



ПОДХОД ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕНА МАШИНА (ХИБРИД) ЗА РАБОТА В УСЛОВИЯТА НА „ИНДУСТРИИ 4.0“

Константин Чукалов

Резюме: Изискванията за индивидуализирани индустриални продукти и услуги, заедно с необходимостта от по-ефективно използване на ресурсите, гъвкавост и скорост на производствените процеси значително увеличават сложността на съвременните производствени системи, което характеризира и четвъртата индустриална революция ЧИР (Индустрии 4.0). В настоящия доклад се изследват зависимостите между техническите и информационни показатели на производствена машина (хибрид) и се предлага подход за тяхното усъвършенстване.

Ключови думи: автоматизация, Индустрии 4.0

1.Подход на привеждането на машиностроителните производствени системи към изискванията на ЧИР.

Основната изследователска теза в този доклад, която е разработена в дисертационен труд на автора е свързана с предлагане и апробиране на подход на привеждането на конвенционални производствени системи към изискванията на ЧИР .

Избор на машина(хибрид) и подход за реорганизация

За производствена машина (хибрид) за работа за екперимента и провеждане към „Индустрии 4.0“ бе избрана машина, която е от стругово-фрезова група (хибрид) HARRIS L33 с ЦПУ. Тя бе оборудвана с елементи на киберфизичната система, фиг.1.



	Model	L33
maximum diameter of processing over body	mm	330
maximum processed diameter over slide	mm	190
distance between centers	mm	630
end of the spindle type		D1-4
CAMLOCK		
cone of the hole of the spindle		MK5
bore in the spindle	mm	38
RPM spindle	rpm	Low 80-1200 Higher 250-300
move to axis X	mm	165
Move to axis Z	mm	600
quick moving to axis X	mm/min	3000
quick Moving to axis Z	Mm/min	2000
Accuracy of positioning	mm	0.025

Фиг.1 Вид и модел на машината.

Определяне на елементи и показателите за наблюдение.

Изборът на сензори в киберфизични системи е от особено значение за функционирането на системата. Сензорите са връзката за осъществяване на



сливането на физическия и виртуалния свят и за това към тях се поставят допълнителни изисквания:

- да измерват показатели, които са технологично важни. Целта е да се изберат механични, електрически или др. вид показатели, които имат най-голямо значение за функционирането на системата и които най-често дават отклонение;
- да имат възможност за монтаж. При което се анализират габаритните размери на сензорите, техният обхват и дали могат да бъдат практически инсталирани, за да могат да отразяват информация и да се гарантира сигурност на системата;
- възможност за пряка връзка, за да се поддържа обмен на информация в реално време [1,4,5].

На базата на аналитичното изследване са избрани за наблюдение четири показателя, като се установи, че те имат най-голям дял за стабилността на производствено-техническата система на избраната машина, а именно: трептения, сили на рязане, топлинни въздействия и шум [2].

Тези показатели имат най-силно влияние и върху първоначално зададените конструктивни параметри за производителност и надеждност на машината.

Изследван първи показател - трептения

Една от най-често проследяваните величини в технологичния процес са механичните трептения. Диагностиката на машините се извършва, чрез регистрация и анализ на комплекс параметри, които най-пълно отразяват техническото състояние на конкретния тип машина. В най-общия случай това са температура, налягане и степен на сгъстяване, съпротивление, мощност, скорост, шум и вибрации, сила и напрежение на тока и др. Тъй като повечето от тези параметри са взаимосвързани, необходимо е техният анализ също да се извършва съвместно. Общите изисквания за наблюдение и анализ на събраните данни, методите за контрол, критериите и границите на зоните на състоянието на системите и други важни фактори са описани в стандарта ISO 17359:2003 “Мониторинг на състоянието и диагностика на машините”.

Избор за инструмент за измерване

За измерването е избран портативен регистратор на вибрации (тип акселометър), който има следните предимства: записва 3-осни вибрации, измерва статични и динамични вибрации, е с малки габарити, лесно се монтира (стойка за неподвижно закрепване), осигурява информация в реално време, функционира при различни режими на работа и има универсална употреба.

