

## МЕТОДОЛОГИЯ НА ПРОЕКТИРАНЕТО - ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРИМЕР ОТ ШВЕДСКОТО ИНЖЕНЕРНО ОБРАЗОВАНИЕ

гл. ас. д-р Валентина Хараланова  
Русенски университет „Ангел Кънчев”

### DESIGN METHODOLOGY - THEORY AND PRACTICE EXAMPLE FROM SWEDISH ENGINEERING EDUCATION

Senior assistant, Valentina Haralanova, PhD  
University of Ruse „Angel Kanchev”

***Анотация:** В представения доклад е направен преглед на съвременната методология на проектирането и прилагането ѝ в областта на висшето инженерно образование и инженерната практика. Предоставени са примери от шведския опит в инженерното висше образование. Направено е сравнение със съществуващият опит в някои български университети.*

***Ключови думи:** методика на проектирането, висше инженерно образование, практическо приложение на теорията за проектиране*

***Abstract:** In the presented report an overview of contemporary theory and methodology of design and their application in higher engineering education and engineering practice is done. Some examples from the Swedish engineering higher education are provided. A comparison with existing expertise in some Bulgarian universities has been sought.*

***Keywords:** methodology of design, engineering and higher education, practical application of the theory of design*

#### Увод

*“Design is making sense of things”  
Krippendorff, 2006*

През последните 50 години настъпват значителни промени в промишлените и образователни потребности поради нарастващото развитие и използването на мехатронни продукти, развитието на компютрните системи и софтуер програми, както и нарастващата необходимост от един нов поглед към проектирането в перспективата на жизнения цикъл на продуктите и човешкия елемент. Нуждата от иновации нараства под натиска на глобалните икономически кризи и увеличаващите се екологични изисквания. Много от техническите системи, които се използват днес, трябва да бъдат „преоткрити”. Проектирането по правилен начин и ролята на дизайнера са от решаващо значение за дефинирането, конструирането и реализирането на новите системи, които ще служат на човечеството в бъдеще. В този контекст има огромна нужда от по-добро разбиране на естеството и практиката на проектиране, така че проектирането да служи на човешките нужди и нуждите на околната среда по най-добрия начин.

Идеята за този доклад възниква след приключване на работата на автора по дисертация в областта на теорията на проектирането. Истинско предизвикателство е да се доведе докрай изследване в тази област у нас, поради мнението на част от академичния колектив, че проблемите на съвременната теория на проектирането не са инженерни проблеми.

Друго основание е опита, който авторът има в следствие повече от 25 години работа в българското висше инженерно образование, а в последните четири години и от шведското инженерно образование, където води курсове „Product Development“; „Machine design“ и 3D CAD. Неизбежно се натрапва сравнение и се забелязва, че дисциплина третираща теория и методология на проектирането е липсваща брънка в инженерното образование у нас.

Не на последно място, трябва да се отбележи, че е предизвикателство да се пише на български за методика на проектирането, поради липсата на еквивалентни термини. Причината за което вече беше изтъкната порано.

### **Кратка справка относно науката за проектиране**

В последните десетилетия областта на теорията и методологията на проектирането привлича вниманието на научните изследователи и дава значителни резултати. Като следствие, днес ситуацията е в рязък контраст с тази преди 1970, когато дизайна се счита по-близо до изкуството, отколкото да инженерната дейност поради ограничените знания за теорията на проектиране. За начало на този нов етап в развитието на науката за проектирането се счита проведената в Лондон през 1962 конференция на тема „Методи на проектиране“ По време на това събитие, се издига идеята, че методологията на проектиране може да се разглежда като предмет на изследване. Повдигат се въпросите за значението на ефективното управление на проектите, за необходимостта от по-голямо внимание към изискванията на клиентите, както и за необходимостта от по-добра комуникация в проектните екипи. През 1980-те се появяват много книги за инженерни методи на проектиране: Хубка, 1980; Пал и Байтц, 1984; Крос, 1984; и много други. От тогава и до днес, продължава период на експанзия на изследвания и публикации в тази област и съответната дисциплина за обучение намира своето място в много университети. Трябва да се признае, че науката за дизайн не е единна и е съставена от различни подходи, виждания и разбирания. Мета-теоретична рамка на дисциплините третиращи този феномен е представена през 2004 г. от Horváth (фиг.1) с цел да внесе яснота в теорията за проектирането и да го свърже с практиката. [1,2]

