

## СТАНДАРТИ ЗА ИНЖЕНЕРНО ОБРАЗОВАНИЕ

Тереза Стефанова

### ENGINEERING EDUCATION STANDARDS

Tereza Stefanova

**Резюме:** Професии като инженерство, архитектура, медицина и други са свързани с работа, която пряко засяга живота на обществото. Инженерната професия е бързо променяща се и изключително отговорна, и изисква стриктна оценка на компетентността и ангажираността на инженерните професионалисти. Поради това, различни асоциации, организации, оторизирани агенции на институции за висше образование и др. определят и поддържат стандарти, които са международно признати и подходящи за индустрията.

В статията са разгледани организации свързани с акредитацията и съблюдаване на качеството в инженерното образование в Европа и извън нея, отбелязани са по-важните характеристики на системата EUR-ACE®. Показани са данни за инженерни програми с етикет EUR-ACE® в някои държави от ЕС и България. Направено е кратко описание на знания, компетенции, умения и способности, които завършилите бакалавърска и магистърска степен трябва да притежават в тяхната инженерна област.

**Ключови думи:** стандарти за инженерно образование, инженерни програми, качество на инженерните програми.

**Abstract:** Professions such as engineering, architecture, medicine and others are related to work that directly affects the life of society. The engineering profession is rapidly changing and extremely responsible, and requires rigorous assessment of the competence and commitment of engineering professionals. Therefore, various associations, organizations, authorized agencies of institutions of higher education, etc. set and maintain standards that are internationally recognized and relevant to the industry.

The article examines organizations related to accreditation and quality assurance in engineering education in Europe and beyond, and highlights the most important features of the EUR-ACE® system. The article shows data on engineering programs with the EUR-ACE® label in some EU countries and Bulgaria. A brief description of the knowledge, competencies, skills and abilities that bachelor's and master's degree graduates should possess in their engineering field is provided.

**Keywords:** engineering education standards, engineering programs, quality of engineering programs.

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Инженерите имат важна роля в намирането на решения на ключови проблеми, пред които са изправени днешните общества, като сигурност и киберсигурност, безопасност, мобилност, комуникации, развитие на устойчиви енергийни източници, опазване на околната среда, изменение на климата, здравеопазване и др. Надеждните методи за оценка на компетентността гарантират, че инженерите са подготвени да се справят с тези предизвикателства и дават на работодателите и обществеността доверие в инженерната професия.

Редица асоциации, организации и други органи следят за поддържането на необходимите стандарти за професионална инженерна компетентност. Такива органи най-често включват агенции за акредитация и осигуряване на качеството, професионални организации, асоциации на висши учебни заведения, асоциации на работодатели и организации на студенти по инженерство и техните асоциации.

В статията са отбелязани по-важните характеристики на европейския етикет за качество на инженерни бакалавърски и магистърски програми - EUR-ACE®, подчертана е неговата значимост за международното признаване на академичните и професионални компетенции на инженерите. Показани са данни от европейската база данни за инженерно образование за програми с етикет EUR-ACE® в някои държави от ЕС и България. Описани са по-важните познания и способности, които процесът на обучение в дадена инженерна област трябва да гарантира на завършилите съответната степен.

## **2. ЕВРОПЕЙСКА МРЕЖА ЗА АКРЕДИТАЦИЯ НА ИНЖЕНЕРНОТО ОБРАЗОВАНИЕ (ENAEЕ)**

През септември 2000 г. е създадена Европейската постоянна обсерватория за инженерната професия и образование - ESOEPE (European Standing Observatory for the Engineering Profession and Education), която има за цел:

- изграждане на доверие в системите за акредитация на програми за инженерни степени в Европа;
- улесняване на обмена на информация;
- разработване на споразумения за акредитация на инженерни образователни програми и признаване на инженерни квалификации;
- разработване на стандарти за изисквания за компетентност на дипломирани инженери.

