

Abstracts of Dissertations

**Institute of Information and
Communication Technologies**

**BULGARIAN ACADEMY OF
SCIENCES**



6 / 2022



**INNOVATIVE
TECHNOLOGIES FOR
INCREASING THE
EFFICIENCY IN THE
PRODUCTION OF TUBULAR
FURNITURE**

Petar Panev

**ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ
ЗА ПОВИШАВАНЕ
ЕФЕКТИВНОСТТА ПРИ
ПРОИЗВОДСТВО НА
ТРЪБНА МЕБЕЛ**

Петър Панев

Автореферати на дисертации

**Институт по информационни и
комуникационни технологии**

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Поредицата „Автореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

Редактори

Геннадий Агре

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Райна Георгиева

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Даниела Борисова

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите

The series Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.

Editors

Gennady Agre

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Rayna Georgieva

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Daniela Borissova

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract of PhD Thesis

TECHNOLOGIES FOR INCREASING THE EFFICIENCY IN THE PRODUCTION OF TUBULAR FURNITURE

Petar Pavlov Panev

Supervisor: Prof. Dimitar Karastoyanov

Approved by Supervising Committee:

Prof. Lyubomir Dimitrov
Prof. Pancho Tomov
Prof. Stancho Petkov
Prof. Vladimir Monov
Assoc. Prof. Naiden Shivarov



**INSTITUTE OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

**Department of Distributive Information and Control
Systems**

Introduction

The design of automatic computerized machines and the use of innovative technologies - controllers, power supplies and optimized software increases the reliability and productivity of operations in the production of components and products from pipes: preparation of heel and foot cup parts for table, welding, painting and packaging of the finished tubular product - table leg. The design and construction of innovative machines and lines complies with the standard for geometric requirements for the product ISO / TC 213, as well as the requirements for operational safety.

An overview, analysis and systematization of the factory for the production of tubular furniture and components has been made; a careful and thorough analysis of existing packaging and automatic machines and lines has been made. It is necessary to pay attention to the problems arising from the use of packaging materials. Marketing research of the various components of packaging has a good influence on the innovative technologies used, as well as the discrete processes and operations in packaging.

Existing methods and means for the production of elements for tubular furniture are presented: stamping of details and their design, welding and packaging of the entire product. The degree of suitability for automation friendliness and installation suitability was studied. Actual and desired performance and clocks are calculated. Different structural and layout options for packaging of finished products are presented.

Methodologies and approaches have been developed to design innovative machines that increase the productivity of tubular furniture - IAAM for welding a cup with a bolt, IAAM for laser welding of a pipe to a cup / bolt, AML for packaging all components for a table leg "Adils" and programmed the AM for automatic gluing of cardboard tape. Based on the compiled methodologies, the desired productivity of the AM is calculated; AM are designed according to the requirements for geometric accuracy, the normative requirements for safety of equipment in case of mechanical hazards and the software program for drawing Solid Works; all safety conditions for operation are met; equipment has been selected to design automated palletizing of table legs.

The results achieved after the construction of the automatic machines for cup- bolt welding, laser welding of tube to cup / bolt and packaging of all Adils table leg components are presented. The desired and actual productivity of the AM and the stroke of the production process are calculated.

The future projects for the development of a factory for the production of tubular furniture and components are presented.

Aim and tasks of the thesis

The dissertation deals with problems related to the production of tubular furniture and components, namely punching, welding and packaging. The aim of this paper is to study the progress and to initiate the introduction of new technologies to increase the efficiency and

productivity of tubular furniture through modern research methods and innovative production tools.

Taking into account the performed analysis and the set goal, the following tasks are formulated:

1. After a detailed review to analyze the various methods and means of punching, welding and packaging of tubular furniture and components.
2. To study existing methods and means for the production of tubular furniture.
3. To design automatic machines to increase the productivity and quality of tubular furniture products.
4. Based on the projects, to design automatic machines to increase the productivity of automatic table leg machines.
5. To propose approaches and methodologies to increase the efficiency and productivity of automatic table leg machines.
6. To conduct experiments and simulations of various methods for design and construction in industrial environments.
7. The obtained results to be analyzed and tested.

Chapter 1

OVERVIEW, ANALYSIS AND SYSTEMATIZATION OF PROBLEMS AND SOLUTIONS IN THE PRODUCTION OF TUBULAR FURNITURE

1.1. Development over time of a factory for the production of tubular furniture and components (FPTFC)

In 1998 a "Factory for the production of tubular furniture and components" was established in the town of Lovech. Discussions and negotiations for the opening of contractual relations for the joint work with the company IKEA International Group of Sweden AB begin. They were realized immediately in the following year 1999.

The main activity of FPTFC is the production of furniture and components for the furniture industry, packaged and disassembled, compact for transport to different countries with its own stores of IKEA logistics. Metal products for furniture construction are ready for use by customers.

For the needs and development of the company (FPTFC) in 2002 a plant for the production of veneer and wooden spindles was established, and in 2010 a project was launched for the construction of a subsidiary factory for the production of pipes and profiles (FPPP).

1.4. Manufactured products in ZPTMK

1.4.1. When starting the factory

With the establishment of the factory began the production of beds with click-click mechanisms, with locking mechanism, bunk beds, camp bed and table legs. All mechanisms that are implemented in the beds are manufactured in the factory. The design and drawings for the production of all products manufactured in FPTFC are prepared by the designers of IKEA and provided to the designers of the plant for the manufacture and purchase of machinery for their production. Most of the products that are produced are made entirely of purchased raw materials and elements supplied by subcontractors of IKEA. The whole production is manual, but with the mastery of discrete technological processes and operations - basic and auxiliary, and so the young designers and technologists begin the first steps for their mechanization and automation.

1.4.2. Existing products

Over the years, some of the manufactured products have been discontinued, while others have improved dimensions, stability and automation of the technological process or completely newly created. Some of the biggest changes are Curry and Vika Kaj's legs. In addition to size and durability, they also change their names to Adils and Olov.

1.4.3. Production volume

1.4.3.1. Manufactured beds from 2000-2017

The total volume of manufactured beds is 7.8 million. until 31.12.2017. Over the years, one of the longest produced beds and with the largest volume is the product Beddinge with 5.4 million for the period.

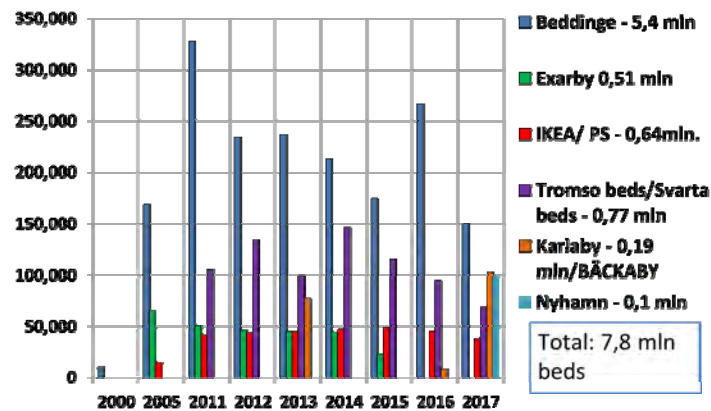


Fig. 1.21 Schedule of manufactured beds in the period 2000-2017

1.4.3.2. Manufactured legs 1999 ÷ 2017

The total volume of legs produced is 81.8 million. to 31.12.2017. From the data in fig. 1.22 It is clear that the longest and largest volume of production of Curry / Adils round legs is 71.5 million. This accounts for 87.4% of the total number of legs produced.

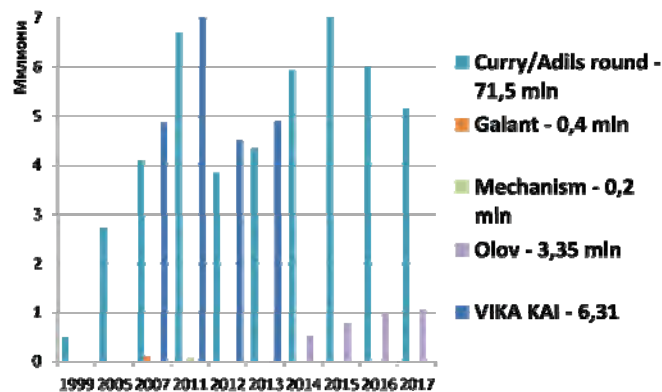


Fig. 1.22 Schedule of manufactured legs in the period 2000-2017.

1.5. Overview and analysis of types of packaging materials

In modern industrialized countries, much attention is paid to the commercial appearance of different types of packaging material. The consumer pays great attention to the attractive appearance of the packaging itself.

The following materials are used for decisive improvement of the packaging in our country: cardboard packaging; plastic packaging; packaging of metal; glass packaging; wood packaging, mixed, etc. [16, 17, 18, 19].

1.6. Ecology

➤ Innovative ideas

IKEA's idea is to create products that are made of natural materials - such as bamboo and natural cotton, as well as the packaging itself. It relies on materials that can be recycled

and produced with the least amount of carbon emissions, so as not to pollute nature. Also, due to the reduced resources of the planet, it is time to start using them wisely, says Anna Granat, IKEA product development specialist [6].

➤ Recycling

At the heart of IKEA's philosophy is to limit and waste, as well as use a minimum of resources to achieve the maximum. In order to achieve this goal - saving resources, small steps are needed every day.

1.7. Conclusion

A detailed review and analysis of a factory for the production of tubular furniture from its launch in 1998 to the present day has been done. The types of products that are produced and the technological equipment available at the factory are presented.

An overview and analysis of the types of film and corrugated packaging, the types of adhesive tape and the types of welding machines have been made. It relies on materials that can be recycled and produced with the least amount of carbon emissions, which will help reduce pollution. All analyzes are consistent with the imposition of innovative products that will be produced. A choice has been made for the application of innovative technologies, which will achieve high quality, reduce material costs, reduce operations and increase quality.

The following were selected as the most suitable materials:

1. The most suitable film is heat-shrinkable at high temperature - PE-HD. The chosen type of foil is polyolefin, which was chosen because of its qualities such as: low weight, low cost and flexibility.

2. Kraft paper, which is made from soft wood, is used for wrapping furniture legs. It was chosen because these fibers are not recycled fibers, this type of paper is more durable and more suitable for printing, which must be applied to the packaging. Profile E with a wavelength of 1.5 mm is the most suitable, due to its easier automation and folding by the machine on the runner.

3. For the needs of packaging and sealing of packages, both types of adhesive tape are used, depending on the ambient temperature. Solvent tape is used at higher temperatures, and Hotmelt tape is used during the colder months. This method of selection is more cost-effective for production. Both types of adhesive tape are preferred due to the lack of the unpleasant odor characteristic of acrylic tapes. Solvent tape is better for gluing on difficult surfaces and for more responsible applications.

4. The most suitable types of welding are MIG / MAG welding and laser welding, which is most suitable for process automation.

Chapter 2

EXISTING METHODS AND MEANS OF MANUFACTURING COMPONENTS FOR TUBULAR FURNITURE

Due to the high production volumes of table legs discussed in Chapter 1 and the smaller number of components in the finished product (giving a better opportunity for automation) compared to folding beds, we will focus on them in order to track the processes of its production and their productivity and assessing the possibility of increasing the productivity of the feet with innovative methods and tools.

2.1. Curry leg production, 1999

2.1.2. Technological process

2.1.2.1. Cutting the pipes

The cutting of a pipe $\phi 50 \times 1$ mm is done manually on a band saw with automatic feeding of size 686 mm. 15 pieces of bundle pipes are fed at the same time - 3 rows of 5 pieces. After cutting, the resulting cuttings are sanded with wire brushes

The heel and the cup are punched on a RASKIN RT 85 punching machine. The sheets are first divided into two parts by hydraulic guillotine cutting of 500x2000 mm and 625x2000 mm. This operation is performed in order to lighten the sheet, due to its manual loading by the operators in the punching machine. Simultaneously with the punching of the cups, a central hole with a diameter $\phi 8,2$ mm is drilled, and on the heels a central hole $\Phi 6,5$ mm and 5 pieces $\Phi 5,5$ mm for mounting the winches to the table top. The heels require additional operation - drawing the central hole and threading with hole M8 on a drilling table machine PN 161. Punched on average 2500-3000 pieces per day.

The finished punched parts go through a dry drum operation. It cleans the eyelashes obtained by cutting the details.

2.1.2.3. Welding of details

A. Cup with bolt

The cup is welded with a bolt on an instrument. They are placed in a row of 20 pieces. cups on copper mandrels with a hole in which a bolt M8x20 mm is placed. The bolts are pressed with sharp copper pins for better electrical conductivity and are welded manually with a MAG electric arc welding device with CO₂ in two places.

B. Cup / bolt with pipe

Welding a pipe to a cup / bolt is done by arranging the finished pressed pipes with cups in a basket with the bolts facing up. They are welded manually with an electric arc MAG device with CO₂ in four places at 45° on each leg.

2.1.2.4. Painting

Before painting the prepared details, they must go through degreasing. Finished welded pipes are hung on racks, which are immersed in a bath with degreasing solution. Punched heels are also degreased by placing them in a basket with holes through which to

drain the liquid. Due to the presence of residual dirt, the parts are wiped with a rag until completely cleaned and removed from the stands.

The cabin, the conveyor and the baking chamber for painting are designed and constructed by a team of the company. The prepared details are hung on stands on a step conveyor. After loading all the stands, the 5 m long painting booth is moved to the attached parts and the powder painting process begins, with the help of an operator with a hand gun. The already painted details are moved to the firing chamber, where the time and temperature are determined by the parameters of the powder paint. On average, the cycle lasts for about 20 minutes at a temperature of 190 ° C. With the help of robots, the finished parts are removed from the stands and transported to the next packing operation.

2.1.2.5. Packing

The Curry leg was packed in a 5-layer corrugated packaging. The delivered packaging is in the form of an unfolded treadmill, which is folded during packaging and transformed into a carton. At the top of the box, 4 legs are placed next to each other, separated by a folded sheet of paper so as not to scratch each other [37]. At the bottom is folded cardboard, in which are placed 4 pieces of heels, packed in a PE bag with a density of 40 µm, instructions, packed 20 screws and 4 plugs. After placing all the elements necessary for their installation on a table top, the corrugated cardboard is folded by two workers. To seal the box, a 50 mm wide corrugated tape is glued on top in the middle. 1 m of duct tape is required for gluing. The package is individual only for these 4 pcs. legs, and when purchased from the store can not be separated. They are arranged on a wooden Euro pallet, provided by IKEA with a size of 800x1200 mm. 102 boxes / 408 legs are arranged on one pallet. The packing capacity is 2000 pieces / shift.

2.2.1. *Quantitative assessment of the suitability of the details for production automation*

2.2.1.1. Study of the degree of suitability of the details for automation friendliness and installation suitability.

Before proceeding to the creation and development of options for the design of automatic equipment, it is necessary to check the degree of suitability of the parts for automatic packaging production. "Automatically, their friendliness and installation suitability will be studied according to the methodology of the Department of ADP" [50].

In Fig. 2.7 and Fig. 2.8 are shown the details involved in the automated curry packing process.



Fig.2.7 Details involved in the packaging process

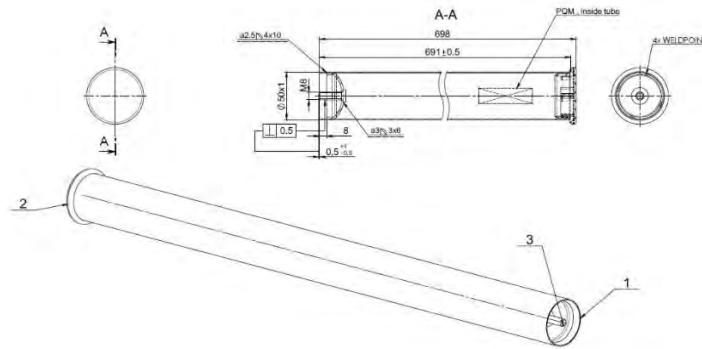


Fig. 2.8 Packing leg

When ready, complete self-packaging: heel, envelope with 5 pcs. screws and installation instructions (b4 = 52) and self-packing curry foot - pipe and plug (b7 = 52) the complexity category is K = 4 (fourth complexity category). Co-packaging automation is not appropriate: due to the complexity of automatic packaging, due to the complexity of automatic feeding, the parts are packed together manually.