Изследванията в областта на методологията на проектиране се опитват да изяснят процеса на проектиране, както и прилежащите теории за проектирането като цяло. Теориите са основа за извличане на теоретично-базирани методи за проектиране. Те са приложими както в инженерната практика така и в обучението на инженерни кадри.

Науката за проектиране е научна теория на познанието за проектиране и обектите на проектиране. Тя е базирана на систематичен подход възприет от кибернетиката и използва серия от термини и изрази от кибернетиката в същия или подобен смисъл: система, структура, функции, състояние на системата, интерфейс и др. Структурата на системата определя нейната способност да функционира, начина ѝ на функциониране и поведението ѝ. Желаната функция нееднозначно определя структурата способстваща реализирането ѝ; съответната функция обикновено може да се реализира чрез различни структури. Същността на проектирането, е да предложи и анализира структури подходящи за постигане на желаната функция и поведение на системата.

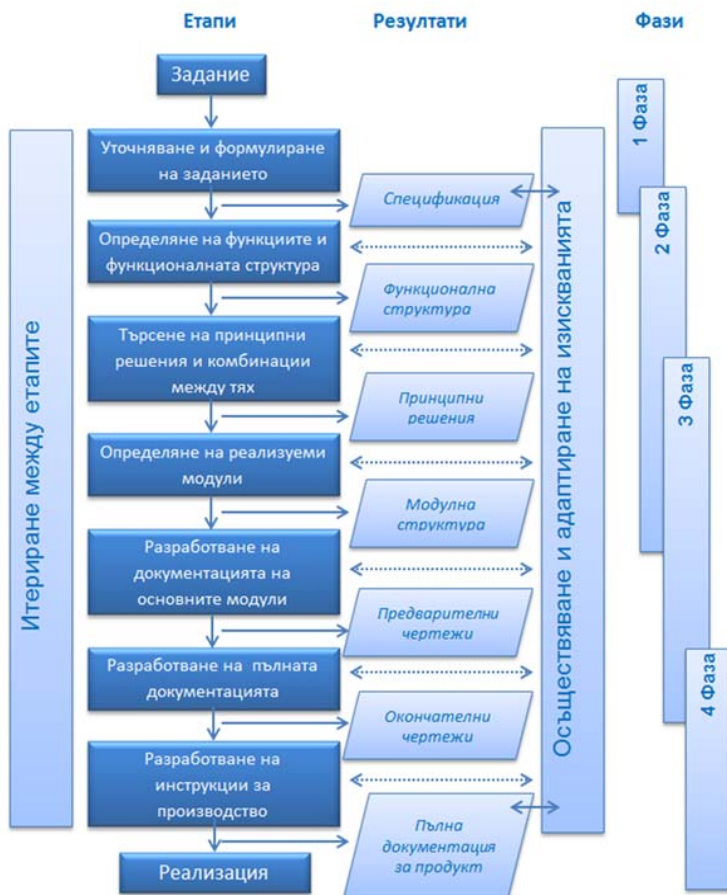


Фиг. 1. Мета-теоретична рамка на проектирането

Науката за проектиране се допълва от някои частни и специализирани дисциплини, отнасящи се до техническата система, като обект на проектиране и както и до самия процес на проектиране. Теориите за проектиране са обобщени и илюстрирани с много модели, а те са в основата на методи, които могат да бъдат адаптирани и прилагани в практиката.