Бяха направени измервания, като сензорът е настроен да регистрира 50 замервания (максимума на сензора) през 5 секунди.

Измерване на вибрация на първи детайл-планка

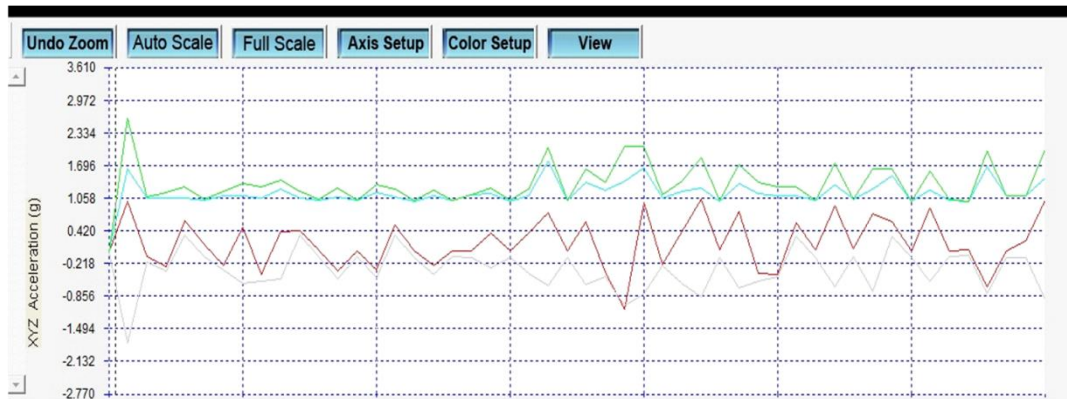
При спазване на изискванията на стандарта са направени минимум 10 изпитвания на детайл, като са измерени са пикове на вибрациите в mm/s^2 по трите оси, показани на (фиг.3) и с графично изображение (фиг.4).



X Max	1.03 @ 06/04/17 18:02:35	Min	-1.11 @ 06/04/17 18:02:31
Y Max	0.34 @ 06/04/17 18:02:08	Min	-1.77 @ 06/04/17 18:02:05
Z Max	1.77 @ 06/04/17 18:02:27	Min	0.00 @ 06/04/17 18:02:04

Фиг. 2. Пикове на измерените вибрации по трите оси

мм/с²



Бр. измервания

Фиг. 3. Графично изображение на измерени вибрации на детайл планка, (ос X-зелена крива, ос Y-червена, ос Z-синя)

Анализ на данните.

Отчитането на стойностите на вибрациите е в класификационния номер на вибрациите A/B, според стандарта ISO 17359:2003.

Изследван е втори показател – сили на рязане.

При струговане действат сили на рязане, както върху режещия инструмент, така и върху детайла. Те също могат да доведат до намаляване качеството на обработка с повреждане на инструмента и детайла. Необходимо е тяхното измерване в реално време с инструмент за измерване, като основните предимства са точно измерване на стойностите в реално време.

Изследван е трети показател – топлинни въздействия.

В процеса на работа се генерира и топлина, която оказва влияние върху износването и трайността на режещия инструмент и това се отразява върху качеството и производителността. Инструментът поема част от топлината на стружката, като при високи обороти температурата на рязане може да достигне до 1000⁰, а загреят инструмент се удължава и бързо се износва. Измерването на температурата на режещия инструмент е трудно, заради сложността на разполагане на измервателния инструмент. В практиката са се наложили косвени и директни методи, като най-често използваният метод е с термо двойки, заложени в ножа, но те измерват температурата на инструмента в зона, отдалечена от зоната на рязане. При това положение те не могат да изпълнят изискванията за ЧИР като децентрализация, гъвкавост и информация в реално време.



