

ЕМПИРИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОСНОВНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОИЗВОДСТВЕНАТА ПОДСИСТЕМА, ВЛИЯЕЩИ НА ВНЕДРЯВАНЕТО НА ИНДУСТРИЯ 4.0

AN EMPIRICAL STUDY ON THE BASIC CHARACTERISTICS OF OPERATIONS SUB-SYSTEM INFLUENCING IMPLEMENTATION OF INDUSTRY 4.0

Gabriela Peneva¹ Ognyan Andreev²

*¹Department of Economics, Industrial Engineering & Management,
Technical University – Sofia, Bulgaria,
E-mail: gabriela_peneva@tu-sofia.bg*

*²Department of Economics, Industrial Engineering & Management
Technical University of Sofia, Bulgaria
E-mail: oandre@tu-sofia.bg*

Abstract. The transition to Industry 4.0's principles and tools is related (apart from the overall rethinking and digitization of the business models) to a profound analysis of main features of current-state enterprises operations system, as well as to the identification of appropriate measures for its "migration" to one, which allows Industry 4.0 implementing. In the present publication, the results are presented of a survey, conducted among 68 SMEs from the manufacturing and services sectors in the Sofia region. The survey is related to these operations system characteristics that are vital for the Industry 4.0 implementation.

Keywords: Industry 4.0, Operations Management, Operations System, Cyber-Physical Systems, Internet of Things, Digitalization, Mass Customization

1. Въведение

През последните години индустриалните предприятия са повлияни изключително силно от глобализацията, засилената конкуренция, динамичните пазари и/или изискванията на клиентите, както и от съкращаването на жизнения цикъл на продуктите [1]. Постоянно променящите се изисквания към продуктите пораждаат нуждата от по-гъвкава и ефективна производствена система. За справянето с такива многопосочни предизвикателства от съществено значение са ефективните, приспособими и гъвкави производствени и логистични системи [2,3,4,5]. Четвъртата индустриална революция предлага нови начини за комбиниране на физическите операции/процеси и информационните технологии за преодоляване на настоящите „трамваи“ процеси на производство и планиране [6]. Чрез използването на т. нар. Кибер-физични системи (Cyber-Physical Systems – CPS) и интернет на нещата (Internet of Things – IoT), Индус-

трия 4.0 формира свързани и силно интегрирани интелигентни системи, които позволяват на компаниите да добавят повече стойност към своите продукти [7].

Преминаването към принципите и инструментариума на Индустрия 4.0 в индустриалните предприятия е свързано (освен с цялостното преосмисляне и цифровизация на бизнес модела) с изследване и анализ на основните характеристики на функциониращата в момента производствена/операционна подсистема и набелязването на мерки за нейното „мигриране“ към такава, която да позволява внедряването на Индустрия 4.0.

В настоящата публикация са представени резултатите от едно именно такова емпирично изследване, насочено към основните характеристики на производствената/операционната подсистема. То е проведено с финансовата подкрепа на Научноизследователския сектор на Технически университет – София в рамките на Проект № 182ПД0013-15 „Изследване на системата за ПОМ на българските индустриални предприятия и анализ на възможностите за внедряване на Industry 4.0”.

2. Изложение

В условията на масова къстамизация на продуктите и услугите потребителят играе „ръководна“ роля в планирането, осъществяването и контрола на процесите по тяхното производство повече от всякога досега. Цифровизацията води до безпрецедентно персонализиране на същите и то на по-ниска цена – както досега е било при серийното/масовото производство [8,9]. Това се случва често и в нов технологичен, функционален и организационен контекст. Освен това потребителите вече имат възможност да получават подходяща информация относно социалното и екологичното въздействие на продуктите, което улеснява изграждането на информирано мнение за планираните от тях покупки.