#### Приложение в промишлеността и в образованието

Днес тези теоритични модели се преподават в много инженерни училища по света. Има данни и за тяхното приложение в промишлеността. Чрез проучване на практиката в съвременната промишленост, може да се отбележи, че се използват редица техники, инструменти и модели за проектиране. Постиганията на технологията променят начина на проектиране и изискват по-широкото прилагане на най-новите открития в областта на науката за проектиране.



Фиг. 2. Модел на процеса на проектиране на продукт според Пал и Байтц възприет от VDI-2221: 1985

Поради разнообразието от различни модели на проектиране, няма възприет единен, генерален модел. Това води до проблем да се избере и приложи на практика най-подходящия модел за проектиране на съответния продукт. Един от най-често следваните модели е немско-швейцарския модел (Matousek, 1962; Roth, 1972; Колер, 1976; Hubka, 1980; Пал, 1984; Beitz, 1985). Той се фокусира върху процеса на проектиране като процес изпълняван от машинни инженери-конструктори и е базиран върху систематичното генериране на решения, т.е. започвайки от абстрактното към конкретното. Този модел се състои от няколко етапа, водещи до концептуално решение и до

окончателен проект за продукт, като всеки един етап включва под-етапи (стъпки). От абстрактно поставен проблем, чрез последователно следване на стъпките от представения модел на проектиране се достига до конкретно идейно решение. Тази поетапна конкретизация на системата се постига чрез анализ на функциите и подбор на подходящи физични принципи и принципни решения. Типичен пример за това е германския стандарт VDI (1969 г.), който се счита за първият стандартизиран и нормализиран модел за проектиране. Този стандартизиран модел търпи развитие през годините. На фиг. 2 е показан модела на процеса на проектиране според VDI-2221: 1985.

Последната версия на този стандарт VDI от 2004 дава указания за проектиране на продукти от мехатрониката. В съвременната промишленост не е възможно да се извърши ефективен процес на проектиране, без да се използват различни технически информационни системи, като например CAD (Computer Aided Design); CAE (Computer Aided Engineering); и PDM (Product Management Data). Тези „виртуални инженерни“ технологии и системи се нуждаят от нови познания за процеса на проектиране.

Нарастващото разнообразие на продукти и интегрирането на елементи от различни области на техниката води до това, че съвременните продукти трябва да отговарят на по-вече и по-разнообразни изисквания. Освен традиционните изисквания като функция, разходи, качество и ефективност, съвременните продукти трябва да отговарят също на изисквания, като например устойчиво развитие и на изисквания свързани с аспекти на жизнения цикъл на системата. Типичен пример за това са продукти от мехатрониката, където машиностроенето, електрониката, управляваща техника, и софтуерно инженерство се интегрират, за да се постигне по-добра функционалност. Взаимодействието между различните области се постига въз основа на установени специфични методи за проектиране, специфични подходи, номенклатури и познание. Освен немско-швейцарския модел още много модели, техники и инструменти са на разположение днес и се прилагат в различни случаи на проектиране. Някои от тях са моделите предложени от аксиоматичното проектиране, адаптивното проектиране и конкурентното проектиране.

Проектиране за съвършенство (Design for X) е генеричното име обединяващо елементите на методологията, целяща да подобри проектирания продукт, както и процеса на проектиране съобразно различни перспективи, представени от знака X. Неизвестното представено от X, може да бъде заместено от специфична характеристика на продукта (цена, качество, ефективност и др.); или от фаза в жизнения цикъл на продукта (производство, монтаж и демонтаж, рециклиране и т.н.).

За управления на рисковете при проектиране на продукт се използва често метода „Състояние на грешка и анализ на последствията“ (FMEA). Това е систематичен подход към преодоляване на грешки в проектирането на продукт, които възникват през 60-те в самолетостроителната индустрия.

За управлението на качеството на продукта, който се проектира, както и на качеството на самия процес на проектиране се използва метода на „Качество на внедрената функция“ (QFD). Възникнал през 60-те години в Япония, този метод е намерил своето развитие и широко приложение в съвременната промишленост. Този метод позволява да се открие връзката между изискванията на клиента и условията на конкурентния пазар с основните технически характеристики на проектирания продукт, като същевременно позволява да се анализира взаимодействието между различните характеристики и определянето на целеви стойности за всякой характеристики.