ESOEPE допринася за подготовката и реализирането на първия проект EUR-ACE® (2004-2006). През октомври 2005 г., с оглед появата на EUR-ACE, е решено ESOEPE да се трансформира от „обсерватория“ в регистрирана международна асоциация с нестопанска цел ENAEЕ (European Network for Accreditation of Engineering Education). Европейската мрежа за акредитация на инженерното образование (ENAEЕ) е създадена през февруари 2006 г. в Брюксел като организация за насърчаване на качеството в инженерното образование в Европа и извън нея. Членове на ENAEЕ са агенции и професионални организации с интерес към образованието и формирането на инженерни специалисти [3].

През 2007 г. се внедрява системата EUR-ACE® и започва присъждането на първите етикети EUR-ACE® - европейски етикет за качество за инженерни програми на бакалавърско и магистърско ниво [5]. ENAEЕ е европейският орган, който отговаря за предоставянето на разрешение на акредитационните агенции да присъждат етикета EUR-ACE® на бакалавърски и магистърски инженерни програми, които те са акредитирали. EUR-ACE® е рамка и система за акредитация, която предоставя набор от стандарти, които идентифицират висококачествени инженерни програми в Европа и извън нея. Етикетът EUR-ACE® е сертификат, издаден от оторизирана агенция на институция за висше образование по отношение на всяка програма за инженерна степен, която е акредитирала.

ENAEЕ поддържа база данни за образователните програми за инженерни степени бакалавър и магистър, които са удостоени с етикета EUR-ACE® от оторизираните агенции на ENAEЕ. Това е важен компонент от нова общоевропейска база данни - Европейската база данни за инженерно образование (EEED - European Engineering Education Database). Сертификатите с етикет EUR-ACE са валидни само, ако образователните програми, които са изброени в тях, са налични в тази база данни.

В базата данни EUR-ACE® има сертифицирана информация за инженерни програми и институции за 46 държави от Европа и извън нея [1]. В Таблица 1 са показани само някои държави, в които има сертифицирани програми – държавите с най-голям брой програми, информация за България и за съседните ни държави.

Най-голям брой инженерни програми удостоени с етикета EUR-ACE® има в Германия – 762, предложени в общо 86 университета и Франция – 592 програми в 210 университета. От съседните ни държави най-много сертифицирани програми има в Турция – 411 в 71 университета, а най-малко в Гърция – 1 програма в един университет.

Таблица 1. Данни за инженерни програми с етикет EUR-ACE® в някои държави от ЕС и България

Държава	Брой инженерни образователни програми с етикет EUR-ACE®	Брой университети (институции за висше образование)
Германия	762	86
Франция	592	210
<b>България</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
Турция	411	71
Румъния	38	5
Северна Македония	7	1
Сърбия	2	1
Гърция	1	1

Източник: ENAEE [1]

В България има 5 инженерни програми, притежаващи етикета EUR-ACE® от два университета. Програмите са за магистърска степен по инженерство в Технически университет, София и Химикотехнологичен и металургичен университет, София.

От общо 5 програми, само две от тях са с подновен период на акредитация – до 2026 г. Програмите са:

Технически университет, София:

- Компютърни науки и комуникации – 01.09.2008 г. – 31.08.2014 г.
- Електротехника, електроника и автоматика – 01.09.2008 г. – 31.08.2014 г.
- Инженерна магистърска степен по компютърни науки и телекомуникации - 01.09.2008 г. – 31.08.2014 г. и 01.09.2020 г. – 31.08.2026 г.
- Инженерна магистърска степен по Електротехника, електроника и автоматика - 01.09.2008 г. – 31.08.2014 г. и 01.09.2020 г. – 31.08.2026 г.

Химикотехнологичен и металургичен университет, София:

- Химично инженерство - 01.09.2008 г. – 31.08.2014 г.

### 3. EUR-ACE® РАМКОВИ СТАНДАРТИ

Стандартите и насоките на EUR-ACE® за акредитация на инженерни програми са описани по отношение на изискванията за натоварване на студентите, резултатите от програмата и управление на програмата [2].