If joint automatic packaging is used, the average total score of the first three parts will be Bcp1 = 35, and the category of complexity will still remain 4. It seems that the most favorable will be the separate power supply of all participating parts in automatic packaging, where the average total score is Bcp = 34 with complexity category K = 4.

2.3. Calculated Curry leg performance

From the marketing research conducted on international markets, the trend is to increase the production of curry leg. This forms a desired productivity of about Qgj = 7.5 million / year. On this basis, a technical and economic task is formed with a productivity of OAL Q = 1200 pcs / s. It is preferable to use productivity in the lower operating range in order to be able to have a margin to increase productivity due to increased demand for curry foot [53, 54, 55].

Given the complex economic situation on international markets, it is currently necessary to make calculations for a lower theoretical productivity (Q = 800 pcs / s). The competitive PAL, taken as a basis, has a lower theoretical tact, Table 2.3.

Table 2.3 Theoretical performance

произв. показатели	Дег	Ксм	прип	8x3600	Σφ	QГГи	QГРЧ	QГБР	ΣQГЖ	τ ^T =φ/QГЖ
бр/с	бр.	бр.		[s]	[s]	бр./год.	бр./год.	бр./год.	бр./год.	с/бр.
Q=800	1	1	0,7	8x3600	2520	800	80	1,6	881,6	2,86
Q=1200	1	1	0,7	8x3600	2520	1200	120	2,4	1322,4	1,9

The actual tact obtained for the automatic packaging machine were calculated at operating technological limiting times t_{p1} = 1.7 [s] and t_{p2} = 4.71 [s]. The actual tacts, broken down by month and year, are shown in Table 2.6.

Table 2.6. Actual performance

№ по ред	Време	При действителен такт $\tau^a=5,76[s/бр.]$	Работни смени			При действителен такт $\tau^a=2,76[s/бр.]$	Работни смени		
			1	2	3		1	2	3
			8h бр	16 h бр	24 h бр		8h бр	16 h бр	24 h бр
1	1 час	800 (437,5)	3 500	7 000	10 500	1200 (910)	7 304	14 608	21 912
2	1 седмица		17 500	35 000	52 500		58 432	73 040	109 560
3	1 месец		70 000	140 000	210 000		233 728	292 160	438 240
4	3 месеца		210 000	420 000	630 000		701 184	876 480	1 314 720
5	1 година		840 000	1 680 000	2 520 000		2 804 736	3 505 920	5 258 880

The obtained digital data, reflected in Table 2.6, do not satisfy the desired productivity provided in the feasibility study. Therefore, it is necessary to make experimental experiments - research on the time of adhesion of PVC packaging material. Obtained for $t_{pl} = 4.36$ [s].

New productivity calculations were made for the obtained t_{pl} and are presented in Table 2.7.

Table 2.7. Desired experimental performance.

№ по ред	Време	При действителен такт $\tau^a=5,41[s]$	Работни смени			При действителен такт $\tau^a=2,7[s/бр.]$	Работни смени		
			1	2	3		1	2	3
			8h / бр	16 h / бр	24 h / бр		8h / бр	16 h / бр	24 h / бр
1	1 час	~ 466	3 728	7 456	11 184	~ 933	7 464	14 928	22 392
2	1 седмица		18 640	37 280	55 920		37 320	74 640	111 960
3	1 месец		74 560	149 120	223 680		149 280	298 560	447 840
4	3 месеца		223 680	447 360	671 040		447 840	895 680	1 343 520
5	1 година		894 720	1 789 440	2 684 160		1 791 360	3 582 720	5 374 080

It will be appropriate to produce OAM for foiling the heel, screws and instructions and OAM for foiling the leg (tube and stopper). From the calculations made and the data obtained OAM fifth $t_{pl} = 5.41$ [s / piece] and AOM foot $t_{pl} = 2.7$ [s / piece]. With a desired productivity of 7,500,000 units / year. will be needed for foiling the heel 3 pcs. OAM, and for foiling a pipe 2 pcs. OAM. After mastering the production, you can think of a joint automatic foiling machine for the finished foot "Curry" - heel and tube together.

From the analysis of "automation friendliness" as well as installation suitability, it was found that automation for packaging is quite a difficult process. Therefore, competitive options must be developed in accordance with the conditions of the company.

2.2. Developed structural-layout variants

2.2.1. Structural layout of OAM

In Fig. 2.10 presents developed options for packaging the "Curry" leg and the components containing it.

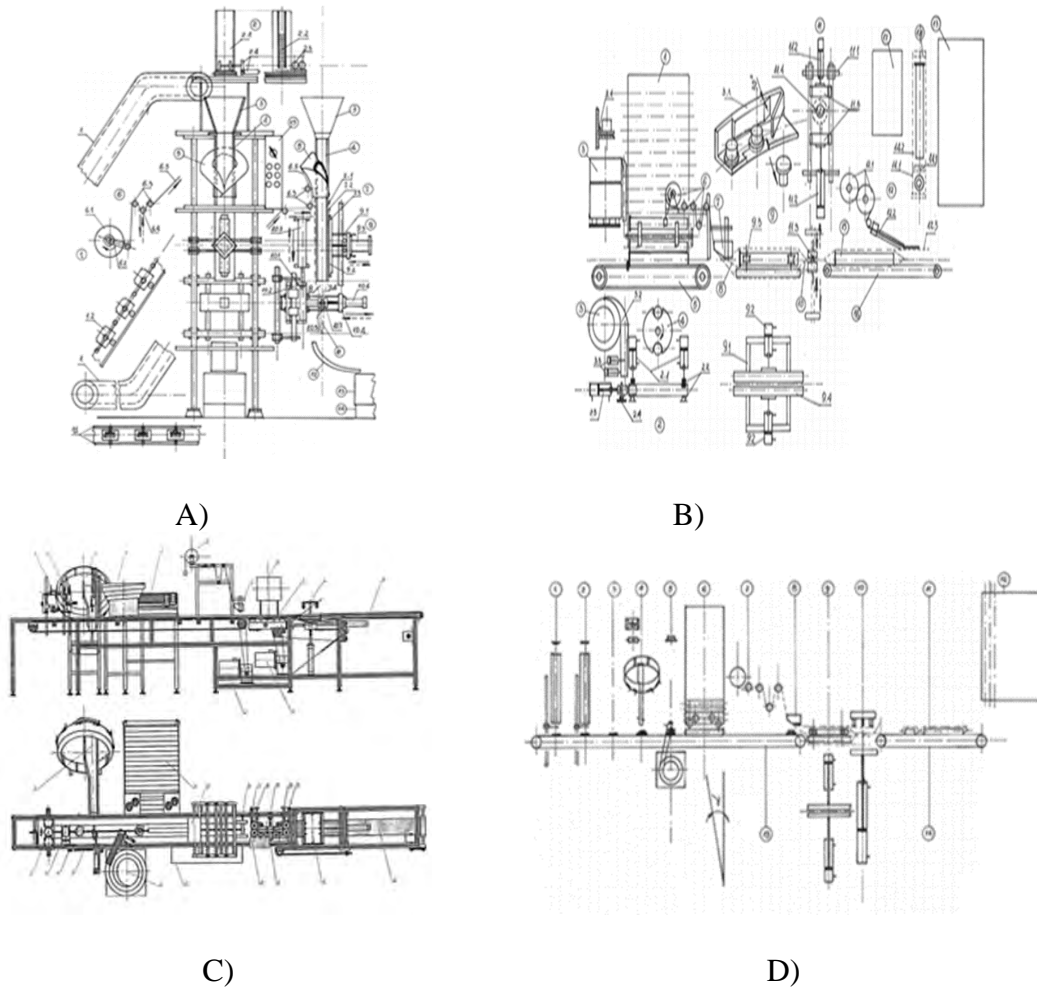


Fig. 2.10. Structural layout options

2.4.2. Criteria and factors for choosing an option

It is difficult to determine the criteria, factors and parameters by which the choice of option is made. In compiling the proposed structural and layout options, the company was guided by the solutions of low-cost automation and use of the available element base [60].

1. CAR:

From Table 2.8 it is obvious that OAM produced by the company "CAR" - Germany has no data. Some of the necessary data for obtaining all the above criteria, factors and parameters are not given by the company that operates the existing equipment.

2. Option 1 + 2:

It is obvious from the table that the actual clock from OAM - 1 and OAM - 2 is:

$$\tau_{\text{Д}} = 5.41 + 2.7 = 8.11 \text{ s.}$$

Therefore, three OAMs will be needed - 1. They will be serviced by three operators and two general workers. For the three pieces of OAM $3 + 2 = 5$ pieces are needed. staff. For the service of OAM 2 the number of operators is 2 and 1 total employee, the total service staff is 3. For the service of the five OAM service staff increases to 8 people, of which a total of 5 operators and 3 general employees.

Table 2.8 Choice of variant

№ по ред	Наименование	Дименсия	Варианти				
			Ф „КАР“ Германия	1	2	3	4
1	Qh – желано	бр/ч	1200	1200	1200	1200	1200
2	τ^T теоретичен такт	с/бр	3	2,86	1,91	1,91	-
3	Qh – теоретично	бр/ч	1200	881,6	1322,4	1322,4	1200
4	τ^D – действителен такт	с/бр	3	5,41	2,7	2,7	3
5	Qh – действителен	бр/ч	1200	~466	~933	~933	1200
5	P – потоци	бр	-	1	1	1	1
6	Участъци	бр	-	1	1	1	1
7	Работно натоварване	[ват]	6	6	6	6	6
8	Разход на състен въздух	l/min	-	1500	1500	2000	1800
9	Заета площ	m ²	-	6	8	12	12
10	Управление		siemens	siemens	siemens	siemens	siemens
11	Материал за опаковка			ФЛЕКСОСИЛ HDPE			
	–ширина		280	280	280	2.0	2.0
	–дебелина		0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
12	Работници	бр/см	2	2	4	2	2
13	НГЕ	%	-	14,45	13,45	18,20	25
14	Елементна база	%	-	100% внос			
15	Материали		-	Ал.профити- Вощ БР”Техника”			
16	Срок на откупуване	месец	-	8	8	8	8
17	Заводска цена 1бр.	лева	-	2,50	2,50	2,50	2,50
18	Цена на машината	лева	-	40 000	40 000	50 000	50000
19	Годишна програма	бр/год.	-	7 500 000			

After operation and measurements, it was found that the machine is not profitable and this necessitated the construction and manufacture of a new OAM, which will eliminate unwanted shortcomings, as well as gluing the two packages. This creates a lot of difficulties in the commercial network. Just as they are placed in the boxes by the manufacturer, so they are provided in the malls. The box is opened and the customer picks up the package. This disadvantage of the new AOM has already been avoided.

3. Option 3:

The designed new OAM with clock $\tau_d = 3$ [s]. It satisfies the actual productivity. At this productivity $Q_T = 7500000$ pcs / year is achieved. package legs, per week productivity is $Q = 150,000$ pcs / seat. The service staff is 4 people. OAM is configurable. The new package of curry legs has a factory price of BGN 2.50 and facilitates sales in the retail network.

4. Option 4:

The value of the new OAM is BGN 50,000, which will be paid in less than 8 months. Packing is done in a common package, which greatly facilitates the process.

Option 3 and 4 have the same parameters and are implemented in production.

2.5. Conclusion

After a detailed presentation of the existing methods and means for the production of table tops, including the supplied raw material, the technological process of preparation of details, welding of individual components and the method of packaging, the following conclusions were established:

- According to the methodology of the Department of ADP, experimental studies have been performed for automatic power supply, accompanied by automatic orientation and storage of the orientation product $K = 4$ (fourth category of complexity);
- From the performed calculations for productivity it is established $Q_h = 1200$ pcs / h;
- Competitive options for automatic packaging and installation have been developed, ensuring the necessary technical and economic efficiency;
- An analysis of the criteria, factors and parameters by which the most competitive option is selected;
- From the calculations made regarding the theoretical and actual clock, it was found that options 1 and 2 do not achieve the desired performance results and increase the cost of energy, compressed air, etc. Options 3 and 4 meet the required performance and the packaging is more compact - from 2 packages are packed in 1.

In conclusion, the market wants new products, new packaging, saving materials, energy and time. Therefore, a new market research and customer requirements have been launched, which will soon lead to the design of a new OAM to grow into an AL with a capacity of $Q_h = 1200$ pcs / h.

Chapter 3

INNOVATIVE APPROACHES AND METHODS TO INCREASE THE EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY OF AUTOMATIC MACHINES AND LEGS FOR LASSES

3.1. Requirements for new product design

After a detailed review and analysis of the existing process for the production and packaging of table legs, it was found that much of the technological process is done manually or semi-automatically, which makes it difficult to achieve the high productivity required by the IKEA market.

In addition, over time, some products are discontinued, others start production, and still others change the specifications of the size parameters of their constituent components or establish new packaging requirements (Chapter 1). This is also the case with the foot product in question in Chapter 2 - Curry Leg.

The joint talks between IKEA and the company after the global marketing stopped the change of the package sizes and the reduction of the sizes [60, 61].

The technical realization of this product is complete - both in overall dimensions and in the type of packaging and occurs in the following sequence: the new table leg is now renamed "Adils" and with a pipe diameter of 40x0.85 mm and length becomes L- 686 mm. The requirement of the packaging designers is the following: each heel of the foot must be wrapped with corrugated cardboard, in which are also positioned the 5 screws, packed in an envelope and the installation instructions, which are -75x105 mm; in the specially obtained socket the pipe is positioned with the cup / bolt already welded to it and the stuffed plug; the already obtained set of all elements of the product is foiled with heat-shrinkable foil; it is labeled and arranged in a box.

For the design and construction of automatic machines and lines for complete production of Adils foot, it is necessary to create several methodologies and approaches in relation to parts made of metal and parts that are purchased (microcorrugated cardboard, shrink film, sliding plugs, screws, paper instructions, etc.) to force the manufacturers of these parts to be fitted. to be followed to build a competitive, efficient and highly productive technique. To this end, the steps below describe how to create an automatic machine to increase their quality of connection and packaging.

3.2. Methodology for automatic punching of the heel and cup

3.3. Study of the structure and methods in the design process

3.4. Innovative approach to machine design through Solid Works software

3.5. Approach to the preparation of technical documentation with accurate drawing

3.6. Approach to ensuring occupational safety

3.6.1. Ensuring safe and healthy working conditions for staff

3.6.2. Securing equipment in case of mechanical hazards

3.7. Methodology for the technological process of packaging

3.8. Methodology for achieving high productivity in packaging

3.9. Methodology for mechatronic increase of packaging productivity

3.10. Conclusion

Chapter 3 presents the requirements for a new design of the analyzed product - legs for table tops according to the requirements of IKEA. Methods and approaches for automatic preparation of components for the final product are presented:

- methodologies and approaches for innovative design, sizing and ensuring safe working conditions, both for staff and for safety of equipment;
- methodologies for technological process of packaging and ensuring high productivity; methodology for mechatronic increase of productivity in packaging.

The methods and approaches used help to design innovative automatic equipment, ensuring high quality and high productivity.

Chapter 4

SYSTEM APPROACH IN DESIGN AND CONSTRUCTION OF INNOVATIVE AUTOMATIC MACHINES AND LINES

4.1. Emerging changes in the industrial world

The digitalization of industrial production is changing the industrial world at a very rapid pace.