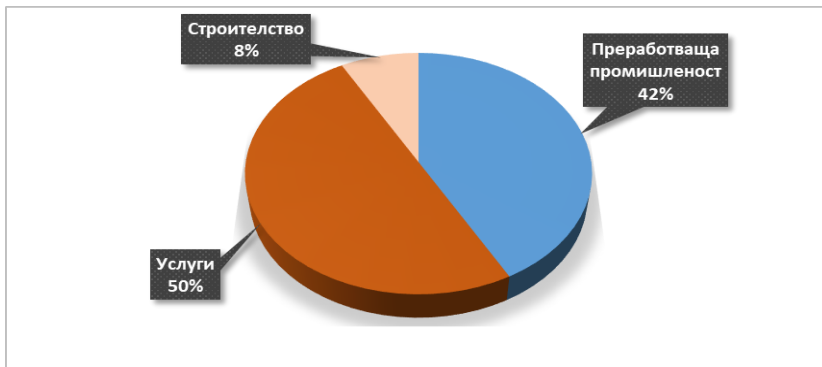
Всичко това налага характеристиките и параметрите на процесите, осъществявани в индустриалните предприятия да бъдат приведени с съответствие с новите изисквания за конфигуриране, гъвкавост, „безинертност“ и оптимизиране функционирането на производствената/операционната подсистема.

2.1. Профил на изследваните предприятия

Проучването обхваща малки и средни предприятия (МСП) от различни браншове и е проведено по метода на анкетирането, като за респонденти са избрани фирмени мениджъри и мениджъри от средните управленски нива – най-вече производствени/операционни мениджъри. Получените резултати, макар заради сравнително малкия брой анкетирани МСП да не може да се твърди, че са с голяма представителност, са интересни и показателни за проблемите и това, какво предстои да се направи за подготовката на българските МСП за внедряването на Индустрия 4.0.

Изследването обхваща 74 МСП от региона на София. По предмет на дейност те се разпределят както следва (фиг. 1):

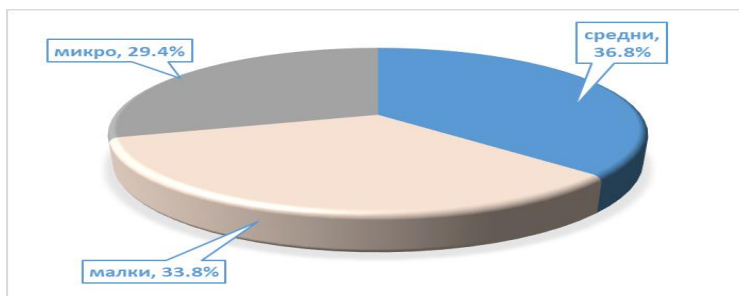
- Преработваща промишленост – 42%,
- Услуги – 50%;
- Строителство – 8%.



Фиг. 1. Структура по вида икономическа дейност

Предмет на по-нататъшния анализ в настоящата публикация са 68-те фирми от сферата на производството и услугите. 69,1% от тях са български, 26,5% са с чуждестранно участие, а останалите 4,4% са чужди.

По големината си МСП от така определената извадка са относително „равномерно разпределени”: средни – 36,8%, малки – 33,8% и микро – 29,4% (фиг. 2):



Фиг. 2. Структура по размера на БО

Трябва да се посочи, че всичките 3 чуждестранни предприятия от анкетираниите работят по внедряването на Индустрия 4.0, а всички с чуждестранно участие вече разработват стратегия за нейното внедряване, като почти половината от тях също така я внедряват. Разбира се и предприятията с изцяло българско участие се стремят да не изостават от тази тенденция, но все още

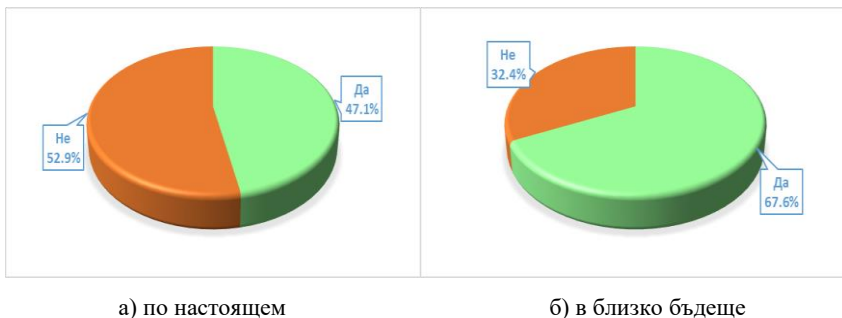
много може да се желае [10].