Изискванията за работното натоварване на студентите и резултатите от програмата са в съответствие с общата рамка на квалификациите на Европейското пространство за висше образование (European Qualifications Framework - EQF), приета от конференция на европейските министри, отговарящи за висшето образование в Берген през май 2005 г. [4]. Изискванията за управление на програмата са в съответствие със Стандартите и насоките за осигуряване на качество в Европейското пространство за висше образование (European Standards and Guidelines - ESG), приети от Бергенската конференция.

**Рамка за резултатите от програмата**

- Резултатите от програмата описват знанията, разбирането, уменията и способностите, които една акредитирана програма за инженерна степен трябва да позволи на завършилия да демонстрира. Резултатите от програмата се прилагат за акредитирани програми, които трябва да получат етикет EUR-ACE от оторизирана агенция. Терминът „резултат от обучението“ се използва само за описание на знанията, разбирането, уменията и способностите, които се прилагат към отделните учебни единици/модули.

- Резултатите от програмата са предназначени да бъдат приложими към пълния набор от бакалавърски и магистърски програми по инженерство, предлагани в европейските висши училища. Те трябва да се считат за „минимален праг“, определен от общността на ENAEE и да бъдат изпълнени, за да се гарантира качеството на инженерните програми.

- Резултатите от програмата могат да се използват както при проектирането (от преподаватели по инженерство), така и при оценката (от агенции за акредитация) на програми във всички отрасли на инженерството и за различни профили.

- Стандартите описват резултатите от програмата, на които трябва да отговарят акредитираните програми, но не предписват как се реализират. ВУЗ запазват свободата да формират програми с индивидуален акцент и характер, включително нови и иновативни програми, и да предписват условия за влизане във всяка програма.

Резултатите от програмата са описани отделно за бакалавърските и за магистърските програми по отношение на осем области на обучение (Таблица 2):

1. Познаване и разбиране;
2. Инженерен анализ;
3. Инженерно проектиране;
4. Изследвания;
5. Инженерна практика;
6. Правене на преценки;
7. Комуникативност и работа в екип;
8. Учене през целия живот.

Таблица 2. Описание на знанията, разбирането, уменията и способностите, които завършилите съответната степен трябва да притежават в тяхната инженерна област

Области на обучение	По-важни познания и способности, които процесът на обучение трябва да гарантира на завършилите съответната степен	
	бакалавърска степен	магистърска степен
<b>Познаване и разбиране</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• познания и разбиране на базови науки, като математика, компютърни и други, които са в основата на инженерната специализация</li> <li>• познаване и разбиране на основите на инженерството, характерни за съответната специализация;</li> <li>• осъзнаване на по-широкия мултидисциплинарен контекст на инженерството.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• задълбочени познания и разбиране на математика, компютърни науки и технологии;</li> <li>• задълбочени познания и разбиране на инженерните дисциплини, които са в основата на тяхната специализация;</li> <li>• критично осъзнаване на специфичните предимства на съответната специализация;</li> <li>• критично осъзнаване на по-широкия мултидисциплинарен контекст на инженерството и</li> </ul>

		проблемите между различните области.
<b>Инженерен анализ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способност да анализират сложни инженерни продукти, процеси и системи в своята област на обучение; да избират и прилагат подходящи и утвърдени аналитични, изчислителни и експериментални методи; да интерпретират правилно резултатите от такива анализи;</li> <li>• способност да идентифицират, формулират и решават инженерни проблеми в своята област на обучение; да познават значението на нетехническите ограничения – обществени, здравословни и безопасни, екологични, икономически и индустриални.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способност за анализиране на нови и сложни инженерни продукти, процеси и системи в по-широк или мултидисциплинарен контекст; да избират и прилагат най-подходящите и утвърдени аналитични, изчислителни и експериментални методи или нови и иновативни методи за решаване на проблеми; да тълкуват критично резултатите от такива анализи;</li> <li>• способност за разработване, изграждане и организация на идеи и концепции за нови инженерни продукти, процеси и системи;</li> <li>• способност за идентифициране, формулиране и решаване на непознати сложни инженерни проблеми, които са непълно дефинирани; могат да използват съображения извън тяхната област на обучение – обществени, здравословни и безопасни, екологични, икономически и индустриални;</li> <li>• способност за идентифициране, формулиране и решаване на сложни проблеми в нови и нововъзникващи области на съответната специализация.</li> </ul>
<b>Инженерно проектиране</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способност за разработване и проектиране на комплекс от технически продукти (устройства), процеси и системи, за да отговарят на установени изисквания, които могат да включват различни нетехнически съображения; да избират и прилагат подходящи методологии за проектиране;</li> <li>• способност за проектиране, използвайки спецификата на тяхната инженерна специализация.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способност за разработване и проектиране на нови и сложни продукти (устройства, артефакти и т.н.), процеси и системи, с непълно дефинирани и/или конкуриращи се спецификации, които изискват интегриране на знания от различни области, като икономически, индустриални, търговски, социални, здравни и свързани с безопасността и екологията; да избират и прилагат най-подходящите и уместни методологии за проектиране или да използват креативността за разработване на нови и оригинални</li> </ul>