Сред многообразието от модели и методи се открояват тези на Улман и Улрих/Епингер. Улман се фокусира главно върху машинното проектиране като има много силна практическа насоченост. Тъй като е много детайлен, този метод намира

своето широко приложение както в практиката така и в образованието. Метода на Улрих/Епингер е много прилаган в образованието на инженерни кадри, особено зад окена.

В този преглед на най-често прилаганите методи на проектиране не може да не се спомене ТРИЗ, руски ахроним за Теория за решаване на иновативни задачи. Създаден от Алтшулер, през 50-те години в бившия Съветски Съюз, днес ТРИЗ намира своето практическо приложение в такива компании като „Самсунг“. Въпреки, че създаването на ТРИЗ на руски език създава езикова бариера за нейното разпространение в началото, то днес ТРИЗ намира своето място и в образователните програми на някои университети в Германия и се орагизират курсове за обучение в ТРИЗ подкрепени от Европейската комисия. [5]

#### **Пример от инженерното образование в Линеус университет, Векшьо, Швеция**

Бакалавърската програма за машиностроителни инженери в Линеус университет (LNU) в Швеция, е три годишна и се основава на поредица курсове, 7,5 ECTS всеки. Дипломната работа е в последния семестър и се оценява на 22,5 ECTS. В повечето случаи дипломния проект, както и проектите изпълнявани в някои от курсовете са зададени директно от промишлеността. Програмата е на шведски език, но някои от курсовете се водят на английски за да могат да се привлекат повече чуждестранни студенти, както и да се даде шанс на собствените студенти да подобрят познания по английски. В първия семестър на третата година, след като са приключили базовите инженерни дисциплини се води курс „Проектиране на продукт – систематичен подход“, който е проектно базиран и преподава се преподава на английски език. Целта на курса е да се запознаят студентите с процеса на проектиране на продукт и как този процес се прилага на практика, в проекти зададени от действателни фирми. Този курс не само запознава студентите с теорията на проектиране и дава познания за различни техники, инструменти и методи, които могат да прилагат на практика, като в същото време могат да използват знанията и уменията получени в предходни курсове. Като учебна литература се използва книгата на П. Джаксон „Getting Design Right-A systems approach“. В тази книга е представен модел на проектиране състоящ се от осем стъпки. (фиг.3)

Първата стъпка е определяне на проблема и изясняване на проекта. В този етап студентите научават как да получат информация за нуждите и изискванията на клиента, как да обработят тази информация за да определят основните характеристики на продукта, как да анализират контекста на проявление на проектираната система и от очакваното поведение на продукта да определят функционалните изисквания към продукта.

Втората стъпка е измерване на необходимостта от продукт с определени характеристики и използвайки QFD за определяне на целеви стойности за тези характеристики.

Третата стъпка е изследване на възможностите за проектиране на желания продукт, генерирайки различни концептуални решения.

Четвъртата е оптимизиране на концептуалните решения и избор на най-обещаващото решение.

В стъпки пет и шест същият систематичен подход се прилага при планиране на изпълнението на проектната дейност и при планирането на тестове, които да потвърдят че продукта, които се проектира е желания продукт и е проектиран по правилния начин.

Последната осма стъпка включва процеса на постоянно итериране, както на целия процес така и на оделни стъпки, с цел постигане на най-добрия резултат.



Фиг. 3. Модел на процеса на проектиране на продукт според П. Джаксон [4]

Само 1/5 от кредитите за курса са за усвояване на теорията в лекции, останалите 6 ECTS са за проекта, заданията за който идват от различни фирми от местната промишленост. Студентите работят в групи по 4-5, като условието е във всяка група освен шведските студенти да има микс със обменни студенти. Понякога в курса има студенти от 8-9 националности. Проекта не само е първи опит за студентите да участват в концептуалната фаза на проектиране на реален продукт, но също така им дава възможност да се срещнат с реалния процес на проектиране. Не всички компании, задаващи проекти имат добре изграден, съвременен процес на проектиране, в други само частично е възприет някой от моделите на проектиране. Но големи и успешни компании, като Волво, ИКЕА, Хускварна, Тууле, са истински добър пример за студентите за прилагането на теорията и методологията на проектиране в практиката.