Solutions are being sought to achieve possible optimal performance. Ensuring the reliability of production processes with the use and application of new innovative, fundamentally new technologies, new materials, automation and robotics of modern industrial elements and components, techniques applied in solving problems in industry.

4.2. Desired changes in the production of tubular furniture

The new realities regarding the final cycle of product production are related to the automation of continuous and discrete processes and management in the considered industries. The main problem to be considered is the time factor, the importance of which in the business world is increasingly accompanied by the other factor investment decisions.

This determines whether the automation will be complete or gradual. The other number of changes in the dynamic development of the industry are intelligent information technologies, industrial internet, intelligent machine-building materials and technologies, etc. are related to the development of "Industry 4" and "Industry 5" [86].

A new IDEOLOGY has emerged, the products created by IKEA to be comfortable, light, created by new innovative technologies in practical and convenient packaging.

The unique thing in the design of IKEA is the combination of vision, functionality, quality, sustainability and affordable price. Improving production is the adopted innovative approach of IKEA is in the spirit of team suppliers, ie. innovative production for one with suppliers. The next stage is quality testing both in the manufacturing process and in the finished product.

The quality of the raw materials used in the manufactured products is not overlooked either.

4.3. Input raw material and preparation of punched parts

In connection with the facilitation of market conditions for the selection and purchase of a product from customers, which IKEA constantly maintains contact with, it is necessary to develop innovative automatic packaging lines for all manufactured and offered products on the market. This requires starting from the market requirements for packaging of IKEA Specification ISO-P0010 / 2010.11.12; Version AA-171373-8.

Table 4.2 shows the details and elements involved in the packaging. Problems have arisen in the automation of assembly processes and operations, basic and auxiliary, involved in the manipulation of parts / elements in the automatic packaging line [88-92].

In position 22 is given a package of microcorrugated cardboard, made of one cardboard Fig4.2. The box is obtained by manual manipulation and a box is obtained by

means of glue. But productivity is low. But it gave the ideology to be 2 cartridges. And all these details/ elements must meet the requirements of the IKEA standard.

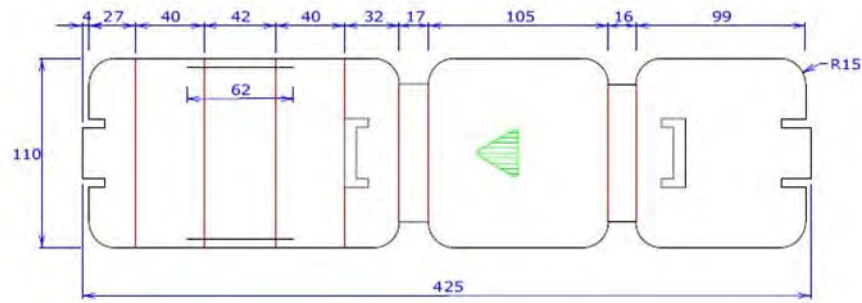


Fig 4.2 Hand cardboard made of micro corrugated cardboard

From the researches made in Chapter 1, the realized developments and the accumulated experience reflected in Chapter 2, the proposed innovative approaches and methods for increasing of efficiency and productivity for the development and construction of automatic machines and lines and analyzes matured ideology confirms.

All parts / components made of metal and some of the purchased ones need to be impeccably processed with high quality. Each of them has problems with their manipulation. How will the assembly packaging process be solved, the automatic supply of the positions with parts / components, what will be the choice of automatic shops, cutters, industrial manipulators, transport systems, grippers, glues, etc., which confirms the application of tight production.

Innovative should be developed: automatic assembly machine 1 (AAM1), automatic assembly machine 2 (AAM2), structural layout of the semi-automatic packaging line and built automatic packaging line.

In order to avoid the initial manual feeding of the sheet material, a new automatic machine with introduction of innovative elements was assembled. A new innovative machine with innovative elements was introduced for feeding a blank to the punch. It includes: unwinding device, straightening device, feeding device. In Fig. 4.3 shows the new fabrication of the heel and cup with bolt through basic and auxiliary operations.

The necessary raw materials are metal HR strips, steel grade DD11, with a size of 2.5x109 mm for the heel detail and 2.5x58 for the cup detail. They are manufactured in the subsidiary of the plant. The strip is placed on the unwinding device,

The combination of unwinding, straightening and feeding device (Fig. 4.4, 4.5, 4.6) help to increase productivity and automate production. In Fig. 4.7. an eccentric press with the feeder positioned is presented.

In both parts, operations are performed simultaneously, including sizing, drilling and indentation.

Due to the gaps obtained from the cutting of the part, they undergo another intermediate operation - grinding, including different in shape and size types of grinding bodies placed in vibro machines (poisoning) [93]. As the last the operation that is performed is threading in the middle of the part. In Fig. 4.8 shows a drawing of the detail "Heel", which includes one threaded hole M8 and 5 pcs. elliptical through-holes, and in fig. 4.9 drawing of a detail "Cup" [56, 57].

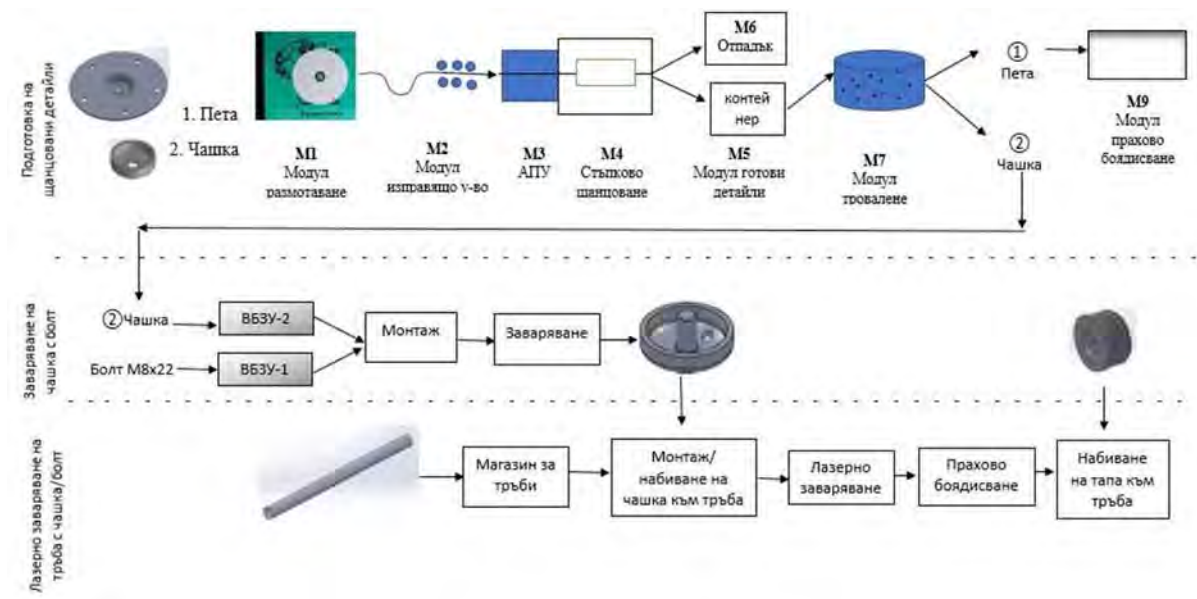


Fig. 4.3 Block diagram of a new technological process

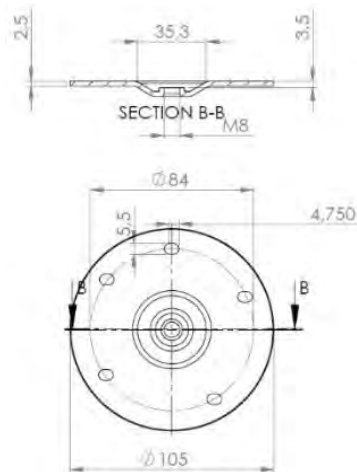


Fig. 4.8 "Fifth"

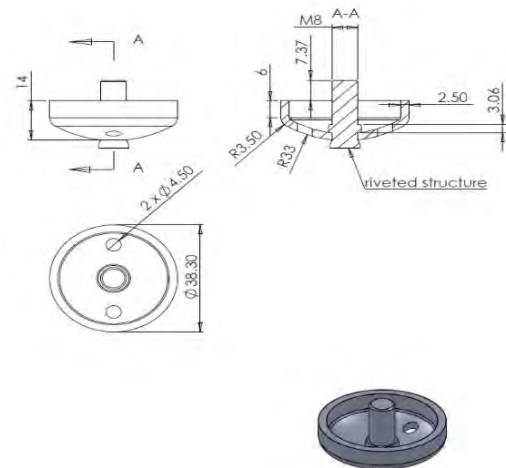


Fig. 4.9 Cup cup / bolt

4.4. Determining productivity

From the marketing works made in our own malls and on the international markets, as well as the continuous monitoring of sales, IKEA forms a desired productivity $Q = 1200$ pcs/h $Q = 1000$ pc /h $Q = 720$ pc /h, for table tops solidarity with the ambition of IKEA to produce products in accordance with the environment, meeting the requirements of the environment, the use of cost-effective packaging is adopted by the development of innovative two automatic assembly machines, semi-automatic packaging line and structural layout of the complete automatic packaging line with the proposed desired productivity of $Q = 1200$ pcs / h [94-99].

Calculations of the theoretical clocks for IAAM1, IAAM2, IPAOL and SKAOL have been made and to the desired productivity $Q_{ж}$ have been added another 2% of the planned marriage. Initially, $T_{I} = 1206$ pcs / h must be perceived for all four developments. However,

due to constructive, technological, power supply, orientation and especially the choice of working limiting operation, it was decided to develop them separately.

Thus, the ideology in accordance with the difficulties in the production of tubular furniture and the problem of packaging the product-legs for table tops was established. The calculation and determination of the times in the automation of the discrete production processes and basic and auxiliary operations was started. It refers on the one hand to the production of some of the metal parts, and the other to the participation of the purchased parts / elements, components reflected in table (4.2), but their construction must satisfy the developments to be adjustable.

It turned out that the basic packaging operation step 5 at position 5 is applied in drops on two paths on the feathers / drops on the lower box $t_{\text{пл}} = 3.94$ s with $t_{\text{пх}} = 1$ s and $\sum_{\text{тнз.и.з}} = 0.06$ s which is $t = 5$ [s]. At the same time, part of the diluent evaporates. This results in mutual adhesion.

The second problem. The purchased components and the installation instructions - paper and 5 screws in a PVC package at this stage is serviced by one operator.

Third problem. Combining operations - laser welding and welding control operation.

Fourth problem. Combining all operations with a thermal tunnel.

After calculating all working limiting working hours $t_{\text{пл}}$ proceed to the calculation, analysis and coordination of times for: idle moves $t_{\text{пх}}$; total, out-of-cycle, own - $\Sigma t_{\text{сод}}$, additional $\Sigma t_{\text{доп}}$ and repair $\Sigma t_{\text{рем}}$ for losses, after which they are listed in Table 4.3.

The actual clocks for each operating automatic technique are as follows: IAAM1 $\tau_{\text{I}}^{\text{I}} = 6$ [s], IAAM2 $\tau_{\text{I}}^{\text{I}} = 3.57$ [s], IPAOL $\tau_{\text{I}}^{\text{I}} = 5$ [s] and SKIAOL $\tau_{\text{I}}^{\text{I}} = 4$ [s].

An innovative automatic assembly machine is duplicated to fulfill the company's production program.

The determined values for theoretical clock and performance are presented in Tables 4.3 and 4.4.

Table 4.3 Calculation of theoretical clocks

№ на вариант	$t_{p,l}$	$t_{p,x}$	t_{u}	$\Sigma_{\text{син}}$	$t_{\text{обр}}$	Σt_{p6}	$T_{\text{ар.т}}$	$t_{\text{рем}}$	$t_{\text{бр}}$	$\Sigma t_{\text{дон}}$	$t_{\text{тр}}$	$t_{\text{тпр}}$	$\Sigma t_{\text{рем}}$	$\Sigma t_{\text{мэ.ц}}$	$t_{\text{д}}$
	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	
ИАНММ1	5	0,7	5,7	0,05	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05	0,2	0,05	0,05	0,1	0,4	6 детали
ИАНММ2	3	0,54	3,54	0,05	0,05	0,1	0,05	0,025	0,025	0,1	0,05	0,05	0,1	0,3	
ИПАОЛ	3,94	1	4,94	0,01	0,01	0,02	0,01	0,005	0,005	0,02	0,01	0,01	0,02	0,06	5
СКАОЛ	2,94	1	3,94	0,01	0,01	0,02	0,01	0,002	0,005	0,02	0,01	0,01	0,02	0,06	4

Table 4.4 Performance calculation

№	АТ	$t_{p,l}$	$t_{p,s}$	t_{u}	K=	6р./h	$Q_{\text{ТВК}} = \frac{1}{t_{p,l} + t_{p,x} + t_{\text{обр}}}$	$Q_{\text{ТЭК}}$	6р./h	$Q_{\text{ФАР}} = \frac{1}{t_{p,l} + t_{p,x} + \Sigma t_{\text{обр}} + \Sigma t_{\text{дон}} + t_{\text{рем}}}$	$Q_{\text{Фак}}$
1	ИАНММ1	5	0,7	5,7	0,2	720/1440	$Q_{\text{ТВК}} = \frac{1}{5 + 0,7 + 0,1}$	620,8/1241	$Q_{\text{ФАР}} = \frac{1}{5 + 0,7 + 0,1 + 0,1 + 0,1}$	600/1200	
2	ИАНММ2	3	0,54	3,54	0,333	1199,9	$Q_{\text{ТВК}} = \frac{1}{3 + 0,54 + 0,1}$	1014,8	$Q_{\text{ФАР}} = \frac{1}{3 + 0,54 + 0,1 + 0,1 + 0,1}$	1008	
3	ИПАОЛ	3,94	1	4,94	0,202	728,744	$Q_{\text{ТВК}} = \frac{1}{3,94 + 1 + 0,02}$	725,806	$Q_{\text{ФАР}} = \frac{1}{3,94 + 1 + 0,02 + 0,02 + 0,02}$	720	
4	СКАОЛ	2,94	1	3,94	0,254	913,706	$Q_{\text{ТВК}} = \frac{1}{2,94 + 1 + 0,02}$	909,09	$Q_{\text{ФАР}} = \frac{1}{2,94 + 1 + 0,02 + 0,02 + 0,02}$	900	

4.5. Innovative automatic assembly machine 1 (IAAM1)

The official purpose of the innovative AAL is to perform two operations, installation of a punched metal cup with a bolt M8x20mm (purchased) and locking by electric arc welding in shielding gas. At the same time, it is adjustable.

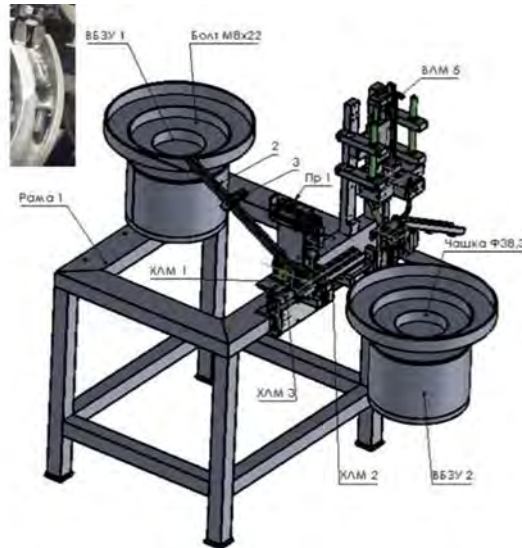


Fig. 4.10 Automatic machine 1- AM 1

4.6. Innovative automatic mounting machine 2 (IAAM 2)

The innovative automatic machine 2 fig. 4.13 is designed and constructed to perform sequentially the following steps:

Step 1. Installation operations - driving the welded part cup / bolt into the pipe;

Step 2. Control is carried out to check the compaction of the cup / bolt in the pipe, ensuring the next working position;

Step 3. Laser welding of the packed cup / bolt in the pipe. It is the limiting operation of AM 2 at an actual clock speed $\tau_{\text{Д}} = 4 \text{ s / pcs}$, providing productivity $Q_{\text{П}} = 900 \text{ pcs / h .;}$

Step 4. Free;

Step 5. Testing of the weld with a load through a pneumatic cylinder providing a pressure of 800 kg .;

Step 6. Upon passing the test, the finished part is transferred through a groove into a container for finished products. If the test reveals: a bad welded cup / bolt with the pipe either does not fit in length, or the weld seam of the pipe cracks, the part is removed for scrap by means of a pneumatic manipulator in a scrap container. The automatic machine 2 is designed and made adjustable.