**СТАНДАРТИ ЗА ИНЖЕНЕРНО ОБРАЗОВАНИЕ**

Тереза Стефанова

		<p>методологии за проектиране;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способност за проектиране, използвайки знания и разбиране в тяхната инженерна специализация.</li> </ul>
<b>Изследвания</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способност за търсене на литература, консултиране и използване на научни бази данни и други подходящи източници на информация, извършване на симулация и анализ, за да се проведат подробни проучвания и изследвания на технически проблеми в тяхната област на обучение;</li> <li>• способност за консултиране и прилагане на установени правила за практика и за безопасна работа;</li> <li>• лабораторни умения и способност да проектират и провеждат експериментални изследвания, да интерпретират данни и да правят заключения в своята област на обучение.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способност за идентифициране, локализиране и получаване на необходимите данни;</li> <li>• способност за проучване и търсене на литература, за консултиране и критично използване на бази данни и други източници на информация, за извършване на симулация с цел подробни проучвания и изследвания на сложни технически въпроси;</li> <li>• способност за консултиране и прилагане на правила за практика и правила за безопасна работа;</li> <li>• усъвършенствани лабораторни умения и способност за проектиране и провеждане на експериментални изследвания, критична оценка на данните, обобщения и изводи;</li> <li>• способност да изследват по креативен начин приложението на нови и нововъзникващи технологии в тяхната инженерна специализация.</li> </ul>
<b>Инженерна практика</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• разбиране на приложимите техники и методи за анализ, проектиране, изследване и на техните ограничения;</li> <li>• практически умения за решаване на сложни проблеми, реализиране на сложни инженерни проекти и провеждане на изследвания;</li> <li>• разбиране на приложимите материали, оборудване и инструменти, инженерни технологии и процеси, както и на техните ограничения;</li> <li>• способност за прилагане на нормите на инженерната практика;</li> <li>• осведоменост за нетехническите последици от инженерната практика;</li> <li>• осведоменост по икономически, организационни и управленски въпроси (като управление на проекти, управление на риска и промени)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• цялостно разбиране на приложимите техники и методи за анализ, проектиране и изследване, и на техните ограничения;</li> <li>• практически умения, включително използване на компютърни инструменти, за решаване на сложни проблеми, реализиране на сложен инженерен дизайн, проектиране и провеждане на комплексни изследвания;</li> <li>• цялостно разбиране на приложимите материали, оборудване и инструменти, инженерни технологии и процеси, както и на техните ограничения;</li> <li>• способност за прилагане на нормите на инженерната практика;</li> <li>• познаване и разбиране на нетехническите последици от инженерната практика – социални, здравословни и безопасни, екологични, икономически и индустриални;</li> <li>• критично осъзнаване на</li> </ul>