Дипломирането на студентите в машиностроителната специалност на LNU се осъществява в две направления – конструиране и производство. Дипломният проект се избира в съответствие с направлението на специализация, като студентите имат задължението сами да се свържат с фирми от промишлеността и да намерят подходящ проект.

### Заклучение

Като извод от този доклад, може да се твърди че във висшето инженерно образование у нас дисциплина третираща теорията и методологията на проектиране, не е част от учебния план. В специалност „Промислен дизайн“ в РУ „Ангел Кънчев“ е направен опит за подобна дисциплина, но информацията за процеса на проектиране и методите, които се прилагат е недостатъчна. За останалите машинни специалности обикновено в ръководствата по „Машинни елементи“ има кратка справка за процеса на проектиране базирана на опита от първата половина на 20 век. [7,8]

В много университети по света, особено в северна Европа, САЩ и Япония обучението в методология на проектирането е много широко застъпено, докато на теорията на проектирането не се обръща толкова голямо внимание. Въпреки, че повече от тези курсове за базирани върху проекти, е необходимо да се обърне по-задълбочено внимание на практическото приложение на изучаваните методи. Обикновено в дисциплините изучаващи теория и методология на проектирането е много добре представен системния подход към решаване на проблема, но е много слабо застъпен или въобще се пропуска подхода за решаване на иновативни задачи. Но за решаване на рутинни задачи или ре дизайн на вече съществуващи технически системи студентите от тези университети са много добре подготвени. Сudentите получават знания за много различни методи и опит как да подберат най-подходящите от тях и да ги прилагат за постигане на конкретно решение. Специално в LNU, се планира допълване на курса за обучение по методика на проектирането с някои математически базирани методи, като например запознаването на студентите с принципите на аксиоматичното проектиране а също так и по-широкото застъпване на методи на проектиране отчитащи жизнения цикъл на проектираната система. [3,5]

Обучението на студентите в теория и методология на проектирането им дава възможност по-добре да разбират фундаментални концепции и да организират знанията си в процеса на проектиране.

#### Литература:

1. Cross N., *Engineering design methods-strategies for product design*, fourth edition, ISBN 0-471-87250-4, 2005
2. Eder W.Ernst, *Comparisons of Several Design Theories and Methods with the Legacy of Vladimir Hubka*, © Copyright W. Ernst Eder, February 2012
3. Eder W.Ernst, V. Hubka, H. Benabdallah, *Educating For Engineering Design Using Design Science*, Proceedings of the Canadian Engineering Education Association, 2004
4. Peter L. Jackson, *Getting Design Right- A systems approach*, ISBN 978-1-4398-1115-3, 2010
5. Tomiyama T., P. Gu, Y. Jin, D. Lutters, Ch. Kind, F. Kimura, *Design methodologies: Industrial and educational applications*, CIRP Annals - Manufacturing Technology 58 (2009), pp. 543–565
6. Dolchinkov R., *New friction mechanical transmission*, Zilina, Slovakia, 2-nd Electronic Internacional Interdisciplinary Conference 2013 /EIPC/, p. 451
7. Долчинков Р., *Перспективи на обучението по мехатроника в техническите специалности в университетите*, Наука и образование: Сборник доклади, Бургас 2011. Доклади, изнесени на семинари на ЦИТН по случай 20 години от основаването на БСУ, стр. 14
8. Долчинков Р., *Образованието и иновациите в основата на конкурентната икономика или /мястото на университетите в създаването на иновации и конкурентноспособност*, 2014, Електронно списание „Компютърни науки и комуникации”, Том 3, № 4, БСУ, стр. 5