All operations performing installation, control, laser welding, free step, testing and pneumatic robot, removing the marriage are mounted on a main frame in which a 7-step linear conveyor is built.

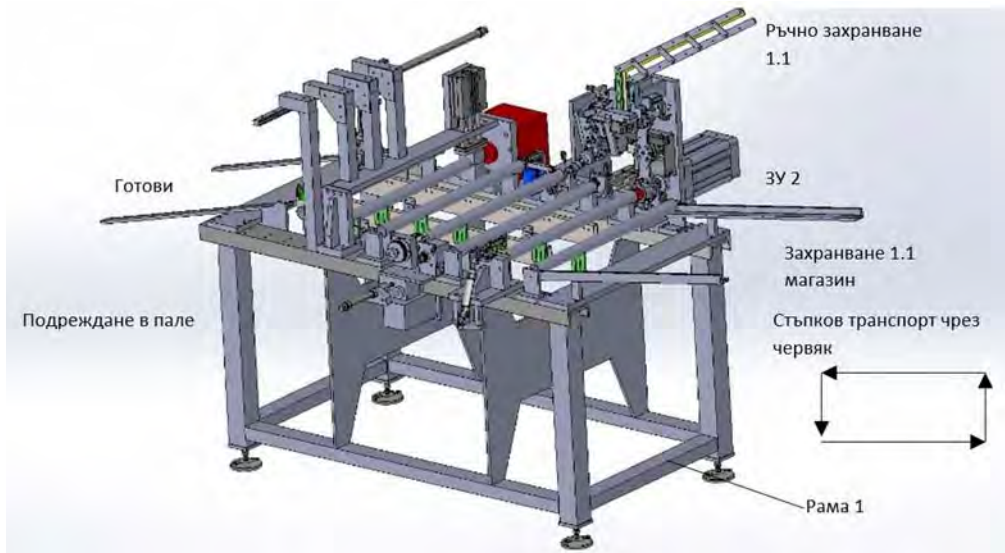
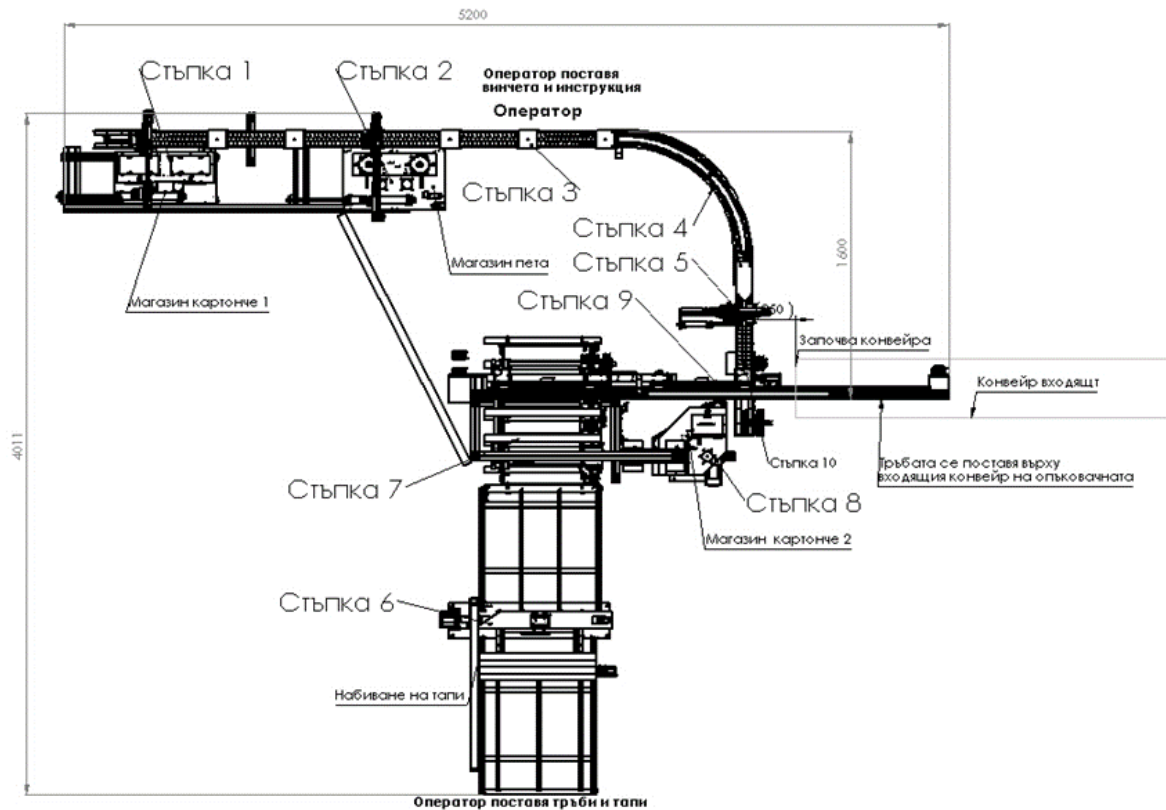


Fig.4.13. Automatic machine 2 (AM 2)

4.7. Innovative semi-automatic packaging line (IPAOL)

In Figure 4.21 shows the structural layout of a short, innovative, adjustable, semi-automatic Curry and Adils foot packaging line. The production of legs is mass. Joint installation of legs and top build tables. With the change of the interior design, the design of the tables also changes, which affects both the design and the tables.



Фиг. 4.21. Structural layout of a packaging line

4.8. Structural layout of an innovative automatic packaging line

The official purpose of the structural arrangement of the innovative automatic packaging line is to make two packages in a row, shown in fig. 4.34



Fig.4.34 Structural layout of IAOL

An operator manually arranges the finished product in corrugated boxes. In order to tightly arrange the packages in the boxes, they are rotated 180 °C through the package

4.2. Design and programming of a machine for automatic gluing of cartons with finished products

4.2.1. Machine preview with (HMI)

The basic principle of visualization is to recreate the operation of the machine and to show the basic processes for the execution of the cycle. Visualization of (HMI-Human-Machine Interface) human-machine connection represents the operation of the selected machine and can control its executive bodies manually. It also shows the operation of all sensors and monitors for alarms and alarm events [100].

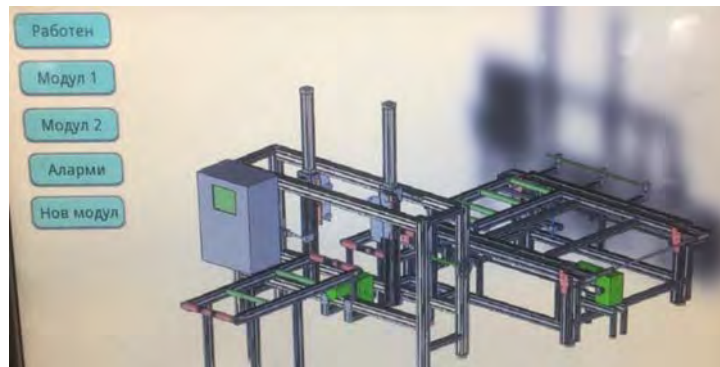


Fig. 4.37 Basic HMI visualization of an adhesive tape machine

4.3. Conclusion:

Chapter 4 presents the occurred and desired changes in the industrial world, which are summarized on the basis of marketing research. A new IDEOLOGY has emerged, the products created by IKEA to be comfortable, light, created by new innovative technologies in practical and convenient packaging. The most appropriate raw materials and tools that meet EU ISO standards have been selected to help achieve this goal.

Through the implementation and synergistic use of modules, an innovative punching technology has been created by means of an unwinding, straightening and feeding device. Synergistic use of technology increases the productivity of workpieces increases by approximately 35-40%.

Designed, developed and implemented in production through a software product are:

1. Innovative automatic assembly machine for welding parts cup with bolt;
2. Innovative automatic assembly machine for welding parts cup / bolt with pipe;
3. Innovative semi-automatic packaging line.
4. Structural layout of an innovative automatic packaging line.

The developed competitive structural assembly of an automatic packaging line for packaging in micro corrugated packaging of complete packaging (set) and Adils leg body with actual stroke $\tau_d = 4$ s. For the packaging of the "ADILS" product the productivity is 24 pcs / min.

An innovative machine for gluing cartons with duct tape has been developed and programmed using the SCADA software program, which collects data and transmits it to other peripheral devices. It also shows the operation of all sensors and monitors for alarms and alarm events.

Chapter 5

Future projects

5.1. Innovative Leg

The project for an innovative leg, presented in order to eliminate some of the existing operations - punching a cup detail, welding a cup with a purchased bolt, welding a cup / bolt with a foot tube. The schematic diagram for the new innovative leg is as follows: A large thread is cut on the turret head directly on the outer diameter of the tube. In the same way a thread is cut on the punched drawn heel. In this way the connection of the two parts is done by rotating the pipe and the heel.

5.2. Shuttle welding department

It is planned to build a workshop for automated, robotic welding on the territory of the plant. With this innovative robotic welding system, high production, minimal errors and a small number of workers are achieved.

5.3. Conclusion

Thanks to the innovative technologies that are planned to be implemented, the operations in the technological process of making the finished foot detail for table tops are reduced. The introduction of a welding department increases the quality and reduces the number of employees involved in the welding process.

Both innovative technologies contribute to increasing the efficiency of production in the production of tubular furniture.

CONCLUSION

An overview for the production of tubular furniture and components has been compiled. The production process of tubular furniture during its stages of development is analyzed. Attention is paid to the types of products that are produced, as well as their volume. Based on the compiled analyzes, it is established that the products with the largest production volume are the legs for table tops. It is extremely important to preserve the quality of the products, as well as their packaging and transportation. From the analysis of packaging products and technologies, according to the quality requirements of IKEA, this type of products has been selected that are most suitable for automation, ecology and economic efficiency.

Based on the analysis made in Chapter 1, attention is paid to the technological process and raw materials for table legs. The product was chosen because of automation friendliness. Its components and its suitability for installation are suitable for automating the technological process. Four options for automation of the technological process are considered. Desired and actual productivity is calculated. Based on criteria and factors, options 3 and 4 have been selected, which cover the desired quality and volume.

On the basis of marketing research and increased requirements for packaging of products, the following characteristics need to be corrected: size, weight, type of packaging

and name. Approaches and methodologies have been developed to design innovative machines with increased productivity, quality control, improved packaging, increased safety and reduced production costs.

New requirements for packaging materials that meet the needs of the developing world are presented. The delivery raw material used for the production of the new type of product is described. Based on the desired annual productivity, the theoretical tact is calculated and compared with the actual one. The resulting actual performance and actual clock meet the pre-set criteria. Four innovative machines have been designed, manufactured and implemented in the production to meet the increased requirements. The innovation of these machines consists of synergistic use of modules, implementation of Industry 4.0 and intelligent marriage management. The four innovative machines are as follows: automatic assembly machine for cup cup welding; cup / bolt laser welding machine; packaging line and structural layout of the packaging line.

Semi-automatic machine is designed and implemented in the production for automatic gluing of cartons with finished products. During the production cycle, the implemented elements from Industry 4.0 allow for: tracking of alarms and irregularities during the process; compiling a database with information on the quantity produced; compile and send a report to the cloud. The report contains monitoring data.

Innovative technologies contribute to the reduction of operations in the technological process. Using them increases productivity, quality, reduces costs, increases safety and contributes to environmental protection.

SCIENTIFIC AND APPLIED CONTRIBUTIONS:

The contributions to the dissertation are mainly of scientific and applied nature and are as follows:

1. The various methods and means for realization of processes of punching, welding and packing of tubular products are analyzed and systematized.
2. Existing problems, solutions and desired changes concerning the production of tubular furniture are discussed
3. The influence of ICT on the methods of production of tubular furniture is studied.
4. Innovative approaches and methodologies are proposed for the design of machines for automatic punching of the heel and cup of the table leg and for increasing the efficiency and productivity of automatic table leg machines.
5. Innovative methods have been proposed to increase the productivity of packaging.
6. Designed, developed and implemented in production is an innovative automatic assembly machine in two versions.

7. Innovative semi-automatic packaging line designed, developed and implemented in production.
8. A structural layout of an innovative automatic packaging line is proposed.
9. Experimental developments and simulations of various methodologies in industrial environment have been made.
10. Intellectual property is protected.
11. The developed automatic machines are in accordance with the European standards.
12. Methodological assistance was provided in mastering the principle of their work
13. The quality, volume and efficiency of the produced products have been increased
14. The results of the experiments are verified and analyzed in order to improve the quality of production and its productivity
15. Future projects are proposed - Innovative leg.

ACKNOWLEDGMENT

I had the honor to work under the guidance of Prof. Dr. Dimitar Karastoyanov, who supported and helped me over the years - thank you very much for his help.

I would also like to thank Prof. Galya Angelova for the opportunity to work with unique and modern research equipment in the Smart Lab at ICT-BAS.

Of course, I would also like to thank Assoc. Prof. Dr. Nikolay Stoimenov for the methodological instructions and guidelines he gave me.

I would also like to thank Prof. Dr. Todor Neshkov and Assoc. Prof. Dr. Lyuben Klochkov from the Department of ADP at the Ministry of Finance of the Technical University of Sofia for their support during all my years of doctoral studies.

Thank you all very much !!!

BIBLIOGRAPHY

[2] ИНОВАЦИИТЕ – ЕВРОПЕЙСКИ, НАЦИОНАЛНИ ПОЛИТИКИ, научен редактор проф. д.ик.н М. Петров, Фондация „Приложни изследвания и комуникации“ ARC FUND, 2008 г.

[6] <https://www.ikea.bg/> (последно посетен 12.2021г.)

- [7] IKEA Specification ISO – 0010/2010.11.12, Version AA-171373-8, замества AA-171373-7
- [16] Видове опаковки, <https://www.packit.bg/vidove-opakovachni-materiali.html> (посетен декември 2021 г.)
- [17] Интелигентно европейско опаковане - ProPack <https://propackmagazine.bg> (посетен декември 2021 г.)
- [18] Булекопак А. Д., Основни изисквания към опаковките в Европа.
- [19] PRO EUROPE, Ефективно опаковане – ефективно предотвратяване, 2008.
- [37] Маркова Н., С. Стефанов, И. Илкова, Опаковъчна техника и технология, ръководство. Пловдив, 2008.
- [50] Стоименов Н., Гьошев С., Панев П., Клочков Л., Автоматизиране на опаковъчните процеси и операции на крак „къри“. Част I: Оценяване степента на пригодност на детайлите участващи в автоматичното им опаковане. International Conference Robotics, Automation and
- [53] Митев М., Клочков Л., „Възможности за автоматизиране на монтажните операции при опаковане на шоколадови бонбони“, XXI МНТК, Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2012“, 20-23 Юни, Созопол 2012г., стр. 330-340, ISSN – 13 10 -3946 (2012)
- [54] Илиева, Р., Клочков Л., „Резерви за повишаване производителността на автоматична опаковъчна машина“, Тринадесета национална научно-техническа конференция с международно участие “Автоматизация на дискретното производство” АДП 2004. Научни известия на НТС по машиностроене, год. XI, бр. 10 (78), София, октомври 2004, с. с. 389-394 , ISSN – 13 10 -3946 (2004)
- [55] Stoimenov N., Karastoyanov D., Klochkov L., Study of the Factors Increasing the Quality and Productivity of Drum, Rod and Ball mills, 2nd Int. Conf. on Environment, Chemical Engineering & Materials, ECEM '18, Malta Sliema, June 22-24, 2018, AIP (American Institute of Physics) Publishing house, Vol. 2022, Issue 1, ISBN: 978-0-7354-1740-3, pp. 020024-1 - 020024-6 (2018)
- [56] Ройдев М., Георгиева В., Стоименов Н., Клочков Л., Панев П., Разработване на автоматична линия за опаковане с еднократна опаковка, XXV МНТК Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2016“ 23-26 Юни, Созопол 2016г., ISSN – 13 10 -3946, 2016, стр.232-239.
- [57] Panev P., Development of Automatic Packing Line for Single Packs. 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, 70, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN:1847-7917, 2018, pp. 149-152.
- [60] PRO EUROPE, Ефективно опаковане – ефективно предотвратяване, 2008.
- [61] Bocevska A., Neshkov T., Intelligent Manufacturing Systems, Heronpress, Sofia, 2014.

