

**PLENARY REPORT**

**ИНДУСТРИЯ 4.0 И ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ  
ИНЖЕНЕРНОТО ОБРАЗОВАНИЕ**

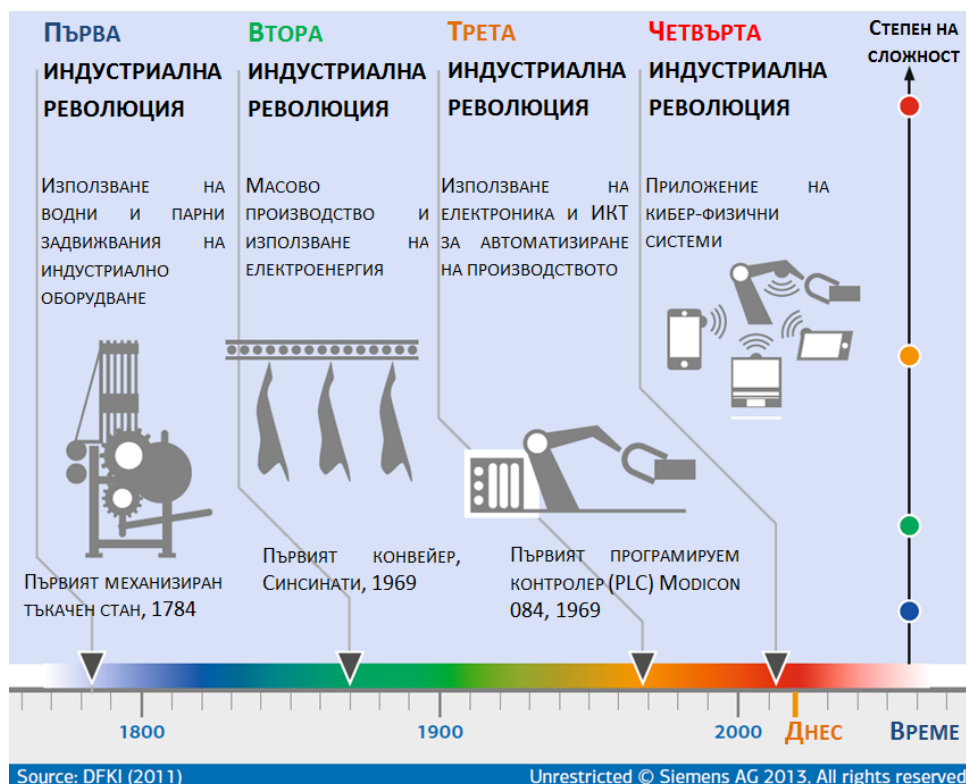
**INDUSTRY 4.0 AND THE CHALLENGES TO HIGHER EDUCATION**

**Проф. Георги Тодоров**  
Технически университет - София

**ВЪВЕДЕНИЕ**

Нашата съвременност е свързана тясно с интензивно развитие в нови ключови области като генетиката, изкуствения интелект, роботиката, нанотехнологиите, 3D изграждането чрез добавяне на материал, биотехнологиите, и други, които се развиват и дори взаимно подпопагат. Това поставя основите на революционни промени в много широк мащаб. Интелигентните системи -

домове, фабрики, ферми, мрежи или градове - ще помогнат за справяне с проблеми, вариращи от управлението на веригата за доставки до изменението на климата. Възходът на споделящата икономика вече позволява, например, на хората да осигуряват приходи от неизползвани недвижими собствениности или превозни средства. Протичащите събития и нововъведения неотклонимо водят до революционни изменения



Фиг. 1. Индустралните революции

(протичащи със сравнително голяма бързина), индикиращи че днес ние сме в началото на четвъртата индустриална революция.