2.2. Ниво на цифровизацията на производствената подсистема

Българският бизнес полага усилия да бъде в крак с глобалните тенденции в сферата на цифровата трансформация и възможностите, които тя предлага. Резултатите от анкетата ясно показват, че дигитализацията съвсем не е на заден план за предприятията в България. Но въпреки, че повечето МСП в България осъзнават потенциала на цифровизацията за развитие и разрастване на техния бизнес, близо една трета (29,4%) от тях признават, че нямат цялостна стратегия за дигитализация и прилагат различни софтуерни пакети за различни цели и функционални направления на мениджмънта. По-голяма част от изследваните МСП виждат в дигитализацията начин да оптимизират използването на ресурсите, да автоматизират производството си, да подобрят взаимодействието си с клиенти и доставчици, както и да намалят производствените си разходи и увеличат производствената си гъвкавост. Същевременно те нямат високи очаквания за нарастване на печалбите и улесняване и поощряване на продуктите и технологични иновации в резултат от цифровизацията [10].

На въпроса „Разполага ли фирмата с компютърна база от данни и електронна система за управление на запасите?“ повечето от производствените МСП (61,3%) отговарят, че разполагат с такава. За МСП от сферата на услугите този процент е 21,6% и това в голяма степен е разбираемо, като се вземе пред вид техният бизнес модел – повечето от тях (като софтуерни компании, маркетингови агенции и др. под.) в сравнително малка или нищожна степен влагат различни суровини и материали в своята дейност и не изпитват необходимост от такъв софтуер.

Въпреки посоченото по-горе по отношение използването на интегрирани информационни системи за управление на предприятието (ERP, CRM и др.) ясно личи тенденцията да се разраства тяхното използване (фиг. 3).

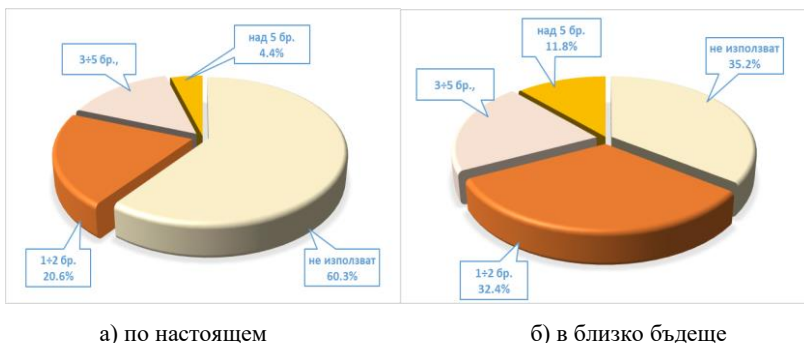


Фиг. 3. Използвате ли ERP система за производствено планиране?

Решението за внедряване на ERP система често е свързано със значителни инвестиции. Добре проектираната и успешно внедрена система дава въз-

можност за промяна на бизнес модела и значително увеличаване на възможностите и готовността за внедряването на Индустрия 4.0.

Също така много от анкетираните МСП използват в техните производствени процеси CNC машини – друг „признак“ на цифровизацията. Изследването показва, че понастоящем 20,6% от анкетираните МСП използват 1 – 2 бр. CNC машини, 14,7% използват 3 до 5 бр. и 4,4% – над 5 бр. (фиг. 4а). Намеренията са същите показатели в близко бъдеще (фиг. 4б) да бъдат със стойности както следва: 32,4% – 1 до 2 бр.; 20,6% – 3 до 5 бр. и 11,8% – над 5 бр.