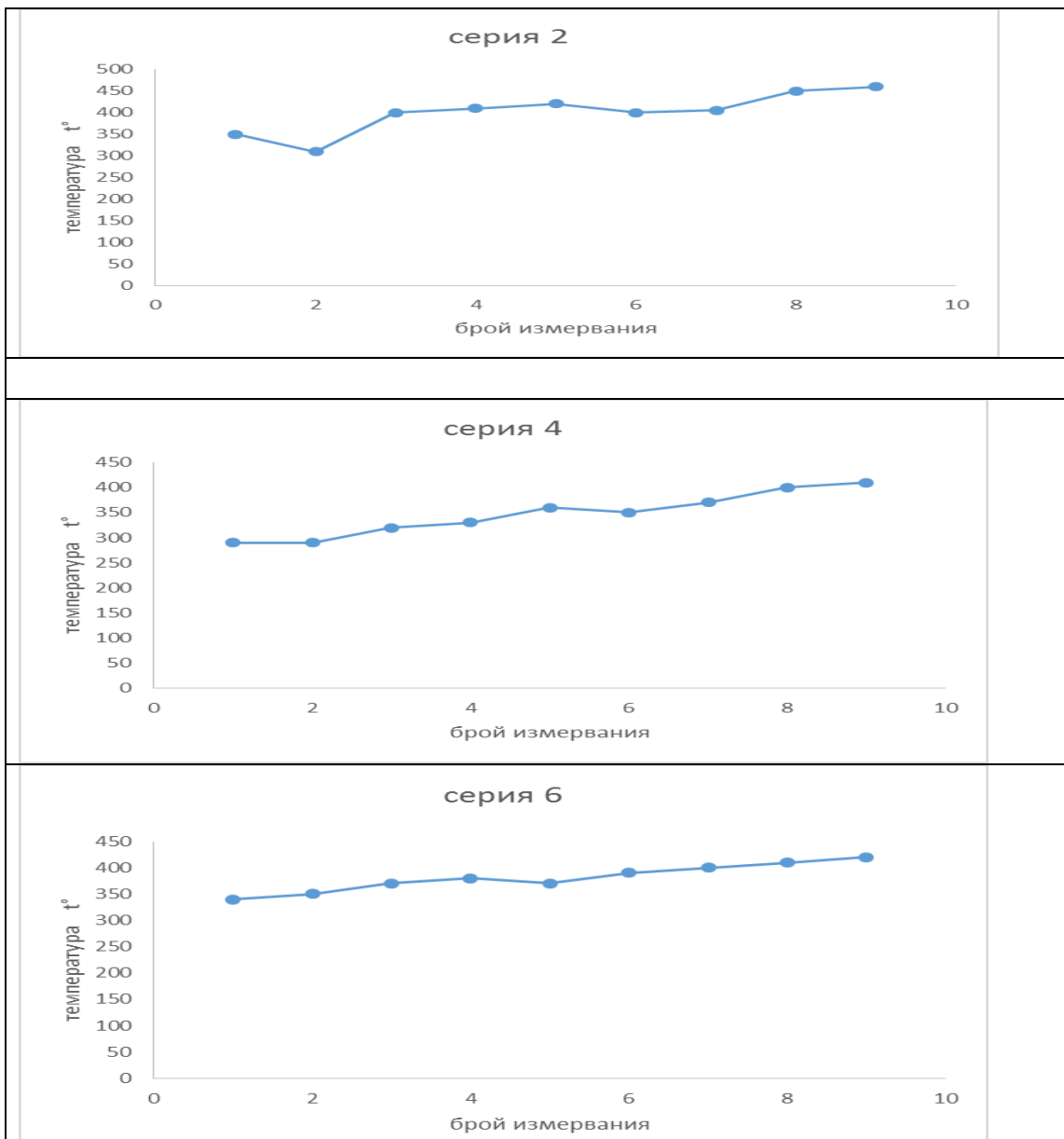
Избор на температурен инструмент .

Най подходящия избор е температурен сензор , като най-технологичният вид сензор е оптичният (с инфрачервени топлинни лъчи), чийто предимства са :

- безконтактен и може да се бъде разположен далеч от зоната на рязане. По този начин няма как да бъде засегнат от стружкоотделянето, охладителната течност, удар или др.;
- прецизно измерване на температурата, както на инструмента, така и на стружката;
- малки размери и може да бъде лесно монтиран
- осигуряване на информация в реално време.