Тази индустриална революция се обозначава като „Индустрия 4.0“ за пръв път през 2011 година (Хановерски панаир), послужило за развиване на платформа за бъдещо развитие на индустрията през 2013г., резултат от възложена съвместна работа на германски учени и специалисти. Стремежа е да се създаде рамка и концепция, които да обхванат протичащите промени към дигитализация на индустрията, или, навлизането на информационните технологии в промишлеността. Формирани са препоръки и примерни приложения за осигуряване на успешна трансформация на индустрията към дигитализирана такава.

Разработената платформа е глобализирана на Световният Икономически Форум в Давос през 2016 година, следващата година е разработена и Стратегия за участието на България в Четвъртата индустриална революция.

#### Платформата Индустрия 4.0

Платформата „Индустрия 4.0“ разглежда индустриална среда, в която хора, машини, оборудване, логистични системи и продукти комуникират и взаимодействат директно, формирайки кибер-физични системи. Така очертаната четвърта индустриална революция застава на качествено ново ниво, което се характеризира с използването на

кибер-физични системи (КФС). КФС са разпределени смарт системи - микросистеми или MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) - включително електронни, механични и вероятно и оптични или флуидни компоненти. Те обикновено включват и наблюдение, обработка на информация и често задействащи функции. Те са вградени в комуникационни мрежи, използващи интернет на нещата (Internet of Things (IoT)).

Създаването на тази платформа (четвърта индустриална революция) е следствие от съвременното развитие в индустрията и информационните и комуникационни технологии. В основата седят технологиите на: индустриалния "Интернет на нещата" (Industrial Internet of Things – IIoT); интелигентните мобилни приложения (Mobile applications); облачните технологии (Cloud computing); добавената виртуална реалност (Augmented Reality/Virtual reality); хоризонталната и вертикална системна интеграция (технологии, позволяващи индивидуализиране на продуктите и гъвкавост); обработката на големи обеми данни чрез интелигентни алгоритми (Big data); интелигентните сензори (Smart sensors); триизмерното адитивно отпечатване (3D printing); киберсигурността (Authentication and fraud detection); подобрените интерфейси човек-машина (Advanced human-machine interfaces); технологиите за определяне на местоположение; виртуалното инженерство.



Фиг. 2. Технологиите на Индустрия 4.0

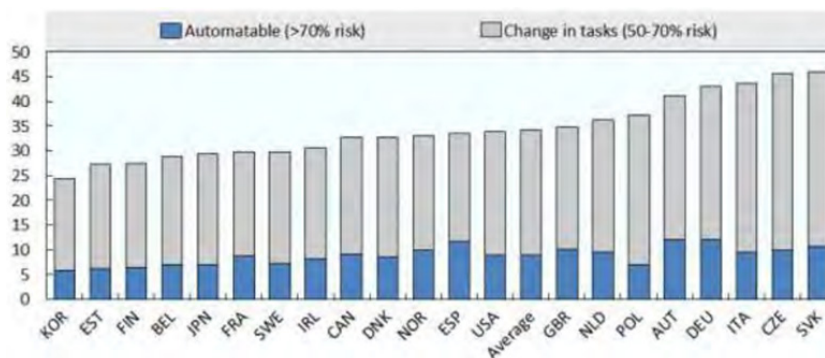
Потенциала на инициативата за икономика, основана на тази платформа, се изразява във възможностите и следствията от нейното прилагане [3] като: индивидуализиране на продуктите (масови индивидуализирани продукт, съобразени с индивидуалните и специфични клиентски изисквания; гъвкавост (кибер-физични системи, свързани в мрежа); оптимизирано вземане на решения; ресурсна продуктивност и ефективност (оптимизиране на производствените процеси); създаване на стойност чрез предлагане на нови услуги (например, големи обеми от данни (Big Data), събрани чрез „смайт“ устройства, при използване на интелигентни алгоритми, ще даде възможност за развиване на иновативни услуги); социален ефект – използването на кибер-физични системи ще променят организационните модели на предприятията.