	в индустриалния и бизнес контекст.	икономически, организационни и управленски въпроси (като управление на проекти, управление на риска и промени).
<b>Правене на преценки</b> <b>Комуникация и работа в екип</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способност да събират и интерпретират подходящи данни и да се справят със сложността в своята област на обучение, да формират преценки, които включват размисъл върху съответните социални и етични въпроси;</li> <li>• способност за управление на сложни технически или професионални дейности, или проекти в тяхната област на обучение, поемане на отговорност за вземане на решения.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способност за интегриране на знания и справяне с възникнали усложнения, за формулиране на преценки с непълна или ограничена информация, които включват размисъл върху социални и етични отговорности, свързани с прилагането на техните знания и преценка за предоставяне на устойчиви решения за обществото, икономиката и околната среда;</li> <li>• способност за управление на сложни технически или професионални дейности или проекти, които могат да изискват нови стратегически подходи, поемане на отговорност за вземане на решения.</li> </ul>
<b>Учене през целия живот</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способност за разпознаване на необходимостта и за ангажиране в самостоятелно учене през целия живот;</li> <li>• способност за следене на развитието на науката и технологиите.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способност за самостоятелно учене през целия живот;</li> <li>• способност за по-нататъшно самостоятелно обучение.</li> </ul>

Източник: ENAEE [2]

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесът на обучение на инженерните специалисти трябва да гарантира на завършилите съответната степен, че имат познания и способности в тяхната област. Инженерното образование трябва не само да се фокусира върху теория и експериментиране, то трябва да има и съответните свързани програми, и да подготвя студентите за непрекъснато обучение. За да се гарантира качеството на инженерните програми, са изградени рамките на съответните общи умения и учебните програми, които ги развиват. Тези рамки определят стандарти за знания, умения и поведение, които са необходими за изграждане и поддържане на компетентност в рамките на една бързо променяща се професия.

Рамковите стандарти осигуряват на работодателите, техните клиенти и обществото като цяло увереност, че професионално регистрираните инженери са изпълнили критериите, определени от професията и ще работят в интерес на обществото. Стандартите се фокусират върху резултатите и това, което отделните инженери могат да направят. Прозрачността относно това какво действително са научили хората, за да получат инженерната квалификация („резултати от обучението“) е от ключово значение за

гарантиране, че лицата, работодателите и образователните институции придават подходящата икономическа, социална и академична стойност на професионалните квалификации.

#### **ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ**

- [1] Database of EUR-ACE® labelled programmes. *European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE)* [online]. [viewed 18 July 2022]. Available from: <https://eurace.enaee.eu/node/163>
- [2] EUR-ACE® Framework Standards and Guidelines. *European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE)* [online]. [viewed 1 July 2022]. Available from: <https://www.enaee.eu/eur-ace-system/standards-and-guidelines/>
- [3] Global Civil Society Database - European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE). *Union of International Associations (UIA)* [online]. [viewed 3 June 2022]. Available from: <https://uia.org/s/or/en/1100068412>
- [4] Ministerial Conference Bergen 2005. *European Higher Education Area (EHEA)* [online]. [viewed 6 June 2022]. Available from: <http://www.ehea.info/page-ministerial-conference-bergen-2005>
- [5] What is EUR-ACE®. *European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE)* [online]. [viewed 8 June 2022]. Available from: <https://www.enaee.eu/eur-ace-system/>
- [6] PASARELSKI, Rosen, Tsvetan DOBREV, and Teodora PASARELSKA. The e-learning of theoretical electrical engineering. *Proceedings of the 9th Summer school „Advanced Aspects of Theoretical Electrical Engineering”, Sozopol, 07-09 September 2012* [online]. Sofia: Technical University, 2012, pp. 268-272 [viewed 23 January 2023]. ISSN 1313-9487. Available from: <http://dept-te.tu-sofia.bg/SS2012.pdf>

#### **Информация за автора:**

Гл. ас. д-р инж. Тереза Стефанова, Департамент "Телекомуникации", НБУ, ул. Монтевидео № 21, 2-609, Тел.: 02 8110609, e-mail: [tstefanova@nbu.bg](mailto:tstefanova@nbu.bg)

#### **Contacts:**

Assist. Prof. Tereza Stefanova, PhD, 2-609, Department Telecommunications, New Bulgarian University, 21 Montevideo St. Tel.: (359) 2 8110609, e-mail: [tstefanova@nbu.bg](mailto:tstefanova@nbu.bg)

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 19.08.2022

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 30.09.2022