaminacyjnej.

Drugim ważnym argumentem przemawiającym za wdrożeniem systemu informatycznego przy opracowywaniu egzaminu inżynierskiego jest możliwość wykorzystania metod automatycznego przetwarzania tekstu do oceny stopnia pokrycia poszczególnych przedmiotów i zagadnień. Ma to szczególnie istotne znaczenie w przypadku tak interdyscyplinarnego egzaminu, jakim jest omawiany test. Problemem, z którym kilkakrotnie zetknęła się komisja egzaminu pisemnego, jest powtarzanie się identycznego zagadnienia wśród pytań układanych przez kilku wykładowców prowadzących różne przedmioty, wszystkie związane w pewnym stopniu z tematem pytania. Z drugiej strony niektóre zagadnienia z programu nauczania, w powszechnym odczuciu uznawane za ważne, nie wystąpiły w żadnym z nadesłanych przez wykładowców pytań.

Użycie stosunkowo prostych metod przetwarzania tekstu pozwala wykryć podobne sytuacje i poinformować o nich autorów jeszcze na etapie układania propozycji pytań, bez angażowania członków komisji czy recenzentów.

Poprzez określenie odległości między tekstami pytań i odpowiedzi oraz porównanie częstości występowania wyrazów można wskazać pytania zbyt zbliżone do siebie lub operujące tymi samymi pojęciami. Zestawienie podobnych statystyk zmierzonych w stosunku do treści sylabusów przedmiotów bądź standardów kształcenia pozwala wnioskować o gęstości pokrycia poszczególnych treści korespondującymi pytaniami. To z kolei może stanowić wskazówkę dla autorów, jakich zagadnień w pytaniach nie poruszyli, a które są już w dostatecznym stopniu wyeksploatowane.

Przedstawione argumenty wskazują wyraźnie na potrzebę wdrożenia elektronicznego systemu przygotowania egzaminu inżynierskiego, którego zadaniem będzie organizacja i kontrola pracy autorów i członków komisji na każdym etapie procesu, począwszy od układania propozycji pytań, poprzez ich redakcję i tworzenie zestawów, aż po przeprowadzenie egzaminu i obliczenie wyników. O ile ostatnie etapy, takie jak generowanie zestawów czy automatyczne ocenianie prac, należą do zakresu powszechnie stosowanych mechanizmów dostępnych na przykład w platformach e-learningowych, o tyle elektroniczna obsługa redakcji bazy pytań jest rozwiązaniem niestandardowym i nowatorskim.

Wprowadzenie takiego rozwiązania, planowane w Międzywydziałowej Szkole Inżynierii Biomedycznej w najbliższym roku akademickim, wymaga zbudowania aplikacji internetowej dostarczającej niezbędne usługi za pośrednictwem uczelnianej sieci komputerowej lub Internetu. Pozwoli to wykładowcom pracować nad pytaniami egzaminacyjnymi w wygodnym czasie i miejscu, uzupełniać regularnie bazę pytań w miarę udoskonalania programów nauczania i korygować problemy dostrzeżone w toku analizy wyników poprzednich edycji egzaminu. Możliwa będzie także integracja systemu z uczelnianą platformą e-learningową w zakresie importu i eksportu pytań do poszczególnych kursów prowadzonych na platformie, dzięki czemu autorzy pytań będą mieli okazję użyć ich w dydaktyce swoich przedmiotów po uprzednim wykorzystaniu podczas egzaminu inżynierskiego.