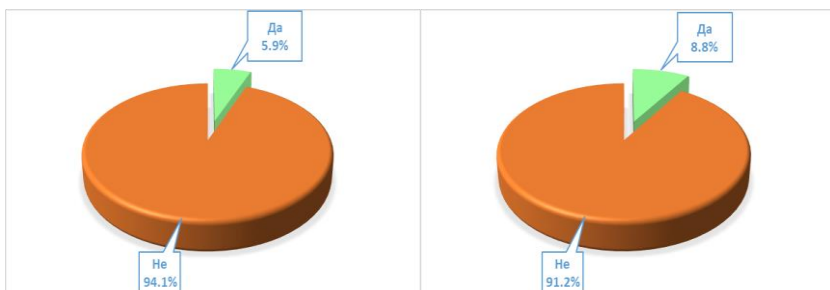
Фиг. 4. Брой на използваните CNC машини

2.3. Ниво на роботизацията на производствената подсистема

Роботите могат да работят неуморно 24 часа на ден, 7 дни в седмицата. Те вършат своята работа с непоколебимо усърдие, пълна ангажираност и ненадмината прецизност. Роботите намаляват производствените разходи и допринасят за развитието на компанията и за подобряването на нейната конкурентоспособност.

Въпреки множеството им безспорни предимства, интелигентните роботизирани системи в българската индустрия, особено при МСП, са все още сравнително малко и в тази област има голям потенциал за развитие.

Сравнително малка част от МСП – едва около 6% от участниците в анкетата, използват роботи в производствените си процеси (фиг. 5). Интересно е да се отбележи, че в близко бъдеще мнозинството от тях също не възнамеряват да инвестират в роботизацията – техният дял е около 9%. Тук следва да се отбележи инерцията в мисленето на мениджърите на МСП, които в по-голямата си част не са склонни и при работни места с CNC машини да използват роботи и да мислят за увеличаване ефективността на тези комплекси, като автоматизирани/роботизирани междинни и крайни складове, роботизирано изпълнение на установъчни и спомагателни операции и др. под.



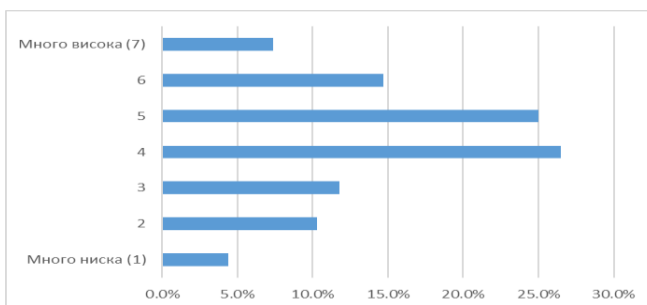
а) по настоящем

б) в близко бъдеще

Фиг. 5. Дял на МСП, използващи работи в производствените си процеси

2.4. Ниво на автоматизацията на производствената подсистема

„По-оптимистично“ е състоянието по отношение на по-общия въпрос за автоматизацията като цяло на производствените процеси при изследваните МСП (фиг. 6). Съгласно отговорите на анкетираните, при много от тях степента на автоматизация е „средно висока“ (26,5%) и сравнително висока (25%). Трябва да се отбележи, че тук са включени и МСП, използващи CNC машини, автоматизирани транспорт и/или складове, а в някои случаи – и ГАПС. В голям процент от отговорите наличието на ERP система също е признак за автоматизация.



Фиг. 6. Разпределение на отговорите на въпроса „Как оценявате степента на автоматизация на производството във Вашето предприятие?“

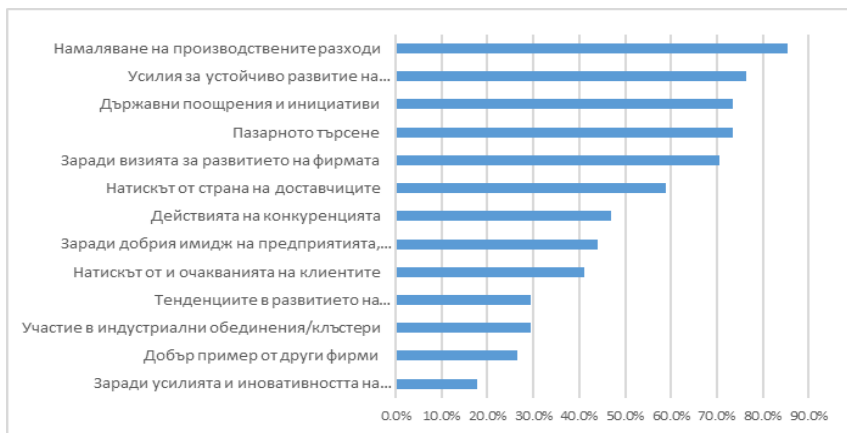
По отношение на автоматизацията и роботизацията по-общо следва специално да се посочи и друга, чисто „технологична“ страна на проблема – използването на 3D-принтиране и необходимостта от ново поколение сензори и датчици, които да бъдат монтирани и в полуфабрикатите, и крайното изделие с цел не само проследяване технологичните параметри на процеса и неговото качествено осъществяване, а и адекватно и навременно оперативно управление на производствената подсистема като цяло и динамично препла-