#### Социален ефект от Индустрия 4.0

Предшестващите индустриални революции и демографската промяна са основните причини за увеличаване на заетостта, високата производителност и непрекъснатото разкриване на нови работни места. Исторически, тези преходи не бяха безрискови и

бяха белязани със своите сътресения. Страхът от унищожаване на работни места чрез появата на нови инструменти за производство на стоки и услуги и техните нови процеси, пресича историята на индустриалната икономика, оставяйки ни спомени за лудитите, кейнсианската технологична безработица, и сигнала за "край на физическият труд", който се появи в началото на 90-те години на миналия век.

Новата Индустриална революция се изгражда на основата на технологиите, които са все по-достъпни на ниски цени за компании и физически лица. Тези технологии се развиват с променливи темпове, и следствията от тях влияят върху бизнес моделите и производствените процеси, като преди всичко те въвеждат нови начини за свързване с потребителите и пазарите чрез по-ефективни, персонализирани и незабавни канали за координация. Динамичните промени в бизнес моделите дават голямо отражение на заетостта, като много от основните двигатели на трансформацията, които в момента въздействат върху световните индустрии, се очаква да имат значително въздействие върху работните места (фигура 3).



Фиг. 3. Очаквания за подлежащи на автоматизация професии, свързани с индустриални рутинни операции

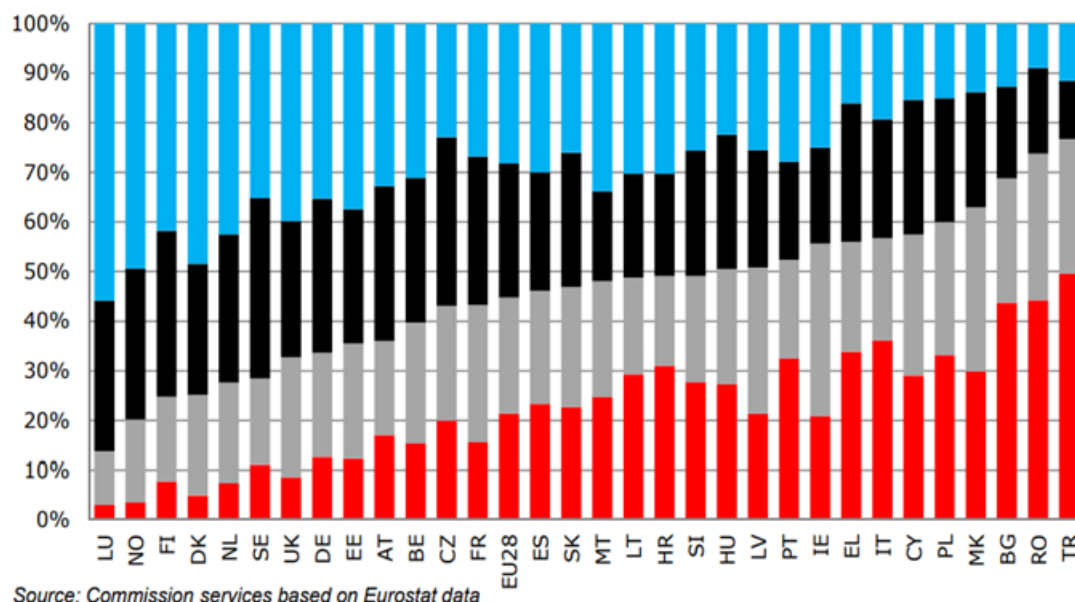
Предвид бързите темпове на промяната, сътресенията в съществуващите бизнес модели водят до почти едновременно въздействие върху заетостта и необходимостта от нови професионални умения, изискващи спешни и съгласувани усилия за приспособяване. Повишаването на производителността на труда изисква създаването на нов тип работни места, но и покриване на съществуващи пропуски в уменията. Тъй като

цялата промишленост се адаптира и променя, много професии ще претърпят фундаментална трансформация. В много отрасли и страни, най-търсените сега професии или специалности не съществуваха до преди 10 или дори до преди пет години, а темпото на промяна всъщност се ускорява. Проучванията сочат че 65% от децата, започващи сега обучението си в началното училище, в крайна сметка ще завършат професионал-

ната си кариера упражнявайки напълно нови видове професии, които все още не съществуват.