## REZULTATY

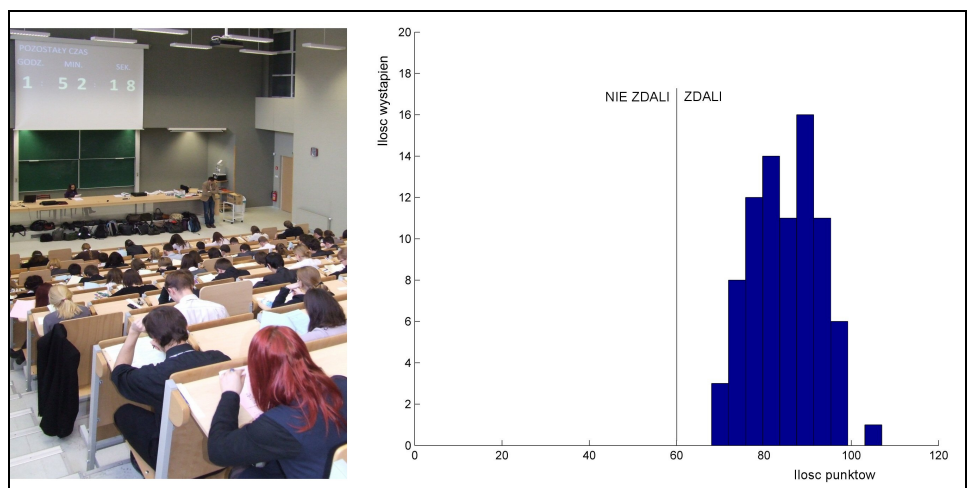
Integralny zbiór zasad przeprowadzenia egzaminu dyplomowego inżynierskiego, którego składową jest projekt inżynierski, został wdrożony i przygotowany do użycia.

Zestaw zasad ma wszystkie oczekiwane cechy, a jednocześnie nie została wykryta sprzeczność z uregulowaniami wyższego rzędu (regulaminem studiów, standardami kształcenia i ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym).

Wprowadzenie zasad (z jednym wyjątkiem) przebiegało zgodnie z harmonogramem, nie zanotowano skarg na terminowość ogłaszania obowiązujących zasad.

Zaletą wspomaganego oceniania egzaminu pisemnego za pomocą systemu informatycznego było niezwłoczne ogłoszenie wyników. Egzamin został przeprowadzony 17 grudnia 2009 r., w godzinach 13-15, o godz. 19 rezultaty (punkty oraz oceny) zostały ogłoszone na witrynie informacyjnej szkoły. O tym, jak bardzo wyczekiwane było to ogłoszenie, niech świadczy fakt, że w pierwszej minucie od publikacji zanotowano 21 pobrań pliku.

Największym wyzwaniem dla organizatorów egzaminu było sprawne



Rys. 2 a) przebieg, b) rezultaty pisemnego egzaminu inżynierskiego w MSIB w 2009 roku

i bezbłędne wprowadzenie odpowiedzi udzielanych przez studentów do systemu informatycznego. Ze względów formalnych i dla wygody osób zdających sam egzamin miał formę tradycyjną, wykorzystującą papierowe arkusze odpowiedzi, na których zdający zaznaczali swoje wybory. Przeprowadzenie egzaminu w formie całkowicie elektronicznej byłoby wprowadzić możliwe pod względem technicznym, ale obciążone dużym ryzykiem organizacyjnym (brak pojedynczej sali wyposażonej w bardzo

dużą liczbę stanowisk komputerowych, trudność w odseparowaniu stanowisk, niebezpieczeństwo awarii, ryzyko nieuczciwych zachowań, hałas i inne rozpraszające czynniki).

Forma tradycyjna eliminuje przynajmniej większość tych zagrożeń, wymaga jednak przeniesienia odpowiedzi studentów z powrotem do postaci elektronicznej, w której już znajdują się zestawy pytań i poprawne odpowiedzi. Ponieważ pisemny egzamin inżynierski miał formę testu wielokrotnego wyboru, dodatkowo istniała konieczność wprowadzenia wszystkich wariantów odpowiedzi, zaznaczonych i niezaznaczonych przez zdających. Ponieważ szkoła nie dysponuje systemem automatycznego skanowania i rozpoznawania arkuszy odpowiedzi – tego rodzaju rozwiązania są kosztowne i opłacalne dopiero przy dużych skalach zastosowań – dlatego też w obecnym kształcie egzaminu przeprowadzono tę procedurę ręcznie, obserwując jej ewentualne słabe strony.

Uzyskano przy tym bardzo dobry rezultat. Czteruosobowy zespół operatorów w ciągu trzech godzin wprowadził do systemu elektronicznego prawie 14 000 odpowiedzi udzielonych przez studentów. Było to możliwe nie tylko dzięki dobrej organizacji zespołu, ale także odpowiedniemu wsparciu ze strony samego systemu komputerowego. Odpowiedni interfejs użytkownika, kontrolujący poprawność wprowadzanych danych, ograniczający działania operatora tylko do niezbędnych akcji i automatyzujący powtarzające się czynności, pozwolił skrócić czas przetwarzania arkuszy do bardzo wygodnego przedziału.