Сензорът е монтиран на страничния капак на обработващия център.

Измерванията са направени през интервал от 10 минути, фиг. 4.



Фиг. 4 Измервания на серия на температура



При модел на саморегулиране на тези стойности ще се намалят технологичните настройки или ще се смени инструмента (металорежещата машина е с магазин до 20 инструмента).

Изследван четвърти показател-шум

Шумът е основен показател за безопасността на работа и сигурността на производствените системи. Според изискванията на стандарт БДС 11655:1989 „Металорежещи машини. Шумови характеристики. Методи за измерване“ за изследване на шумовите характеристики при металорежещи машини за пробивни машини се избира свредло в зависимост от мощността на главното задвижване. В таблица 1. са дадени стойностите за шумови характеристики на машините, съгласно цитирания стандарт.

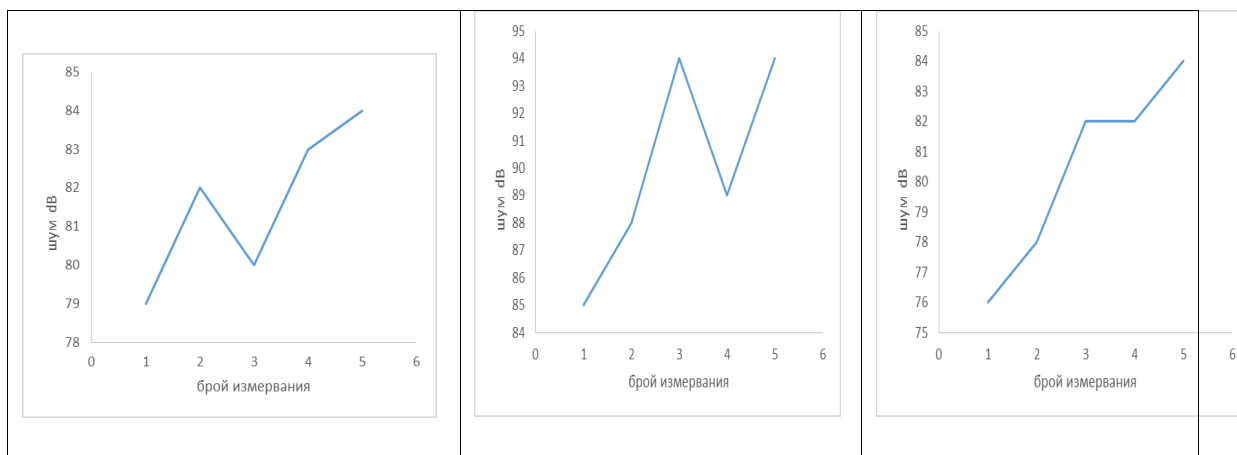
Таблица 1

Шумови характеристики, съгласно БДС 11655:1989

Мощност на главното задвижване kW		D _{св} mm
	До 2	10
Над 2"	4	15
" 4"	8	20
" 8"	16	25
"16"	32	25
"32"		30

За шумова диагностика за металорежеща машина с мощност 13 kW се използва свредло с диаметър до 25 мм. За пробиването е избрано свредло с диаметър 8 мм и с диаметър 14мм. Шумомерът е поставен на разстояние от металорежещата машина 1 м от корпуса .

Според изискванията на стандарт БДС 11655-89 „Металорежещи машини. Шумови характеристики. Методи за измерване“ са направени пет измервания последователно, фиг.5.



Фиг. 5 Резултати от измервания за шум

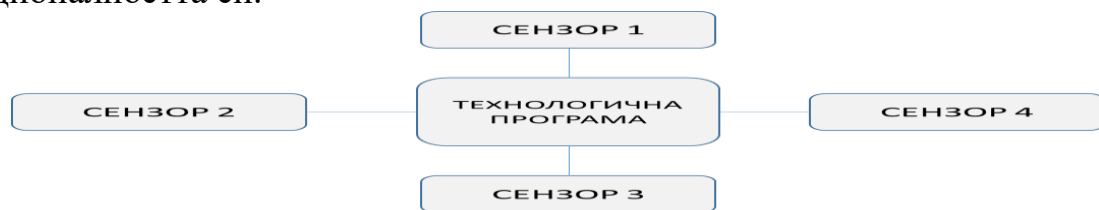


Резултатите показаха по-ниски стойности от минимално зададените стойности в стандарта БДС 11655:1989.