Благодарение на големия брой нововъзникващи мултидисциплинарни професии, изискванията към бъдещите служители ще се променят. Няма да има нужда от служители, които извършват рутинна, проста

и/или повтаряща се работа. Броят на заетите в индустриалните процеси нискоквалифицирани кадри непрекъснато намалява и хората все повече се превръщат в контролен механизъм на машината. Автомобилната индустрия, където много производствени операции вече са напълно автоматизирани, е пионер в това отношение.



Фиг. 4. Приблизително 45% от населението на ЕС има недостатъчни дигитални компетенции

Колкото по-ниско е търсенето на работници за рутинни операции, толкова по-голямо ще бъде търсенето на висококвалифицирани специалисти от страна на компаниите. Според общоприетото мнение, по-доброто образование помага. По-доброто образование обаче помага само при определени обстоятелства. Специфичната квалификация на отделен служител трябва да бъде свързана с конкретната му позиция. Например, квалификация като счетоводител няма да бъде от особена полза за отделния служител, защото - с течение на времето - има 98% вероятност работата на счетоводителя да бъде автоматизирана чрез използване на интелигентен софтуер. Творческите хора, които имат квалификация в природоматематическата област, са най-необходими за новия трудов пазар. Въпреки че не е задължително всеки бъдещ служител да бъде квалифициран в ИКТ програмист, той трябва да има основен поглед върху аналитичните и техническите въпроси. Специа-

листите трябва да могат да съвместяват успешно работата си с компютърната техника и наличните алгоритми и да ползват свободно интернет и социалните мрежи. Освен това, те трябва да разглеждат използваният хардуер и софтуер критично. Налице е нарастващо търсене на служители, които могат да работят и в стратегически и сложни области. Не е достатъчно само да се наблюдава работата на конкретните производствени автоматизирани системи, но се търси и тяхната координация (интерфейс човек-машина). Съществува и нарастващо търсене на бъдещи ръководни служители със социална и интердисциплинарна компетентност. Служителите трябва да могат не само да комуникират с други хора, но и, ако е необходимо, да ги водят ефективно и да се координират с тях. Освен това креативността и гъвкавостта стават все по-важни. Проблематично ориентирано мислене ще бъде задължително за постигане на разумни преценки.

Гъвкавото работно време и възможността за работа в паралел вече не са изключение на пазара на труда и стават обичайна практика. Допълнително, служителите трябва да се съсредоточават не само върху една основна област в работата си, но и да поемат няколко многофункционални, понякога много сложни задачи, изпълняващи ги като част от екип. Нарастват и очакванията те да имат неформална квалификация. Това включва, например, способността да се действа самостоятелно, да се изграждат мрежи, да се самостоятелна организация и организация на екипи, с акцент върху конкретни цели, обхващащи и абстрактно мислене.

Отражение върху инженерното образование

Професионалните умения, които се изискват както в старите, така и в новите професии в повечето отрасли също ще претърпят изменения. Местоработата, работното време са други предизвикателства спрямо управлението на процесите. В условията на тази динамика на развиване на пазара на труда е важно да се предвидят и да се подготвят специалисти, притежаващи за умения съобразно развиващите се технологии.

За да могат да отговарят на гореспоменатите стандарти за Industry 4.0, бъдещите служители трябва да се обучат на нови ключови квалификации. Дискусиите на Световния икономически форум 2016, например, формулираха извода че и училищата и университетите "не трябва да преподават света така, както е, а както ще бъде". Ето защо са необходими нови стратегии за квалификация и образователната система трябва да се адаптирана към тези нови условия. Те трябва да насърчават интереса на учениците към теми като математика, информационни технологии, наука и технологии, когато те все още са в училище, а преподавателите с дигитална компетентност трябва да обучават учениците да мислят приложно, когато използват нови средства за да им помогнат да постигнат фундаментално разбиране за новите цифрови и информационни технологии и тяхното прилагане в конкретната им област. Особено важно е да се насърчава конструп-

тивното мислене, да се инспирират творческите умове в училищата и университетите.