W rezultacie możliwe było ustanowienie „złotego standardu”, zakładającego, że cały egzamin pisemny postrzegany z perspektywy zdających go studentów, od momentu rozdania arkuszy pytań do ogłoszenia wyników, zamyka się w ciągu jednego dnia.

Ważnym aspektem przeprowadzonego egzaminu był system punktacji pytań. Wdrożenie rozwiązania elektronicznego ułatwiło nie tylko prowadzenie obliczeń, ale dało możliwość dalszej analizy uzyskanych ocen i wyciągnięcia wniosków dotyczących efektywności i rzetelności przyjętego sposobu punktacji. Wskazują one przede wszystkim na pewne wady testu wielokrotnego wyboru jako metody oceny kompetencji zdających.

Pierwszym zauważonym problemem jest niejednorodność pytań układanych przez różnych autorów. Przeciętna liczba odpowiedzi poprawnych zmienia się w zależności od stylu autora, przez co w obrębie niektórych przedmiotów test ma charakter zbliżony do pytań jednokrotnego wyboru, a w innych zawiera wyłącznie pytania z wieloma odpowiedziami poprawnymi. Zbyt wiele odpowiedzi poprawnych nie tylko zmniejsza liczbę dystraktorów, pogarszając precyzję pytań, ale również zmienia statystyczne rozkłady częstości wskazywania poszczególnych odpowiedzi. W rezultacie zestaw egzaminacyjny składa się z pytań o różnych rozkładach punktacji, traktowanych jednak w końcowej ocenie w jednakowy sposób. Można próbować temu zaradzić, stosując dodatkowe operacje skalujące wyniki poszczególnych pytań (w systemie informatycznym nie stanowiłoby to problemu), ale znacząco pogorszyłoby to przejrzystość i zrozumiałość zasad oceny i spotkałoby się najprawdopodobniej z protestem ze strony zdających.

Drugim problemem jest wspomniana precyzja pytań. Większa liczba odpowiedzi prawidłowych w pojedynczym pytaniu niejednokrotnie zmienia stopień trudności w stosunku do zdających o różnych kompetencjach. Dla studenta o dobrze ugruntowanej wiedzy nie stanowi problemu znalezienie przynajmniej jednej poprawnej odpowiedzi, trudniejsze jest natomiast wskazanie wszystkich. W obawie przed utratą punktów jest on często skłonny nadmiarowo wskazywać więcej odpowiedzi niż jest pewien albo zmieniać wcześniej udzielone odpowiedzi pod wpływem refleksji nadchodzących w miarę trwania egzaminu – wykrycie takich sytuacji było możliwe między innymi dzięki odpowiedniej konstrukcji arkusza odpowiedzi zawierającego odrębne miejsca na poprawki.

Z kolei dla studenta o słabych kompetencjach test wielokrotnego wyboru stwarza okazję do uzyskania lepszego wyniku w drodze losowania, szanse wskazania odpowiedzi poprawnej są bowiem większe. Odróżnienie tej sytuacji od poprzedniej, czyli zróżnicowanie lepszego i gorszego studenta, stanowi duże wyzwanie dla systemu punktacji, który z jednej strony „nagradzając” gorzej przygotowanych za ich odwagę, a z drugiej „karząc” lepszych studentów za ich niepewność, doprowadza do upodobnienia obu skrajności i kompresji zakresu uzyskiwanych wyników do węższego przedziału potencjalnie dostępnej skali.

Jest to zjawisko niekorzystne dla egzaminu, rozumianego jako narzędzie pomiaru wiedzy, powodujące zmniejszenie zdolności separacji dobrych i złych kompetencji. Innymi słowy, pytania mogą ustalić, czy

student opanował jakiś fragment programu nauczania, ale nie potrafią precyzyjnie wskazać, co dokładnie student wie. Można temu zaradzić na dwa sposoby: zmieniając sposób punktacji w pytaniach lub przeskalowując całościowy wynik testu. Ponieważ pierwsze rozwiązanie nie mogło zostać wprowadzone z przyczyn formalnych (zasady oceniania pytań zostały zatwierdzone i podane do wiadomości studentów na długo przed zredagowaniem bazy pytań egzaminacyjnych), zastosowano rozwiązanie drugie.