ниране на производствения график, като се взимат пред вид моментното на-
товарване на отделните машини, наличието на многовариантност за техноло-
гичните маршрути и непрекъснато възникващите промени при заявките на
клиентите и наличностите на производствен капацитет [11,12].

Решаването на тези проблеми е основен фактор за интегрирането на по-
точите информация с материалните потоци, генерирани от производствените
процеси с цел самостоятелното вземане на решения, обработвайки големи ба-
зи данни (Big Data), машинното самообучение (Machine Learning) и в крайна
сметка – формирането на т. нар. интелигентни предприятия (Smart Factories).

2.5. Основни мотивиращи фактори за внедряване на елементите на Индустрия 4.0 в производствената подсистема на МСП

Резултатите от това и много други проучвания показват, че е най-подхо-
дящо прилагането на принципите на Индустрия 4.0 първоначално в произ-
водствените подсистеми в индустриалните предприятия. Това заключение е в
пълно съответствие с основната идея зад Индустрия 4.0 и крайната ѝ цел, а
именно: създаването на интелигентни производствени системи. По този на-
чин се гарантират повишаването на производителността, по-доброто качество
и увеличаването на гъвкавостта, което дава възможност на производителите
да се справят с предизвикателствата пред производството на масови персона-
лизирани/къстамизирани продукти с кратък срок на доставка.



Фиг. 7. Мотивиращи фактори за внедряване на елементите на Индустрия 4.0

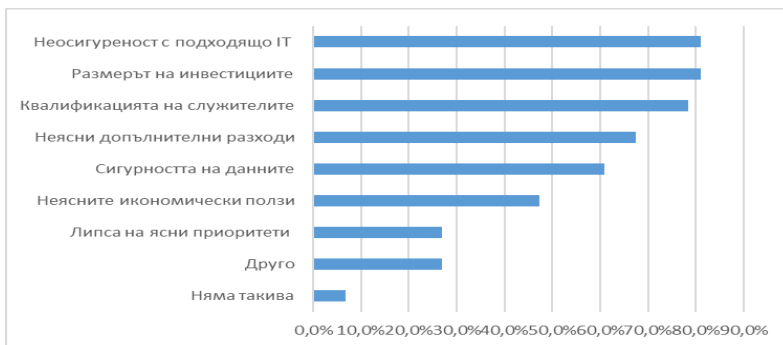
Както е видно от фиг. 7, основни мотивиращи фактори за внедряване на
Индустрия 4.0 са намаляването на производствените разходи (за 85.3% от ан-
кетираните) и устойчивото развитие на бизнеса (76.5%), следвани от изисква-
нията на пазарното търсене по отношение на къстамизацията на продукцията
(73.5%), визията за развитието на фирмата (71%), натиска от страна на дос-

тавчиците за оптимизиране веригите на доставките (59%) и евентуалните действия от страна на конкуренцията за внедряване на Индустрия 4.0 (47%).

Високо мотивиращ фактор са и поощренията и инициативите на държавно/правителствено равнище (73.5%). Добрият имидж на предприятията (най-вече европейски и световни), внедрили Индустрия 4.0, също е мотивиращ фактор за 44% от анкетираните, както и участието в индустриални обединения/кълъстери (около 30%).

2.6. Основни демотивиращи фактори и пречки за внедряване на Индустрия 4.0 в МСП

Фиг. 8 [10] обобщава представата на респондентите за предизвикателствата и препятствията пред тях: 81% процента от анкетираните смятат, че най-критичните бариери пред внедряването на Индустрия 4.0 в тяхната компания са осигуряването на адекватна ИТ-инфраструктура и на първоначалното финансиране.