Този подход предполага интегрирана образователна програма, по време на която творческата работа се съпътства от курсове за допълване на знанията. Адаптивността е едно от основните предизвикателства, но в същото време може да бъде и основна отправна точка. Следващото поколение работещи трябва да се научи да се адаптира бързо към техническата, социалната и дигиталната промяна, защото може да се очаква появата на дори една "пета индустриална революция". „Обучение през целия живот“ е максима, която се отнася не само до напълно автоматизирани работи, но и до човешки същества! Ако направлението на работа на служителя е автоматизирано, служителят трябва да може да се премести или да се отдалечи от машината чрез индивидуални умения.

Сред многото различни виждания и мнения на експертите, нововъведенията и общите промени в света на обучението за адаптация към И 4.0 биха могли да се открият в 8 основни тенденции:

**1. Разнообразно време и място на осъществяване на процеса ( вкл с електронно и дистанционно обучение).**

Студентите ще имат повече възможности да учат по различно време и от различни места. Инструментите за електронно обучение улесняват възможностите за електронно и дистанционно обучение. Учебните занятия ще бъдат организирани така, че теоретичната част се изучава основно извън класната стая, докато практическата част се преподава в лабораториите, лице в лице, интерактивно.

**2. Персонализирано обучение. Свободен избор на „път през курса“.**

Студентите ще се обучават с учебни инструменти, които се адаптират към възможностите на обучавания. Това означава, че над средното ниво студентите ще бъдат обучавани с по-трудни задачи и въпроси, когато се постига определено ниво. Студентите, които изпитват трудности с даден обект, ще имат възможност да практикуват

повече, докато достигнат необходимото ниво. Студентите ще бъдат подпомагани по време на индивидуалните си учебни занятия. Това ще доведе до положителни изживявания при ученето и ще намали броя на учениците, които губят увереност в своите академични способности. Освен това преподавателите могат ясно да видят кои обучаеми се нуждаят от помощ и в кои области.

### **3 Повече самостоятелна работа и активност на студентите**

Студентите ще се учат с различни устройства, различни програми и техники въз основа на собствените си предпочитания. Макар че всеки предмет има за цел определени знания, то пътят, водещ към тях, може да бъде различен за всеки студент. Подобно на персонализираното обучение, студентите трябва да могат да променят своя учебен процес с инструменти, които смятат, че са необходими за тях или са им препоръчани от реподавателя като резултат от постиженията. Смесеното обучение, самостоятелната работа под наблюдение и BYOD (Донеси своето собствено устройство) представляват важни елементи в рамките на тази промяна.

### **4. Проектно базирано обучение**

Тъй като кариерата на всеки един ще е необходимо да се адаптира към бъдещата икономика на бързи промени, то днес студентите щетрябва да се адаптират към базираното на проекти обучение и работа. Това означава, че те трябва да се научат да развиват и прилагат своите умения в по-кратки срокове и в различни ситуации.

Студентите трябва вече да се запознаят с проектното обучение вкл. в бакалаварските програми, а и по-рано - когато уменията за организация, сътрудничество и управление на времето могат да бъдат преподавани като основи, които всеки ученик може да използва в по-нататъшното си обучение в академични институции и в бъдещата си кариера.

Тъй като технологиите могат да улеснят по-голямата ефективност в определени области, учебните програми трябва да дават възможност за умения, които изискват не

само познание, но и взаимодействие в екип или „лице в лице“. Това означава, че учебните програми ще създадат повече възможности за студентите да изпълняват стажове, асистирана работа по проекти и проекти при директно сътрудничество с бизнеса още в университета.