- [88] H. Yu, X. Liu, X. Ren, Behaviour of longitudinal cracks on slab surfaces in V-H rolling processes, *Steel Res. Int.*, 2 (2008), pp. 537-544, 10.2374/SRI07SP066-79-2008-xx
- [89] M.Nioia, S.Celottob, C.Pinnaa, E.Swartb, H.Ghadbeigia, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 249, November (2017), Surface defect evolution in hot rolling of high-Si electrical steels, Pages 302-312
- [90] S. Shainu, T.K. Roy, B.K. Dey, R.K. Sharma, N.C. Gorain, S. Dhar, C.V. Sastry, *Study on Slab Surface Defects and Generation of FeO Type Slivers in Hot Rolled Coils Tata Steel Ltd., Jamshedpur (2008)*
- [91] S.-L. Lee, J. Choi, Deformation analysis of surface defect on hot rolling by 3-D FEM simulation, *Rev. Metall. Cah. Inf. Tech.*, 105 (2008), pp. 127-135, 10.1051/metal:2008025
- [92] Ivanchev I., Stoimenov N., Sokolov B., Testing of Concrete by Contactless Non-Destructive Tomographic Method, *IEEE XXX International Scientific Symposium 'Metrology and Metrology Assurance' 2020 (MMA 2020)*, 7-11 September Sozopol, Bulgaria, (2020), E ISBN:978-1-7281-9719-7 pp. 1-6, doi: 10.1109/MMA49863.2020.9254250.
- [93] Карастоянов Д., Стоименов Н., АБРАЗИВНО ТЯЛО, Полезен модел на Република България, рег. № 2964 U1/16.07.2018.
- [94] Дашенко А. И., Белоусов А. П. Проектирование автоматических линий. Учебник. Высшая школа, М., 1983,
- [95] „Проектирование металлорежущих станков и автоматический линий“, под ред. А.С. Проникова, М. Изд-во МГТУ или Н. Баумана, 2000
- [96] Шаумян Г.А. „Комплексная автоматизация производственных процессов“, М. Машиностроение, 1973 г.
- [97] Технология машиностроения, Под ред. А. М. Дальсково, М. Машиностроения, 1997 г.
- [98] „Автоматизация на дискретного производства“, Под общей редакцией проф. Е. И. Семеонова и проф. Л. И. Волкчевича, М. „Машиностроение“, 1983, с. Техника, 1991, А 274010000-228
- [99] Агрегатни машини, под общата редакция на ст.н.с Валентин Д. Грозданов, ДИ „Техника“, София 1984
- [100] Dimitrov S., Dimitrov L., Dimitrova R., Nikolov S., EXAMINATION OF THE PROCESS OF AUTOMATED CLOSURE OF CONTAINERS WITH SCREW CAPS, *International Conference on Information Technologies ICIT-2019: Information and Communication Technologies for Industry and Research*, 7-8.02.2019, Saratov, Russia, © Springer Nature Switzerland AG, ICIT 2019, SSDC 199, pp. (502–514), 2019.



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по научна специалност “Автоматизирани системи за обработка на информация и управление”

ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПОВИШАВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВО НА ТРЪБНА МЕБЕЛ

Петър Павлов Панев

Ръководител: Проф. Димитър Карастоянов

Научно жури:

Проф. Любомир Димитров

Проф. Панчо Томов

Проф. Станчо Петков

Проф. Владимир Монов

Доц. Найден Шиваров



**Институт по информационни и
комуникационни технологии**

**Секция “Разпределени информационни и
управляващи системи”**

Обща характеристика на дисертационния труд

Актуалност на проблема:

Главната задача през близките години се явява не само същественото увеличение на внедряването в производството средства за автоматизация, но и качествени изменения на дейността в прехода от малки задачи и теми, към комплексни задачи и теми, изпълняващи пълното мехатронно и автоматично производство на изделията и тяхното опаковане .

В резултат на динамичното и ускорено развитие на научно-техническия прогрес, се създават иновативни технологии, непрекъснатото усъвършенстване на опаковането на готовата продукция чрез иновативни опаковки на автоматизиращи основни и спомагателни процеси, както и операции. Непрекъснато нарастващите изисквания към външния вид на произвежданата продукция, качество и дизайн на опаковките, са едни от главните фактори, обуславящи ефективността на опаковъчните автоматични машини (АМ) и линии.

Обект и област на изследването:

Чрез проектирането на автоматични компютаризирани машини и използването на иновативни технологии- контролери, хранения и оптимизиран софтуер се повишава надеждността и производителността на операциите при производство на компоненти и изделия от тръби: подготовка на детайли пета и чашка за крак за маса, заваряване, боядисване и опаковане на готовото тръбно изделие- крак за маса. Проектирането и конструирането на иновативните машини и линии е съобразено със стандарта за геометрични изисквания към продукта ISO/TC 213, както и изискванията за безопасност при експлоатация.

Съдържание на дисертацията:

Дисертационният труд съдържа пет глави, списък на литература със 100 заглавия. Обемът му е в размер на 133 страници текст, включващ таблици, фигури, формули, приложение. Номерацията, фигурите и формулите е запазена в настоящия автореферат.

В ГЛАВА 1 е направен обзор, анализ и систематизация на завода за производство на тръбни мебели и компоненти; направен е внимателен и задълбочен анализ на съществуващи опаковки и автоматични машини и линии. Необходимо е да се обърне внимание на проблемите, възникващи при използването на опаковъчните материали. Маркетинговите проучвания на различните компоненти за опаковка имат добро влияние върху използваните иновативни технологии, както и самите дискретни процеси и операции при опаковане.

В ГЛАВА 2 са представени съществуващи методи и средства за производство на елементи за тръбна мебел: шанцоване на детайли и тяхното оформяне, заваряване и опаковането на цялостното изделие. Изследвана е степента на пригодност за автоматизационна дружелюбност и монтажнопригодност. Изчислена е действителните и желаните производителност и тактове. Представени са различни структурно-компоновъчни варианти за опаковане на готовата продукция

В ГЛАВА 3 са съставени методики и подходи, по които се проектират иновативните машини, повишаващи производителността на тръбна мебел- ИАММ за заваряване на чашка с болт, ИАММ за лазерно заваряване на тръба към чашка/болт,

АМЛ за опаковане на всички компоненти за крак за маса „Адилс“ и програмира АМ за автоматично залепване на кашон тиксо. На база на съставените методики се изчислява желаната производителността на АМ; проектират се АМ според изискванията за геометрична точност, нормативните изисквания за обезопасяване на оборудване при механични опасности и софтуерната програма за чертане Solid Works; спазени са всички условия за безопасност при експлоатацията; избрана е апаратура, по която се проектира автоматизирано палетизиране на крака за маси.

В ГЛАВА 4 са изложени постигнатите резултати след конструирането на автоматичните машини за заваряване на чашка с болт, лазерно заваряване на тръба към чашка/болт и опаковане на всички компоненти за крак за маса „Адилс“. Изчисляват се желаната и действителната производителност на АМ и такт на производствения процес.

В ГЛАВА 5 са представени бъдещите проекти за развитие на ЗПТМК.

Цел и задачи на дисертационния труд:

В предоставения дисертационен труд се разглеждат проблеми, свързани с производството на тръбни мебели и компоненти, а именно щанцоване, заваряване и опаковане. Поставената цел в този труд е да се изследва напредъка и да се инициира внедряването на нови технологии за повишаване ефективността и производителността на тръбна мебел посредством модерни изследователски методи и иновативни производствени средства.

Отчитайки извършения анализ и поставената цел са формулирани следните задачи:

1. След детайлен обзор да се анализират различните методи и средства за щанцоване, заваряване и опаковане на тръбни мебели и компоненти.
2. Да се изследват съществуващи методи и средства за производство на тръбна мебел.
3. Да се проектират автоматични машини, които да повишат производителността и качеството на изделия за тръбна мебел.
4. На база на проектите, да се конструират автоматични машини, които да повишат производителността на автоматични машини за крака за маси.
5. Да се предложат подходи и методики за повишаване на ефективността и производителността на автоматични машини за крака за маси.
6. Да се проведат експерименти и симулации на различни методики за проектиране и конструиране в индустриална среда.
7. Получените резултати да бъдат анализирани и апробирани.

Апробация на резултатите

Резултати, включени в дисертацията, са докладвани на: международна конференция в чужбина: 8th, 10th Mechanical Technologies and Structural Materials, Split, Croatia, 2018, 2021, видима в SCOPUS; ISSN 1847-7917 и др.

Част от резултатите са представени на следните конференции: XXIX, XXX, XXXI МНТК Автоматизация на дискретното производство „АДП“ Юни, Созопол 2019г., 2020г., 2021г.; в списание „Проблеми на техническата кибернетика и

роботиката“; V, VI International Scientific Conference, winter session, Industry 4.0, 2020 г., 2021 г.

Списък с публикациите по дисертацията

1. **Panev P.**, Development of Automatic Packing Line for Single Packs, 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN: 1847-7917, pp. 149-152 **SCOPUS Visible**
2. **Панев П.**, Състояние на иновативните технологии в опаковъчните процеси и операции, International Conference Robotics, Automation and Mechatronics'18 RAM 2018, Bankya, Bulgaria, 2018., стр.61-66, ISSN 1314-4634.
3. **P. Panev**, S. Dimitrov, Innovative Technology For Increasing The Efficiency In Tubular Furniture Production Machine, 8th International Conference, ICAT'19 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, August 26-30, E-ISBN: 978-605-68537-4-6, 2019 pp. 338-341
4. **Panev P.**, Increasing performance in punching and pressing of details for the production of tubular furniture, XXIX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2020., 29.06-02.07 2020, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department “Automation of Discrete Production Engineering“ Mechanical Engineering Faculty, Technical University – Sofia, pp. 76-79
5. Panev P., Paneva M., Stoimenov N., Dimitrov S., Increasing the Reliability and Productivity of a Tubular Furniture Packaging Operation, International Scientific Conference “Industry 4.0”, 09-12 December 2020, Borovets, Bulgaria., Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry – 4.0, ISSN: 2535-0153, pp. 133-135
6. **Panev P.**, Paneva M. and Klochkov L., AUTOMATION OF WELDING OF A DETAIL FOR THE PRODUCTION OF TUBULAR FURNITURE, XXX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2021., 29.06 ÷ 02.07.2021, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department “Automation of Discrete Production Engineering“ Mechanical Engineering Faculty, Technical University – Sofia, pp. 76-79
7. Paneva M., **Panev P.**, Klochkov L. and Karastoyanov D., Analysis of defects obtained in the production of steel and steel products, VI International Scientific Conference Winter Session, 08-11 December 2021, Borovets, Bulgaria., Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry – 4.0, ISSN: 2535-0153, pp. 230-232

Полезен модел

8. Стоименов Н., Панева М., **Панев П.**, Държач за пробни тела, Полезен модел на Република България, рег. № 3892 U1/ 23.09.2020 г.

Глава 1

ОБЗОР, АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НА ПРОБЛЕМИ И РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВОТО НА ТРЪБНА МЕБЕЛ

1.1. Развитие във времето на завод за производство на тръбни мебели и компоненти (ЗПТМК)

През 1998г. се създава „Завод за производство на тръбни мебели и компоненти“ в гр. Ловеч. Започва обсъждания и преговори за разкриване на договорни отношения за съвместната работа с фирма ИКЕА International Group of Sweden AB. Те са реализирани непосредствено през следващата година 1999г.

Основната дейност на ЗПТМК е производството на мебели и компоненти за мебелната индустрия, опаковани и разглобени, компактни за транспорт до различни държави със собствени магазини от логистиката на ИКЕА. Металните изделия за мебелните конструкции са във вид готови за използване от клиентите.

За нуждите и развитието на фирмата (ЗПТМК) през 2002 г. е създаден завод за производство на фурнир и дървени федерлайсни, а през 2010 г. стартира проект за изграждане на дъщерен завод на производство на тръби и профили (ЗПТП).

1.3.Разпределение на ЗПТМК

Разпределението на завода се състои от няколко звена/цеха, където се подготвят детайлите за цялостните изделия на готовата продукция:

1.3.1. Пресов цех и заготовителни материали

1.3.1.1. Проектиране и производство на шанци

1.3.1.2. Компоненти за шанци

1.3.2. Лазерни технологии

1.3.2.1. Лазерни заваръчни машини

1.3.3. Заваръчен цех

1.3.4. Цех за прахово боядисване

1.3.5. Опъковъчен цех

1.3.6. Склад за готова продукция

1.3.7. Инструментален цех

1.3.8. Цех по „Автоматизация на производството“

1.4. Произвеждани изделия в ЗПТМК

1.4.1. При стартиране на завода

При създаването на завода започва производството на легла с клик-клак механизми, с заключващ механизъм, двуетажни детски легла, походно легло и крака за маси. Всички механизми, които се внедряват в леглата се произвеждат в завода. Проекта и чертежите за производството на всички изделия, произвеждани в ЗПТМК се

изготвят от проектантите на ИКЕА и се предоставят на конструкторите на завода за изработване и закупуване на машини за тяхното производство. По-голямата част от продукцията, която се произвежда е изработена изцяло от покупна суровина и елементи, доставяни от поддоставчици на фирма ИКЕА. Цялото производство е ръчно, но с усвояване на дискретните технологични процеси и операции- основни и спомагателни и така младите конструктори и технолози започват първите стъпки за механизирането и автоматизирането им.

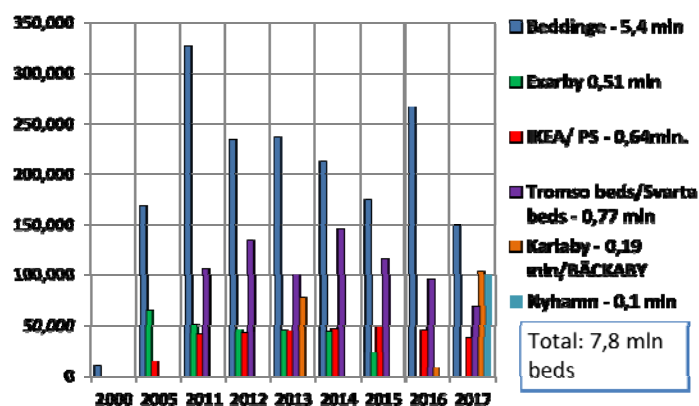
1.4.2. Съществуващи изделия

През годините някои от произвежданите изделия са спрени от производство, а други са с подобрени размери, устойчивост и автоматизиране на технологичният процес или изцяло ново създадени. Едни от най-големите промени претърпяват краката Curry и Vika Kaj. Те освен размери и устойчивост променят и имената си в Adils и Olov.