Dokonane obserwacje, poparte również symulacjami przeprowadzonymi na oryginalnych zestawach egzaminacyjnych, wskazują na potrzebę dalszego udoskonalania wdrożonych rozwiązań, w szczególności rozbudowy informatycznego systemu wspomagania egzaminu inżynierskiego o bardziej zaawansowane możliwości analizy statystycznej wyników, testowania różnych wariantów systemu punktacji czy badania korelacji wyników egzaminu z wynikami osiąganymi przez studentów w toku studiów.

## PODSUMOWANIE

Egzamin inżynierski jest istotnym elementem procesu dydaktycznego studiów I stopnia. Ponieważ studia na kierunku *Inżynieria Biomedyczna* – jak każde studia techniczne – mają praktyczny charakter, warto egzamin końcowy połączyć z realizacją projektu. Według zaleceń standardów kształcenia za egzamin należy przypisać 15 punktów ECTS, co oznacza oczekiwany od studenta nakład pracy w granicach 400 godzin. Wydaje się, że warto dołożyć starań, aby wysiłek studentów był właściwie ukierunkowany i dobrze wykorzystany. Wynika stąd konieczność wcześniejszego precyzyjnego zdefiniowania zasad i zakresu egzaminu oraz analizy możliwości wykorzystania rozmaitych jego aspektów, w tym promocji jakości własnych absolwentów. Niestety, rzetelne podejście do przygotowania egzaminu wymaga znacznej pracochłonności także ze strony wykładowców – zarówno opiekunów projektów, jak i władz szkoły oraz członków komisji egzaminacyjnych. Proporcjonalnie do nakładu pracy studentów, wymagany nakład pracy odpowiada przygotowaniu i zrealizowaniu zajęć z ok. trzech przedmiotów kursowych.

Pewnym wyzwaniem było przeprowadzenie egzaminu po raz pierwszy w określonej formie, a także po raz pierwszy w zakresie wiedzy odpowiadającej nowemu kierunkowi studiów. Dodatkowo, inżynieria biomedyczna jest rozległą dziedziną wiedzy, gdzie szczególnie ważne jest zbudowanie solidnych podstaw przyszłej specjalizacji, ale jednocześnie od studentów zdających egzamin wymagana jest wiedza wchodząca w tradycyjnym ujęciu w skład wielu dyscyplin. Czy w konsekwencji egzamin powinien być mniej szczegółowy?

Za bardzo istotny element egzaminu autorzy uważają działania informacyjne i przejrzystość reguł, stąd wynikają starania o odpowiednio wczesne informowanie uczestników o planowanym przebiegu. Istotnym elementem jest także jego walidacja, której główne aspekty przedstawiono w niniejszym artykule. Wnioski wyciągnięte z analizy działań komisji oraz wypowiedzi uczestników egzaminu służą poprawie jakości i usprawnieniu przebiegu podobnego egzaminu w przyszłości. Zostały także przedstawione do wykorzystania podczas planowanych egzaminów inżynierskich na studiach dwustopniowych innych kierunków.

## LITERATURA

1. Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym z dnia 27.07.2005 r. (DzU nr 164 z 2005 r., poz. 1365).
2. Standardy kształcenia dla kierunku studiów 49 Inżynieria Biomedyczna (rozdział V pkt 5).
3. Regulamin Studiów Akademii Górniczo-Hutniczej (§ 24). [http://www.biomed.agh.edu.pl/doc/Regulamin\\_Studiow\\_2009.pdf](http://www.biomed.agh.edu.pl/doc/Regulamin_Studiow_2009.pdf), (26.03.2010)
4. Regulamin „Projekt dyplomowy inżynierski – założenia, wymagania i zasady realizacji” [http://www.biomed.agh.edu.pl/doc/Regulamin\\_projektow\\_inzynierskich.pdf](http://www.biomed.agh.edu.pl/doc/Regulamin_projektow_inzynierskich.pdf) (26.03.2010).
5. J. Woźnicki (red.): *Formuła studiów dwustopniowych i zaawansowanych*, Fundacja Rektorów Polskich, Warszawa 2008.
6. T. Szulc: *Jakość kształcenia w szkołach wyższych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.