### **5. Интерпретация на данни – от факти към знание.**

Макар че математиката се смята за една от трите основни стълба на обучението, без съмнение ръководната част от тази грамотност ще стане нерелевантна в близко бъдеще. Компютрите скоро ще се погрижат за всеки статистически анализ, ще опишат и анализират данните и ще прогнозират бъдещите тенденции. Ето защо човешката интерпретация на тези данни ще стане много по-важна част от бъдещите учебни програми, в замяна на фкатологията и уменията за изчисляване или директно решаване на задачи. Прилагането на теоретичните знания към практическият проблем и използването на знанията за инженерно дефиниране на задачата ще са от решаващо значение. Да се извлекат логиката и тенденциите от получаваните данни ще се превърне в основен нов аспект на математическата грамотност.

### **6. Оценяването и изпитите ще се променят значително.**

Тъй като платформите за обучение и тестване ще оценяват способностите на студентите на всяка стъпка, измерването на техните компетенции чрез Въпроси и отговори може да стане формално. Мнозина твърдят, че изпитите проектирани по такъв начин, водят до това, че студентите заучават материалите и ги забравят още на „следващия ден“. Обучаващите се притесняват, че изпитите може да не стимулират към това, което студентите трябва да могат, когато навлязат в първата си работа. Тъй като фактическото знание на един студент може да бъде измерено чрез тест по време на учебния процес, то приложението на знанията му се оценява най-добре, когато работи по проекти в областта. т.е е по-ефективно и по-добре за студента да се оценява чрез проект, а не чрез тест.

## 7. Участие на студентите и бизнеса в процеса на формиране на съдържание.

Поддържането на учебна програма, която е съвременна, актуална и полезна, е реалистична само когато участват добри професионалисти, както и "младите хора". Критичният принос на студентите за съдържанието и устойчивостта на курсовете е задължителна за адекватна на съвременния живот учебна програма. Студентите ще се включат все повече и повече във формирането на учебните си програми.

## 8. Преподавателят става все по-важен фактор в процеса.

В следващите години студентите ще мо-

гат да имат все по-голяма независимост в учебния си процес, което обаче изисква за разлика от „конвейрната“ текуща организация на образованието, висока собствена отговорност към развитието си и възможност за асистиране при взимане на решения от страна на преподавателя му или менторството ще се превърне в основен фактор за успеха на студентите. Преподавателите ще формират посоката в джунглата от информация и възможности, в която нашите студенти ще трябва да проправят верния си път в професионално и кариерно отношение. Това означава, че преподавателят и образователната институция са още по-жизненоважни за ефективното развитие и кариерните постижения на студентите.



Фиг. 5. Индустрия 4.0 и влиянието ѝ - основни тенденции в областта на висшето образование

## Стратегия на развитие на обучението и предприети мерки: Индустрия 4.0 в програмите на Технически университет–София, Машинно –технологичен факултет

За да отговори на предизвикателствата на времето и бизнеса Машинно–технологичен факултет създаде и развива Бакалавърската и Магистърска програма „Дигитални