1.4.3. Производствен обем

1.4.3.1. Произведени легла от 2000-2017 г.

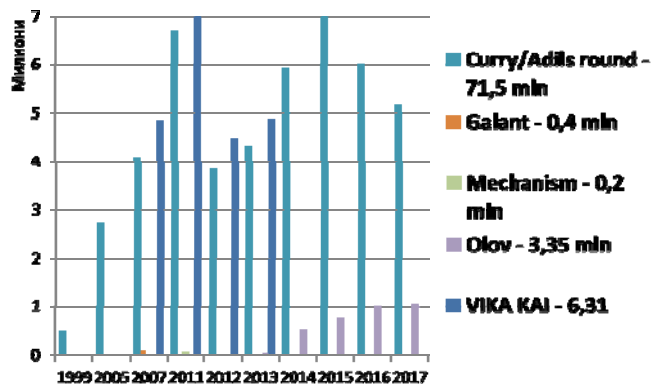
Общият обем на произведените легла е 7,8 млн. бр. до 31.12.2017 г. През годините едно от най-дълго произвежданите легла и с най-голям обем е изделието Beddinge с 5.4 млн. за периода.



Фиг. 1.21 Графика на произведени легла в периода 2000-2017 г.

1.4.3.2. Произведени крака 1999÷2017 г.

Общият обем произведени крака е 81,8 млн. бр. до 31.12.2017 г. От данните на фиг. 1.22 ясно се вижда, че най-дълго и с най-голям обем е производството на крак Curry/ Adils с кръгла форма е 71,5 млн. Това заема 87,4 % от общо произвежданите крака.



Фиг. 1.22 Графика на произведени крака в периода 2000-2017 г.

1.5. Обзор и анализ на видове материали за опаковане

В съвременните индустриално развити страни се обръща голямо внимание на търговския вид на различните видове на опаковъчен материал. Потребителят отделя голямо внимание на външния атрактивен вид на самата опаковка.

За решително подобряване на опаковките у нас се използват следните материали: опаковки от картон; опаковки от пластмаси; опаковки от метал; опаковки от стъкло; опаковки от дървесина, смесени и т.н [16, 17, 18, 19].

- 1.5.1. *Обзор и анализ на видове фолио за опаковане*
- 1.5.2. *Обзор и анализ на видове велпапе за опаковане.*
- 1.5.3. *Обзор и анализ на видове тиксо за опаковъчни процеси*
- 1.5.4. *Видове заваряване*

1.6. Екология

➤ *Иновативни идеи*

Идеята на Икеа е да създава продукти, които да са от естествени материали- като бамбука и естествения памук, а също така и самата опаковка. Залага се на материали, които могат да се рециклират и да се произвеждат с най-малко количество въглеродни емисии, за да не се замърсява природата. Също така поради намалелите ресурси на планетата е време да се започне да се използват разумно, казва Анна Гранат, специалист продуктово развитие ИКЕА [6].

➤ *Рециклиране*

В основата на философията на ИКЕА е ограничаването и разточителството, както и използването на минимум ресурси, за да постигаме максимума. За да се постигне тази цел - икономисването на ресурси, са необходими малки крачки всеки ден.

1.7. Заключение

Направен е подробен обзор и анализ на завод за производство на тръбна мебел от стартирането му през 1998 г. до наши дни. Представени са видовете изделия, които се произвеждат и технологичната апаратура, с която разполага завода.

Направени са обзор и анализ на видовете опаковки от фолио и велпапе, видовете тиксо и видовете заваръчните апарати. Залага се на материали, които могат да се

рециклират и да се произвеждат с най-малко количество въглеродни емисии, което ще допринесе до намаляване на замърсяването на природата. Всички анализи са съобразени с налагането на иновативните изделия, които ще се произвеждат. Направен е избор на прилагане на иновативни технологии, с което ще се постигне високо качество, намаляване на разхода на материал, намаляване на операциите и увеличаване на качество.

Като най-подходящи материали са избрани следните:

1. Най-подходящото фолио е термосвиваемото при висока температура- PE-HD. Избраният тип фолио е полиолефин, което е избрано поради качествата му като: ниското тегло, ниска цена и гъвкавост.

2. За опаковане на мебелен крак е използвана крафт хартия, която се произвежда от дървета с мека дървесина. Тя е избрана тъй като тези фибри не са рециклирани влакна, този тип хартия е по-устойчива и по-подходяща за печат, който трябва да се приложи върху опаковката. Най-подходящ е профил Е с дебелина на вълната 1.5 mm, поради лесното му автоматизиране и сгъва от машината по беговката.

3. За нуждите на опаковане и запечатване на опаковки се използват и двата вида тиксо, в зависимост от околната температура. Тиксо Солвент се използва при по-високи температури, а тиксо Хотмелт се използва през по-студените месеци. Този начин на подбор е икономически по-изгоден за производството. Двата вида тиксо са предпочитани поради липса на характерната за акрилните ленти неприятна миризма. Солвент тиксото е по-добро при залепяне върху трудни повърхности и при отговорни приложения.

4. Като най-подходящи типове заваряване са МИГ/МАГ заваряването и лазерното заваряване, което е най-пригодно за автоматизиране на процеси.

Глава 2

СЪЩЕСТВУВАЩИ МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА КОМПОНЕНТИ ЗА ТРЪБНА МЕБЕЛ

Поради високите производствени обеми на крака за маси, разгледани в Глава 1 и по-малкият брой компоненти в готовото изделие, (даващи по-добра възможност за автоматизация) в сравнение с разгъваемите легла ще се фокусираме именно към тях, с цел проследяване на процесите при производството му и тяхната производителност и оценяване на възможността за повишаване производителността на крака с иновативни методи и средства.

2.1. Производство на крак „къри“ 1999 г.

2.1.1. Входни суровини

Входната суровина за производството на крак „Къри“ е представена в Таблица 2.1.

2.1.2. Технологичен процес

2.1.2.1. Накрояване на тръбите

Изрязването на тръба $\phi 50 \times 1$ mm става ръчно на лентоотрезна машина (Фиг. 2.1) с автоматично подаване на размер 686 mm. Подават се 15 броя тръби от пачка

едновременно- 3 реда по 5 броя. След накрояването, получените усенъци се зачистват на шмиргел с телени четки

Щанцоване на петата и чашката се осъществява на щанцова машина RASKIN RT 85. Листите ламарина първо се разделят на две части чрез хидравлично гилотинно рязане на размер 500x2000 mm и 625x2000 mm. Тази операция се извършва с цел олекотяване на листа, поради ръчното му залагане от операторите в щанцовата машина. Едновременно с щанцоването на чашите се пробива централен отвор с диаметър ϕ 8,2 mm, а на петите централен отвор Φ 6,5 mm и 5 броя Φ 5,5 mm за монтиране на винчетата към плота на масата. При петите е необходима допълнителна операция- провлачване на централния отвор и резбоване с отвор M8 на пробивна настолна машина ПН 161. Щанцоват се средно по 2500-3000 броя на ден.

Готовите щанцовани детайли преминават през операция сухо барабанене. Чрез нея се почистват усенъците, получени при изрязване на детайлите.

Таблица 2.1. Входни суровини и получени детайли

Вид материал,mm	Разходна норма, бр.	детайл	Тегло/ бр.
Тръба ϕ 50x1x5500L	1 пачка тръба = 64 тръби	Крак L- 686 mm	0,830 kg
	512 детайла		
	1 тръба =8 детайла		
Ламарина 1,5x1000x2000	512 дет. от лист	Чашка Φ 48 mm	0,046 kg
Ламарина 1,5x1250x2000	800 детайла от лист		
Ламарина 2x1000x2000	162 детайла от лист	Пета Φ 109 mm	0,200 kg
Ламарина 2x1250x2000	198 детайла от лист		
Болт M8x20	Покупни елементи		
Винчета 5 бр. в плик			
Тапа			
Инструкция			
Етикети			
Фолио			
Велпапе			
Лепило- C200			
Тиксо			

2.1.2.3. Заваряване на детайли

А. Чашка с болт

Заваряването на чашката с болта става на прибор. Слагат се в редица 20 бр. чашки върху медни дорници с отвор, в който се поставя болт M8x20 mm. Болтовете се притискат с медни остри щифтове, с цел по-добра електропроводимост и се заваряват ръчно с електродъгово заваръчно устройство МАГ с CO₂ на две места.

В. Тръба към чашка/болт

Заваряването на тръба към чашка/болт става чрез подреждане на готовите запресовани тръби с чашки в кош с болтовете нагоре. Заваряват се ръчно с електродъгово устройство МАГ с CO₂ на четири места през 45° на всеки крак, фиг. 2.4. На Фиг. 2.5 е показан изглед на сглобения крак: 1) Тръба ϕ 50x1mm; 2) Тапа-пластмасова; 3) Чашка с заварен болт.

2.1.2.4. Боядисване

Преди да се боядисат подготвените детайли, те трябва да преминат през обезмасляване. Готови заварени тръби се закачат на стойки, които се потапят във вана с разтвор за обезмасляване. Щанцованите пети също се обезмасляват като се поставят в кош с отвори, през който да се изцежда течността. Поради наличие на остатъчна мръсотия, детайлите се забърсват с памучна кърпа до пълното им почистване и се свалят от стойките.

Кабината, конвейра и изпичащата камера за боядисване са проектирани и конструирани от екип на фирмата. Подготвените детайли се закачат на стойки на стъпков конвейр. След зареждане на всички стойки кабината за боядисване, дълга 5 m се премества на закачените детайли и започва процеса по прахово боядисване, с помощта на оператор с ръчен пистолет. Вече боядисаните детайли се преместват в изпичащата камера, където времето и температурата се определят от параметрите на праховата боя. Средно цикълът протича за около 20 min при температура 190 °C. С помощта на ръботници, готовите детайли се свалят от стойките и се транспортират до следващата операция по опаковане.

2.1.2.5. Опаковане

Опаковането на крак „Къри“ е ставало в 5- пластно велпапе опаковка. Доставената опаковка е във вид на разгънат бегован лист, които се сгъва по време на опаковането и се трансформира в кашон. В горната част на кашона се поставят 4 броя крака един до друг, отделени помежду им с нагънат лист хартия, за да не се надраскват един друг [37]. В долната част се поставя прегънат картон, в които се поставят 4 броя пети, опаковани в плик от PE, с плътност 40 μm , инструкция, опаковани 20 броя винчета и 4 броя тапи. След поставяне на всички елементи, необходими за монтирането им към плот за маса, велпапето се сгъва от двама работника. За запечатване на кашона отгоре по средата се залепва тиксо, с ширина 50 mm с цвета на велпапето. За залепването е необходим 1 m тиксо. Опаковката е индивидуална само за тези 4 бр. крака, като при закупуване от магазина не могат да се разделят. Подреждат се на дървено Евро пале, предоставено от ИКЕА с размер 800x1200 mm. На едно пале се подреждат по 102 кашона/ 408 крака. Капацитетът на опаковане е 2000 бр./смяна.

2.2.1. *Количествено оценяване пригодността на детайлите за автоматизация на производството*

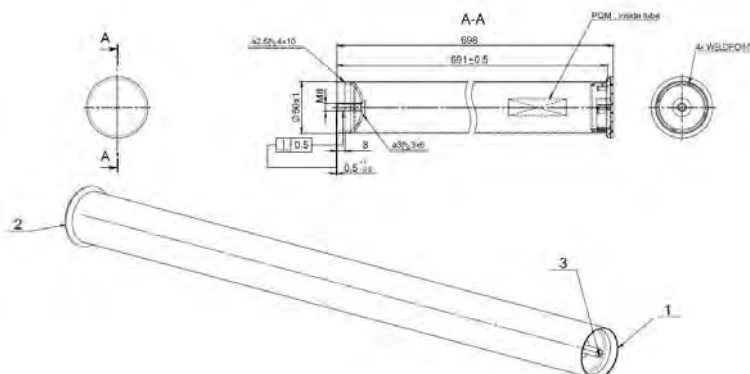
2.2.1.1. Изследване на степента на пригодност на детайлите за автоматизационна дружелюбност и монтажнопригодност.

Преди да се пристъпи към създаването и разработването на вариантите при проектирането на автоматичната техника е необходимо да се провери степента на пригодност на детайлите за автоматично опаковъчно производство. „Автоматизационно дружелюбността и монтажнопригодността им ще се изследва по методиката на катедра АДП“ [50].

На фиг. 2.7 и фиг. 2.8 са показани детайлите участващи в автоматизирания технологичен процес за опаковане на крак „Къри“.



Фиг.2.7 Детайли участващи в опаковъчния процес



Фиг. 2.8 Крак за опаковане

При готови, цялостна самостоятелна опаковка на: пета, плик с 5 бр. винтове и инструкция за монтаж (b4=52) и самостоятелна опаковка на крак „Къри“ – тръба и тапа (b7=52) категория на сложност е $K=4$ (четвърта категория на сложност). Автоматизацията за съвместна опаковка не е целесъобразна: поради сложността за автоматичната опаковка, поради сложността за автоматично захранване, детайлите се опаковат заедно ръчно.

Ако се постъпи към съвместно автоматично опаковане като на първите три детайла средният сумарен бал ще бъде $V_{sr1}=35$, а категорията на сложност пак ще си остане 4. Като, че ли най-благоприятно ще бъде по-отделното захранване на всички участващи детайли в автоматично опаковане, където средният сумарен бал е $V_{sr}=34$ с категория на сложност $K=4$.

2.3. Калкулирана производителност на крак „Къри“

От направените маркетингови проучвания на международните пазари, тенденцията е нарастване производството на крак „Къри“. Това оформя една желана производителност за около $Q_{гж} = 7,5$ млн./год. На тази база се оформя технико-икономическо задание с производителност на ОАЛ $Q = 1200$ бр./с.

За предпочитане е да се използва производителността в по-ниския диапазон за работа, за да има възможност от един резерв, осигуряващ повишаване на производителността вследствие нарастване търсенето на крак „Къри“ [53, 54, 55].

Предвид сложната икономическа ситуация на международните пазари в момента се налагат да се направят изчисления за една по малка теоретична производителност ($Q=800$ бр./с). Конкурентната ОАЛ, взета за база има по-малък теоретичен такт, таблица 2.3.

Таблица 2.3 Теоретична производителност.

произв. показатели	Д _т	К _{см}	η _{изп}	8x3600	Σφ	Q _{г.г.и}	Q _{г.р.ч}	Q _{г.б.р}	ΣQ _{г.ж}	τ ^T =Φ/Q _{г.ж}
бр./с	бр.	бр.		[s]	[s]	бр./год.	бр./год.	бр./год.	бр./год.	s/бр.
Q=800	1	1	0,7	8x3600	2520	800	80	1,6	881,6	2,86
Q=1200	1	1	0,7	8x3600	2520	1200	120	2,4	1322,4	1,9

Ще трябва да се търси оптимален такт за условията в Република България. От така пресметнатите теоретични тактове са направени изчисления за определен период от време, каква ще бъде желаната производителност (таблица 2.4).

Таблица 2.4 Желана производителност.

№ по ред	Време	При теоретичен такт τ ^T =2,86[s/бр.]	Работни смени			При теоретичен такт τ=1,91[s/бр.]	Работни смени		
			1	2	3		1	2	3
			8h бр	16 h бр	24 h бр		8h бр	16 h бр	24 h бр
1	1 час	800 желана	6 400	12 800	19 200	1280 желана	9 600	19 200	28 800
2	1 седмица		32 000	64 000	96 000		48 000	96 000	144 000
3	1 месец		128 000	256 000	384 000		192 000	384 000	576 000
4	3 месеца		384 000	768 000	1 152 000		576 000	1 152 000	1 728 000
5	1 година		1 536 000	3 072 000	4 608 000		2 304 000	4 608 000	6 912 000

Ако очакваното натоварване на проектираната опаковъчна автоматична машина ще бъде с безупречна надеждност, тогава действителния такт при две различни τ_{рл}, е показано в таблица 2.5.