Фиг. 8. Проблеми и пречки пред внедряването на Индустрия 4.0 [10]

Липсата на квалифицирани специалисти е друг проблем, който възпира над 78% от МСП, 27% от участниците заявяват, че са заети с други предизвикателства в своя бизнес и нямат скоросни планове за Индустрия 4.0, докато други 27% от тях са споменали и други пречки по линия на Индустрия 4.0, като например трудности при убеждаването на висшето ръководство. Липсата на яснота около основните елементи и концепцията на Индустрия 4.0 е посочена също от 27% от анкетираните.

3. Заключение

Настоящата публикация представя резултатите от проучване, проведено между 68 МСП от производствения сектор и сектора на услугите в района на София. Въпреки, че декларираните намерения на анкетираните са Индустрия 4.0 да бъде внедрена за модернизирани и трансформирани на МСП в бъдеще, анализът на показателите, характеризиращи отделните й компоненти най-ве-

че по отношение на производствената подсистема, показва, че в голяма степен има много да се направи по отношение на мотивацията при човешкия фактор и цифровизацията на осъществяваните производствени процеси – нови технологии: 3D-принтиране, цифровизация не само на машините и съоръженията (сензори и др. под.), а и на произвежданите крайни изделия и техните компоненти (чипове за проследяване и контрол и т. н.), с цел тяхното ефективно и ефикасно управление – по време и по място – на самите процеси и на производствената подсистема на предприятието като цяло.

Използвана литература:

1. Mourtzis, D., Challenges and future perspectives for the life cycle of manufacturing networks in the mass customization era. *Logistics Research*, 2016. 9(1): p. 2.
2. Baines, T.S., et al., The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2009. 20(5): p. 547-567.
3. Koleva, N. (2018), Industry 4.0's Opportunities and Challenges for Production Engineering and Management, *International Scientific Journal Innovations*, issue 1, pp. 17-18, ISSN 1314-8907;
4. Nikolov B., Possibilities and restrictions in forming and development of the innovative potential of the enterprises in Bulgaria, *International Scientific Journal Innovations*, Year VII, Issue 1 /2019, p. 6-8, ISSN 2603-3763.
5. Nikolov B., Upravljenie na nadezhdnostta i tekhnogenniya risk v proizvodstvenite i operatsionnite sistemi, *IK „King“*, 2016, ISSN 978-954-9518-87-0
6. Lasi, H., et al., Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 2014. 6(4): p. 239-242.
7. Sniderman, B., M. Mahto, and M.J. Cotteleer, *Industry 4.0 and manufacturing ecosystems: Exploring the world of connected enterprises*. Deloitte Consulting, 2016.
8. Koleva, N., Metodika za izsledvane stepenta na razvitie na digitalizatsiyata na proizvodstvoto v bulgarskite industrialni predpriyatiya, uchastie v 16-ta mezhduнародna nauchna konferentsiya „Menidzhmünt i inzhenering‘18“, p. 707-713, Sozopol, 2018, ISSN 1310-3946;
9. Koleva, N. (2019), Conceptual Framework to Study the Role of Human Factor in Digital Manufacturing Environment, *International Scientific Journal Industry 4.0*, issue 2, pp. 82-84, ISSN (Print) 2534-8582, ISSN (Web) 2534-997X;
10. Koleva, N. & Peneva, G., Empirichno izsledvane na gotovnostta na bulgarskite MSP za vnedryavane na Industriya 4.0, XI International Scientific Conference “E-Governance & E-Communications”, ISSN 2534-8523, 2019.
11. Guergov, S. A review and analysis of the historical development of machine tools into complex intelligent mechatronic systems, *Journal of Machine Engineering*, ISSN 1895-7595, 2018, Vol. 18, No. 1, 107-119 (in Scopus)
12. Guergov, S. Information System for Data Selection and New Information Acquisition for Reconfigurable Multifunctional Machine Tools. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, International Science Index 9, *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 1(9), 2007, ISNI:000000091950263, p. 509 – 514.