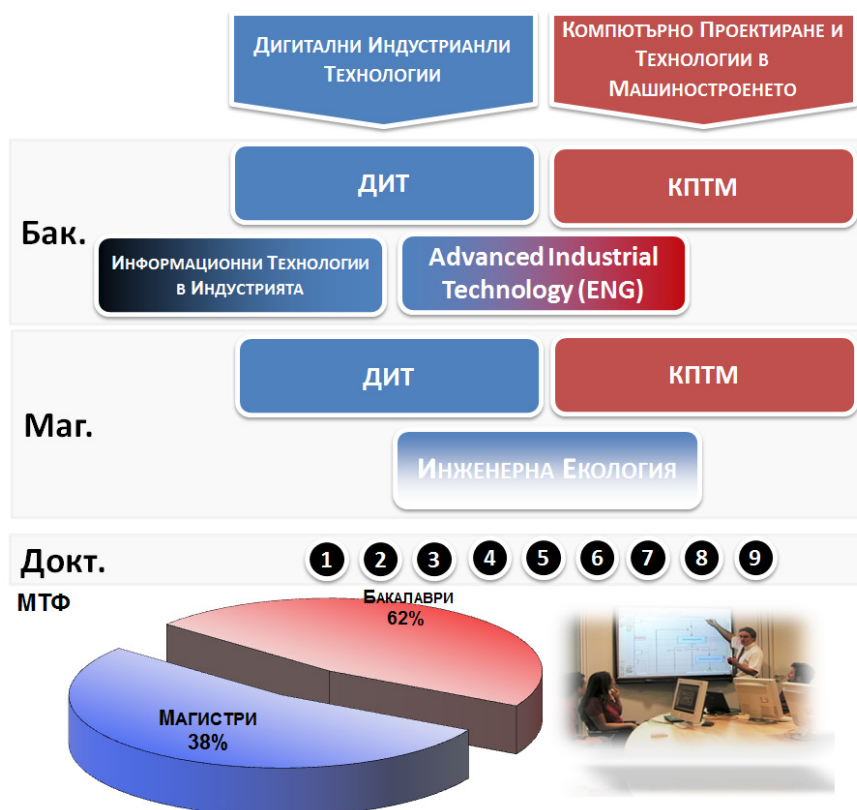
индустриални технологии“ има за цел подготовката на ново поколение машинни инженери, ориентирано към Индустрия 4.0 (Industry 4.0). Програмите са основани на солидни теоретични и фундаментални знания в областта на машинното инженерство, дигиталните технологии и информатиката, базирани на платформата Индустрия 4.0. Програмите завършват инженери със задълбочена фундаментална подготовка в об-

ластта на дигитализацията на производствени процеси и технологии, информатиката, автоматизацията и роботизацията. Тази подготовка включва знания и умения за работа със съвременните компютърни технологии и индустриални системи, както и приложението им в различни индустриални области и глобалната дигитална икономика.

Обучението по всяка една дисциплина се осъществява в специализирани лаборатории към факултета или в други факултети на ТУ София. По долу е дадена структурата на МТФ, от която ясно се вижда практически ориентираната насоченост на лабораториите, които са инструмента за провеждане на проектно ориентирано обучение.



Фиг. 6. Индустрия 4.0 и влиянието ѝ върху лабораторната и катедрена структура на МТФ



Фиг. 7. Индустрия 4.0 и влиянието ѝ върху специалностите, които могат да избират студентите и докторантите



Обучението в специалностите е съобразено с изискванията и нуждите на съвременната индустрия от четвърто поколение (Industry 4.0) и обхваща най-съвременните актуалните средства и дигитални технологии в индустрията от четвърто поколение (Industry 4.0), виртуалното инженерство, интернет и облачни технологии (cloud technology), управлението на инженерна информация, както и с образователните и изследователските програми на водещи европейски университети в Англия, Германия, Франция, Италия и др.

**Обща характеристика на обучението:** бакалавърската и магистърската програма по „Дигитални индустриални технологии“ има за цел подготовката на ново поколение машинни инженери, ориентирано към Индустрия 4 (Industry 4.0). Програмата е основана на солидни теоретични и фундаментални знания в машинното инженерство и дигиталните технологии, базирани на платформата Industry 4.0.. Програмата завършват инженери със задълбочена фундаментална подготовка в областта на машиностроителните производствени процеси и проектантския технологии. Тази подготовка включва знания и умения за работа със, както и задълбочена компютърна подготовка с насоченост към съвременните компютърни технологии и индустриални системи, както и приложението им в различни индустриални области и глобалната дигитална икономика.