Таблица 2.5 Действителен такт.

произв.	τ _{рл}	τ _{п.р.ч}	Σс _и	t _{об.р}	t _{оп.т}	t _{п.р}	t _{б.р}	t _{т.р}	t _{п.п.р}	Στ ^Д
бр./с	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	бр./с
Q=800	1.7	1	0.01	0.01	0.01	0.005	0.005	0.01	0.01	2.76
Q=1200	4.71	1	0.01	0.01	0.01	0.005	0.005	0.01	0.01	5.76

Получените действителни тактове за опаковъчна автоматичната машина са изчислени при работни технологични лимитиращи времена τ_{рл1} = 1,7 [s] и τ_{рл2} = 4,71 [s]. Действителните тактове, разпределени по месец и година са показани в таблица 2.6.

Таблица 2.6. Действителна производителност.

№ по ред	Време	При действителен такт τ ^Д =5,76[s/бр.]	Работни смени			При действителен такт τ ^Д =2,76[s/бр.]	Работни смени		
			1	2	3		1	2	3
			8h бр	16 h бр	24 h бр		8h бр	16 h бр	24 h бр
1	1 час	800 (437,5)	3 500	7 000	10 500	1200 (910)	7 304	14 608	21 912
2	1 седмица		17 500	35 000	52 500		58 432	73 040	109 560
3	1 месец		70 000	140 000	210 000		233 728	292 160	438 240
4	3 месеца		210 000	420 000	630 000		701 184	876 480	1 314 720
5	1 година		840 000	1 680 000	2 520 000		2 804 736	3 505 920	5 258 880

Получените цифрови данни, отразени в таблица 2.6 не удовлетворяват желаната производителност, предоставена в технико-икономическото задание. Затова се налага да се направят експериментални опити - изследвания относно времето за залепване на PVC опаковъчен материал. Получава се за τ_{рл} = 4,36 [s].

При получените $t_{рл}$ са направени нови изчисления за производителностите и са представени в таблица 2.7.

Таблица 2.7. Желана експериментална производителност.

№ по ред	Време	При действителен такт $\tau^{\text{д}}=5,41[s]$	Работни смени			При действителен такт $\tau^{\text{д}}=2,7[s/\text{бр.}]$	Работни смени		
			1	2	3		1	2	3
			8h / бр	16 h / бр	24 h / бр		8h / бр	16 h / бр	24 h / бр
1	1 час	~ 466	3 728	7 456	11 184	~ 933	7 464	14 928	22 392
2	1 седмица		18 640	37 280	55 920		37 320	74 640	111 960
3	1 месец		74 560	149 120	223 680		149 280	298 560	447 840
4	3 месеца		223 680	447 360	671 040		447 840	895 680	1 343 520
5	1 година		894 720	1 789 440	2 684 160		1 791 360	3 582 720	5 374 080

Ще бъде целесъобразно да се произведат ОАМ за фолиране на пета, винтове и инструкция и ОАМ за фолиране на крак (тръба и тапа). От направените изчисления и получените данни ОАМ пета $t_{рл} = 5,41 [s/\text{бр.}]$ и АОМ крак $t_{рл} = 2,7 [s/\text{бр.}]$. При една желана производителност от 7 500 000 бр./год. ще бъдат необходими за фолиране на пета 3бр. ОАМ, а за фолиране на тръба 2 бр. ОАМ. След усвояване на производството може да се мисли за една съвместна автоматична фолираща машина за готовия крак „Къри“ – пета и тръба заедно.

От направения анализ за „автоматизационно дружелюбност“ както и монтажнопригодност се установи, че автоматизацията за опаковане е доста труден процес. Затова трябва да се разработят конкурентноспособни варианти, съобразени с условията на фирмата.

2.4. Разработени структурно-компановъчни варианти

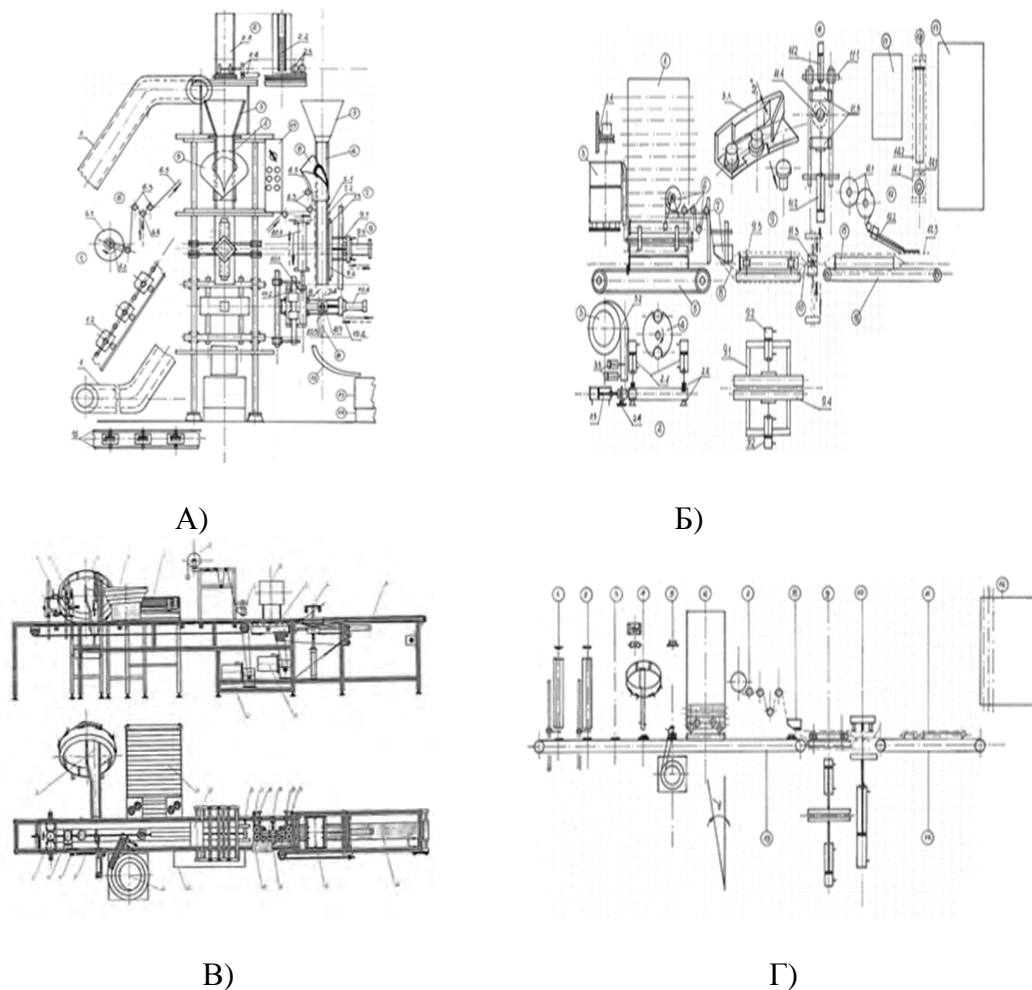
Пакета се оформя от опаковъчен материал тип „Флексосийл- РЕ-НД“ и носещ наименованието тип крак „Къри“.

Всеки разгледан вариант на опаковъчната автоматична машина представлява структурна компоновка от няколко позиции, изградени на агрегатно модул принцип: автоматични модули, автоматични хранящи устройства, ВБЗУ, БЗУ, отсекатели, транспортни системи, промишлени манипулатори, приспособления носачи и др. Тези варианти ще бъдат пренастройваеми, съобразени с различните типоразмери крака за опаковане. Разработваните варианти ще бъдат от синхронен тип [56-59].

Изграждането се извършва на базата на системния подход, като се използват елементи произведени от фирми доказали висока надеждност, това са „FESTO“ „Bosch Group-Rexroth“ „SMC“ „Siemens“ и др.

2.4.1. Структурна компоновка на ОАМ

На фиг. 2.10 са представени разработени варианти за опаковане на крак „Къри“ и съдържащите го компоненти.



Фигура 2.10. Структурни компоновъчни варианти

2.4.2. Критерии и фактори за избор на вариант

Трудно да се определят критериите, факторите и параметрите, по които се осъществява изборът на вариант. При съставянето на предлаганите структурно-компоновъчни варианти, фирмата се е ръководила от решенията на нискостойностната автоматизация и използване на наличната елементна база [60].

Целта на фирмата е да си помогне както на нея, така и на своите клиенти, като се работи по-ефективно и по-успешно. Обръща се внимание на три фактора:

1. Спестяване на енергия.
2. Спестяване на пространството.
3. Съхраняване на времето. *Анализ на разработените варианти*

При избора на вариант се изхожда от таблица 2.8, а също така и от най-важните критерии, фактори и параметри: производителност, качество на произвежданата продукция, себестойност на произвежданото изделие, конкурентоспособност, пазари, пренастройка на ОАМ и т.н.

Таблица 2.8. Избор на вариант.

№ по ред	Наименование	Дименсия	Варианти				
			Ф „КАР“ Германия	1	2	3	4
1	Qh – желано	бр/ч	1200	1200	1200	1200	1200
2	τ^1 теоретичен такт	с/бр	3	2,86	1,91	1,91	-
3	Qh – теоретично	бр/ч	1200	881,6	1322,4	1322,4	1200
4	τ^2 – действителен такт	с/бр	3	5,41	2,7	2,7	3
5	Qh – действителен	бр/ч	1200	~466	~933	~933	1200
5	P – потоци	бр	-	1	1	1	1
6	Участъци	бр	-	1	1	1	1
7	Работно натоварване	[ват]	6	6	6	6	6
8	Разход на състен въздух	l/min	-	1500	1500	2000	1800
9	Заета площ	m ²	-	6	8	12	12
10	Управление		siemens	siemens	siemens	siemens	siemens
11	Материал за опаковка			ФЛЕКСОСИЛ HDPE			
	–ширина		280	280	280	2,0	2,0
	–дебелина		0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
12	Работници	бр/см	2	2	4	2	2
13	НГЕ	%	-	14,45	13,45	18,20	25
14	Елементна база	%	-	100% внос			
15	Материали		-	Ал.профити- Bosch БР"Техника"			
16	Срок на откупуване	месец	-	8	8	8	8
17	Заводска цена 1бр.	лева	-	2,50	2,50	2,50	2,50
18	Цена на машината	лева	-	40 000	40 000	50 000	50000
19	Годишна програма	бр/год.	-	7 500 000			

1. Фирма „КАР“:

От таблица 2.8 е очевидно, че ОАМ произведена от фирма „КАР“ – Германия няма данни. Част от необходимите данни за получаването на всички посочени критерий, фактори и параметри не са дадени от фирмата, която експлоатира съществуващото оборудване.

2. Вариант 1+2:

От таблицата е очевидно, че действителния такт от ОАМ – 1 и ОАМ – 2 е:
 $t_d = 5,41 + 2,7 = 8,11$ s.

Следователно ще са необходими три ОАМ – 1. Ще се обслужват от трима оператори и двама общи работници. За трите броя ОАМ са необходими $3+2 = 5$ бр. обслужващ персонал. За обслужването на ОАМ 2 броят на операторите е 2 и 1 общ работник, общия обслужващ персонал е 3. За обслужването на петте ОАМ обслужващия персонал нараства на 8 души, от които общо 5 оператора и 3 общи работника.

След експлоатация и направени замервания се установи, че машината не е рентабилна и това наложи да се конструира и изработи една нова ОАМ, с която да се отстранят нежеланите недостатъци, както и лепенето на двата пакета. Това създава доста трудности в търговската мрежа. Така както са поставени в кашоните от производителя, така се предоставят в моловете. Разкрива се кашона и така клиента си взема пакета. Този недостатък при новата АОМ вече е избегнат.

3. Вариант 3:

Проектираната нова ОАМ с такт $\tau_d=3$ [s]. Тя задоволява действителната производителност. При тази производителност се постига $Q_g=7500000$ бр/год. пакета крака, за седмица производителността е $Q=150000$ бр/сед. Обслужващия персонал е 4 души. ОАМ е пренастройваема. Новият пакет на крак „къри” е със заводска цена 2.50 лв. и улеснява продажбата в търговската мрежа.

4. Вариант 4:

Стойността на новата ОАМ е 50000 лв., която ще се изплати за по-малко от 8 месеца. Опаковането става в общ пакет, което улесняван значително процеса.

Вариант 3 и 4 са с еднакви параметри и са внедрени в производството.

2.5. Заключение

След подробно представяне на съществуващите методи и средства за производство на крак за плотове за маси, включващо доставената суровина, технологичния процес на подготовка на детайли, заваряването на отделните компоненти и начинът на опаковане са установени следните изводи:

- По методиката на катедра „АДП” са направени експериментални изследвания за автоматично хранене, придружено с автоматично ориентиране и съхранение на ориентирането изделие $K=4$ (четвърта категория на сложност);
- От направените пресмятания за производителност е установено $Q_h=1200$ бр/ч;
- Разработени са конкурентно способни варианти за автоматично опаковане и монтаж, осигуряващи необходимата технико-икономическа ефективност;
- Направен е анализ на критериите, факторите и параметрите, по които се избира най-конкурентния вариант;
- От направените изчисления относно теоретичния и действителния такт е установено, че вариант 1 и 2 не постигат желаните резултати за производителност и се увеличават разходите за енергия, сгъстен въздух и др. Вариантите 3 и 4 удовлетворяват търсената производителност и опаковането е по-компактно- от 2 пакета се опаковат в 1.

В заключение може да се каже, че пазара желае нови продукти, нови опаковки, икономия на материали, енергия и време. Следователно, започнато е ново проучване на пазарите и изискванията на клиентите, което ще доведе много скоро до проектирането на нова ОАМ, която да прерасне в АЛ с производителност $Q_h=1200$ бр/ч.

Глава 3

ИНОВАТИВНИ ПОДХОДИ И МЕТОДИКИ ЗА ПОВИШАВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА И ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА НА АВТОМАТИЧНИ МАШИНИ И ЛИНИИ ЗА КРАКА ЗА МАСИ

3.1. Изисквания към нов дизайн на изделията

След подробния обзор и анализ на съществуващият процес за производство и опаковане на крака за маси се установи, че голяма част от технологичния процес се

извършва ръчно или полуавтоматично, което затруднява усъществуването на високата производителност, която изисква пазарът на ИКЕА.

Освен това с времето част от изделията се спират от продажби, други стартират производството, а трети си променят спецификациите на параметрите за размер на съставящите ги компонентите или се установяват нови изисквания за опаковка (Глава 1). Това се случва и с разглежданото изделие крак за маси в Глава 2- крак „Къри“.

От съветствените разговори между компания ИКЕА и фирмата след направен маркетинг в световен мащаб се установява промяна на опаковката размерите и намаляване на размерите [60, 61].

Техническата реализация на това изделие е цялостна- както в габаритните размери, така и във вида опаковка и се случва в следната последователност: новият крак за маси вече е с ново име „Адилс“ и с диаметър на тръбата ϕ 40x0,85 mm, а дължината става L- 686 mm. Изискването на дизайните за опаковка е следната: всяка пета за крака трябва да бъде обвита с велпапе, в което са позиционирани също 5-те броя винчета, опаковани в плик и инструкцията за монтаж, която е с размери-75x105 mm; в специално получило се гнездо се позиционира тръбата с вече заварените към нея чашка/болт и набитата тапа; вече получилият се комплект от всички елементи на изделието се фолира с термосвиваемо фолио; етикетира се и се подрежда в кашон.