Връзка между сензорите

Сигналите на сензорите ще бъдат преобразувани чрез невронни мрежи (преобразуватели на сигнал) на основата на модел извършващ оптимизация в реално време и предаващ информация на програмата за планиране на контрол и управление на машината.

На базата на техните резултати, предварително зададената програма за обработка ще се саморегулира и ще променя технологичните параметри в реално време, фиг.6. Избраните сензори реагират пряко върху технологичната система, но е възможно и да работят на групи в зависимост от функционалността си.



Фиг. 6. Връзка между сензорите

Присъединителни модели.

Присъединителните модели са софтуерните приложения, които осигуряват оперативната съвместимост на системата, като изискване на ЧИР. Те осигуряват информационната среда или присъединителните модели осъществяват комуникацията машина-машина и машина-човек.

Функционалност на системата

За проверката на функционалността на системата бе направен анализ на технико-информационните връзки на създадения хибрид, като бе използван симулационен софтуер за да се изследва, как ще се саморегулира системата. За апробиране бе предложено конвертиране на технологичната програма със софтуерен пакет CNC СИМУЛАТОР ПРО (версия 2.0). Направените измервания в три кибер- физични системи, само едната отчете високи стойности и се саморегулира, а другите не. С това се доказва, че автоматизираните машини имат нужда от саморегулиране и гъвкавост (основни принципи на ЧИР), а в същото време и възможност за влизане в аварийен режим.

4. Изводи

- Въвеждането на принципите на “Индустрии 4.0” в производството изисква създаването на условия за нейното нормално функциониране. Това означава че вертикалното и хоризонталното сътрудничество между машина и интернет, машина и човек и машина и машина по веригата на стойността, в реално време, представлява основата на киберфизичната производствена система.

- Направените измервания в три кибер- физични системи, само едната отчете високи стойности и се саморегулира, а другите не;



•С това се доказва, че автоматизираните машини имат нужда от саморегулиране и гъвкавост (основни принципи на ЧИР), а в същото време и възможност за влизане в аварийен режим.

Литература:

1. Bauernhansl, Th.(2014). Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien und Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014
2. Damianov, D., K.Chukalov, (2016) Structural reorganization in the informational - technical system of a production machine (hybrid) for operating in the Industry 4.0, International Scientific Conference, “INDUSTRY 4.0”, Proceeding XXIV, Volume 27/213, ISSN 1310-3946, P.42-46
3. Kagermann, H.,W. Wolfgang, and J. Helbi. (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0.(Online]. Available: www.plattform-i40.de/finalreport
4. Nikolova, I. (2016) Upravlenie na kachestvoto, King, 2016, ISBN 978-954-9518-60-3
5. Roth, A. (2016) Einfuehrung und Umsetzung von Industrie 4.0, Springer Gabler

**APPROACH AND APPLICATION OF
THE MACHINE (HYBRID) IN THE CONDITIONS OF
T OF THE FOURTH TECHNICAL REVOLUTION (INDUSRTY 4.0)**

Chukalov, K.

***Abstract:** Increasing competition requires drastically reducing the time and cost of production of industrial products. The growing demand even individualized industrial products and services, together with requirements for more efficient use of resources, flexibility and speed of production processes significantly increase the complexity of modern production systems. This article was made systematization of the principles of the fourth technological revolution and proposed approach for their implementation.*

Данни за автора:

Константин Чукалов, докторант инж., катедра „ТМММ“ при МТФ, Технически университет-София, Р. България, София 1000, бул. „Св.Климент Охридски“ 8, e-mail: konstantin_chukalov@tu-sofia.bg