**Образователни и професионални цели:** успешно завършилите специалисти трябва да са добре запознати с производствените процеси и и свързаните с тях дигиталните технологии, методите за получаване на машиностроителни материали, машинни компоненти и изделия и технологичните възможности на съвременните производствени машини и съоръжения, да познават средствата и технологиите на 3D параметричното и топологично моделиране, виртуалното инженерство, дискретната симулация и инженерните анализи;

- да имат знания за разработване на машиностроителни продукти и технологични процеси, както и интегрирането им с ин-

формационните технологии, методите и средствата за обработване на информационни потоци посредством компютърни технологии и индустриални комуникации и мрежи;

- имат знания за управление на инженерните и инженеринговите процеси в разпределена среда;
- имат знания в областта на компютърните мрежи, индустриалните мрежи и комуникации;
- имат знания в областта на езиците за програмиране, мултимедийните интернет и облачни (cloud) технологии с цел решаване на специфични машиностроителни и технологични проблеми.

**Реализация на завършилите специалисти:** завършилите специалността ще могат да осъществяват своето кариерно развитие в краткосрочен и средносрочен план в следните направления:

- в сферата на машиностроителното производство, автоматизация и роботизация, инженерингови фирми в областта на индустриалната автоматизация;
- в областта на анализ на данни, информационна сигурност, планиране и оптимизация на производството;
- като процесни и сервизни инженери;
- в компании, създаващи и развиващи нови индустриални информационни системи;
- в компании, създаващи и развиващи индустриални системи;
- в консултантски компании и фирми, специализирани във внедряване на дигиталните технологии, CAD/CAM/CAE, PDM, PLM, ERP, дискретна симулация и интернет-базирани системи в предприятията.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**За хората и обществото новите образователни инструменти и ресурси трябва да дадат възможност на хората да развият нова и по-ефективна гама от знания, компетенции и умения и да могат да разгърнат своя творчески потенциал в непрекъснатата променящата се среда чрез възможността си да се развиват и адап-**

тират бързо и във вярната посока. Това са провокативни и потенциално големи, но и вълнуващи предизвикателства.

Индустрия 4.0 и предизвикателствата пред висшето образование е с много големи, но и вълнуващи предизвикателства. За хората и обществото новите образователни инструменти и ресурси трябва да дадат възможност на хората да развият нова и по-ефективна гама от знания, компетенции и умения и да могат да разгърнат своя творчески потенциал в непрекъснато променящата се среда чрез възможността си да надграждат бързо квалификацията и знанията си, да се развиват и адаптират бързо и във вярната посока.

Всъщност, много от промените, които се провеждат, припомнят това, което е необходимо да се осъществи "Образованието от инструмент за изграждане на фактологични знания трябва да се трансформира в среда, в която на основата на знанията да се решават проблеми и така да се създават нови знания и умения или да можем да правим онова, за което не сме „учили“.

Едно предложение е усилията в горните посоки да се насочат към средното образование, към подобряване и задълбочаване на обучението на учениците по математика и информатика, за да се под-

готвят хора, които да извършат тази революция.

Учениците трябва да бъдат насочвани към изучаването на технически дисциплини, а тези в 11-12 клас могат да бъдат обучавани в компютърни умения за разработване на софтуер с отворен код.

Второ важно предложение е да бъдат обучавани в дигитални умения настоящите работещи, особено тези в провинцията или в по-малки компании с общ профил. Трябва да бъде разработена програма за това.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hermann M.; Pentek T.; Boris O.; Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2016
- [2] Geissbauer R.; Vedso J.; Schrauf St.: Industry 4.0: Building the digital enterprise, PwC, 2015 Global Digital IQ Survey, September 2015.
- [3] Kagermann H.; Wahlster W.; Helbig J.; eds.: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group, Forschungsunion, 2013
- [4] Bunse B.; Kagermann H.; Wahlster W.: INDUSTRIE 4.0. Smart manufacturing for the future, Germany Trade and Invest Gesellschaft für Aussenwirtschaft und Stanfortmarketing mbH, Berlin, Germany, 2014.