За проектирането и конструирането на автоматични машини и линии за цялостно производство на крак „Адилс“ е необходимо да се създадат няколко методики и подходи във връзка с детайли изработени от метал и детайли, които са покупни (микровелпапе, термосвиваемо фолио, раздвижни тапи, винтове, хартиена инструкция и др.) да принудят производителите на тези детайли да бъдат монтажнно пригодни. които да се следват за да изгради конкурентно съобразна, ефективна и високо производителна техника. За тази цел по-надолу са описани стъпките, по които се създават автоматична машина, които да повишат качеството им на съединяване и опаковане.

3.2. Методика за автоматично щанцоване на пета и чашка

3.3. Изследване на структурата и методите при процеса на проектиране

3.4. Иновативен подход при проектиране на машини чрез софтуер Solid Works

3.5. Подход при оформяне на техническата документация при точност на чертане

3.6. Подход при осигуряване на безопасност на труда

3.6.1. Осигуряване на безопасни и здравословни условия на труд на персонала

3.6.2. Обезопасяване на оборудване при механични опасности

3.7. Методика за технологичния процес при опаковане

3.8. Методика за постигане на висока производителност при опаковане

Опаковката е част от общата верига, която е свързана с производствените и транспортните в това число натоварвания, разтоварвания и пласмент. Тази обща зависимост между производство, транспорт и пласмент е продиктувана от опаковката, изразяваща се в следното:

1. Постигане на висока производителност при производството на опаковъчния материал и видовете опаковки с възможност за най-ниска себестойност на продукцията при желана потребителска стойност.

2. Пълно използване на опаковъчния материал и по възможност недопускане на отпадъци при неговото разкрояване.

3. Постигане на висока производителност при пълния процес, недопускане на разпиляване и повреждане на продукцията, подлежаща на опаковане.

4. Постигане на оптимални резултати при съхранения на стоките и минимална време трайност на продукта при съответни климатични условия.

5. Максимално използване на складовите помещения и транспортните средства.

6. Оптимално състояние на тарата към нето продукта. Това не трябва да става за сметка на повреждане на подлежащото за опаковане изделие.

7. Създаване на най-подходящи условия за издръжливост на опаковката и на опакованата продукция при транспорт с възможност за механизизиране, роботизиране и автоматизиране на товаро-разтоварните дейности.

8. Създаване на възможност за най-висока производителност на труда, както при опаковъчния процес, така и в търговските обекти.

9. Осигуряване на рентабилност при повторна употреба на опаковката там, където това е възможно и допустимо, а в останалите случаи преработка/ рециклиране на опаковъчния материал.

10. Художествено оформление на опаковката в максимална степен да съдейства за реализацията на продукта и същевременно да осигурява естетическа култура на опаковката за широките маси.

11. Запознаване на продукта посредством начина от имитация, подмяна и изменението на някои качествени и количествени показатели.

3.9. Методика за мехатронно повишаване на производителността на опаковане

3.10. Заключение

В Глава 3 са представени изискванията за нов дизайн на анализираният продукт – крака за плотове на маси според изискванията на компания ИКЕА. Представени са методики и подходи за автоматична подготовка на компоненти за крайния продукт:

- методики и подходи за иновативно проектиране, оразмеряване и осигуряване на безопасни условия на труд, както за персонала, така и за обезопасяване на оборудването;
- методики за технологичен процес на опаковане и осигуряване на висока производителност; методика за мехатронно повишаване на производителността при опаковане.

Използваните методики и подходи са в помощ на проектирането на иновативна автоматична техника, осигуряваща високо качество и висока производителност.

Глава 4

СИСТЕМЕН ПОДХОД ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗГРАЖДАНЕ НА ИНОВАТИВНИ АВТОМАТИЧНИ МАШИНИ И ЛИНИИ

4.1. Настъпващи промени в промишления свят

Дигитализацията на промишленото производство променя с много бързи темпове промишления свят.

Търсят се решения за постигане на възможна оптимална производителност. Осигуряване, надеждността на производствените процеси с използване и прилагане на нови иновативни, принципно нови технологии, нови материали, автоматизация и

роботизация на модерни индустриални елементи и компоненти , техники прилагани при решаване на проблемите в индустрията.

4.2. Желани промени в производството на тръбна мебел

Новите реалности по отношение на крайният цикъл на производството на продукта, е свързано с автоматизация на непрекъснатите и дискретни процеси и управление в разгледаните страни отрасли на индустрията. Основният проблем, който трябва да се отчете е факторът на време, чието значение в света на бизнеса е все по-голям придружен с другият фактор инвестиционни решения.

Това определя дали ще бъде пълна автоматизацията или постепенна. На останалите редица промени в динамичното развитие на промишлеността интелигентните информационните технологии, индустриалния интернет, интелигентни машиностроителни материали и технологии и др. са свързани с развитието на „индустрията 4“ и „индустрия 5“ [86].

Възникнала е нова ИДЕОЛОГИЯ, създаването продукт от ИКЕА да бъдат удобни, леки, създадени чрез нови иновативни технологии в практична и удобна опаковка.








Уникалното в дизайна на ИКЕА е комбинацията визия, функционалност, качество, устойчивост и достъпна цена. Усъвършенстване на производството е възприетия иновативен подход на ИКЕА е в духа на екипност доставчиците т.е. иновативно производство за едно с доставчиците. Следващия етап е тестване на качеството както в процеса на изработване така и на готовата продукция.

Не са подминава и качеството на вложените суровини в произвежданите продукти.

4.3. Входна суровина и подготовка на щанцовани детайли

Във връзка с улесняването на пазарните условия на избор и покупка на продукт от клиенти, който ИКЕА непрекъснато поддържа контакт се налага да се разработят иновативни автоматични опаковъчни линии на цяла произвеждана и предлагана продукция на пазара. Това налага да се изходи от изисквания на пазара за опаковане на ИКЕА Specification ISO-P0010/2010.11.12; Version AA-171373-8.

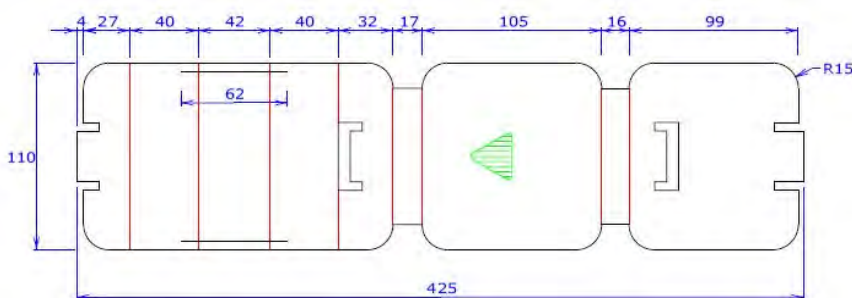
Таблица 4.2 Детайли/ елементи на крака

№ по ред	Наименование				Наименования на крака						
	Елементи	изработени	В метал	покупни	New IDEIS for LEGS				LEG 110	Vika KAJ	Galant
					1	2	3	4			
1	Тръба 1 Ф 60x69 2 Ф 40x58	да	да	-	+	+	+	+	Φ50 L100		
2	Чашка 1 Ф 48 2 Ф 88	да	да	-	+	+	+	+	+	-	-
3	Болт 1 M8x20 2 M8x10	-			+	+	+	+	+	-	
4	Чашка/болт 1 заварка 2 тел				+	+	+	+	+	-	-
5	Тръба/чаша/болт 1			да	+	+	+	+	+	-	-

	Заварено 2 тел											
6	1 Ф Пета Мрежа	да	да	-	+	+	+	+	-	+		
7	1 Ф48,3 Тапа 2 Ф38,3	-	-	да	+	+	+	+	-	Ф36	Ф36	
8	Регулируема пета М8x20	-	-	да	+	+	+	+	-	+	+	
9	Инструкция за монтаж-хартия	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+	
10	Пакет от PVC 5бр.1 винтове 2	-	-	да	+	+	+	+	-	-	-	
11	Картон 1и 2 долно 1долно Крафт хартия,вълна е 2 горно	-	-	да	+	+	+	+	-	-	-	
12	Лепило „хот мел“ Хенкел	-	-	да	+	+	+	+	-	+	+	
13	Кутийка 1+2 Крафт хартия,вълна е	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+	
14	Тиксо 1 Солвент 5-30С ⁰ 2 хотмел 15-25 С ⁰	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+	
15	Термо свиваемо фолио Флексосий- рН- НВ-ролка	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+	
16	Ролка етикет- баркод	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+	
17	1 Ф45 Тръба 2 Ф38	да	да	-	-	-	-	-	-	1. ф45 2. ф38	1. ф45 2. ф38	
18	Чашка заварена 1. съосна 2. неклонна	да	да	-	-	-	-	-	-	1/ Ф65 600/900	1/ Ф65 600/900	
19	Механизъм за промяна на височината	-	да	-	-	-	-	-	-	1/ Ф65 600/900	1/ Ф65 600/900	
20	PVC- поливинил хлорид тиксо	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+	
21	Кашон велпапе 140бр.	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+	
22	Кутийка от едно картонче крафт от вълна Е	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+	

В таблица 4.2 са показани детайлите и елементите, участващи в опаковката. Възникнаха проблеми при автоматизация на монтажните процеси и операции, основни и спомагателни, участващи при манипулирането на детайлите/елементите в автоматичната опаковаша линия [88-92].

В позиция 22 е дадена опаковка от микровелпапе, изработена от едно картонче Фиг 4.2. Чрез ръчно манипулиране се получава кутийката и чрез лепило да се получи кутийка. Но производителността е ниска. Но то даде идеологията да бъдат 2 картончета. А трябва всички тези детайли/ елементи да отговарят на изискванията на стандарта на ИКЕА.



Фиг 4.2 Ръчно картонче от микро велпапе

От направените проучвания в глава 1, реализираните разработки и натрупания опит, отразен в глава 2, предложените иновативни подходи и методики за повишаване на ефективността и производителността за разработване и изграждане на автоматични машини и линии и анализи узря идеология потвърждава .

Всички детайли/ компоненти изработени, както от метал, така и на част от покупните е нужно да бъдат безупречно обработени с високо качество. Всеки от тях има проблеми с манипулирането им. Как ще се решава монтажният опаковъчен процес, автоматичното захранване на позициите с детайли/компоненти, какъв ще бъде изборът на автоматичните магазини, отсекатели, промишлени манипулатори, транспортни системи, хващачи, лепила и т.н., което потвърждава прилагането на стегнатото производство.

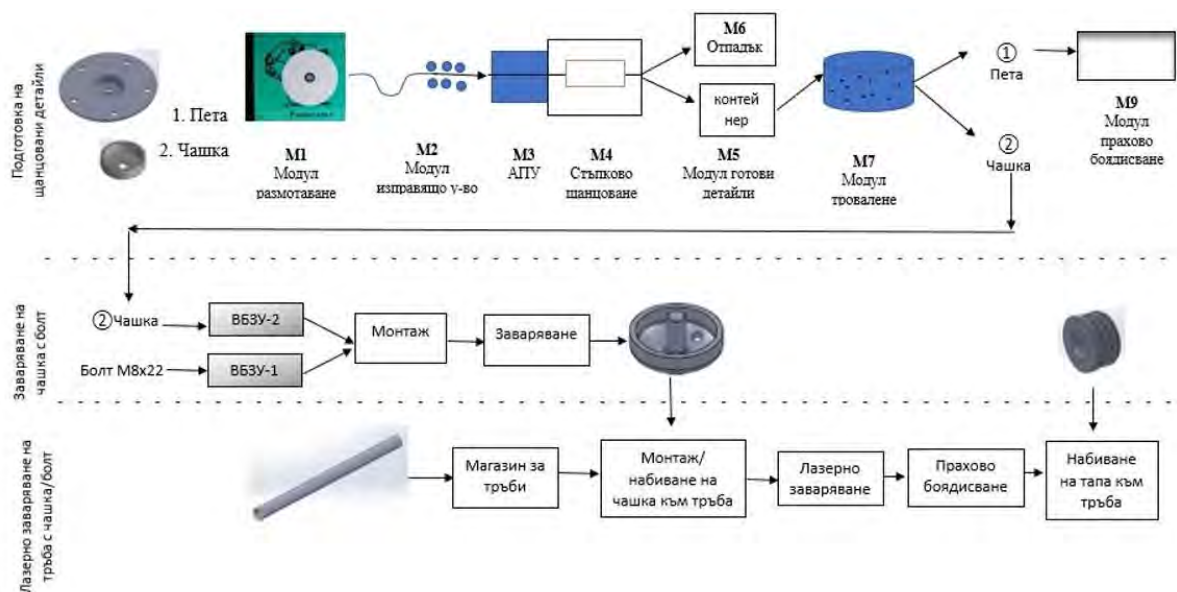
Следва да се разработят иновативни: автоматична монтажна машина 1 (АММ1), Автоматична монтажна машина 2 (АММ2), структурна компоновка на полуавтоматична опаковъчна линия и изградена автоматична опаковъчна линия.

За да се избегне първоначалното ръчно подаване на листовия материал се пристъпи към компоноване на нова автоматична машина с внедряване на иновативни елементи за подаване на заготовка към щанцата е внедрена нова иновативна машина със иновативни елементи. Тя включва: размотаващо устройство, изправящо устройство, подаващо устройство. На фиг. 4.3 са показани новото изработване на пета и чашка с болт чрез основни и спомагателни операции.

Необходимата суровина са метални ГВ щрипси, марка стомана DD11, с размер 2,5x109 mm за детайл пета и 2,5x58 за детайл чашка. Те се произвеждат в дъщерната фирма на завода. Щрипса се поставя на размотаващото устройство,

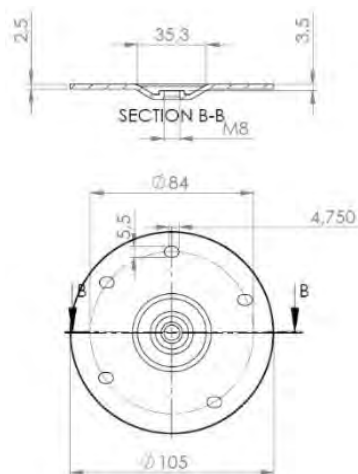
Съвкупността от размотаващо, изправящо и подаващо устройство (фиг. 4.4, 4.5, 4.6) спомагат за повишаване на производителността и автоматизирането на производството. На фиг. 4.7. е представена ексцентрик преса с позиционирано подаващото устройство.

И при двата детайла едновременно се извършват операциите, включващи изрязването на размера, пробиването и вдлъбването.

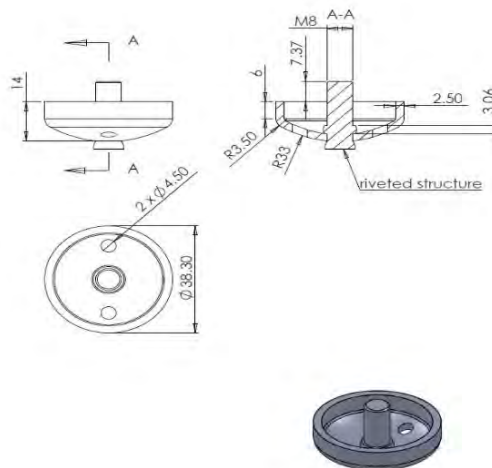


Фиг. 4.3 Структурна схема на нов технологичен процес

Поради получените усеньци от рязането на детайла, те претърпяват още една междинна операция – шлифоване, включваща различни по форма и размери видове шлифовъчни тела, поставени във вибро машини (Тровалене) [93]. Като последна операция, която се извършва е резбоване в средата на детайла. На фиг. 4.8 е показан чертеж на детайла „Пета“, който включва един резбови отвор М8 и 5 бр. елипсовидни проходни отвори, а на фиг. 4.9 чертеж на детайл „Чашка“ [56, 57].



Фиг. 4.8 „Пета“



Фиг. 4.9 Чашка/болт за тръба

4.4. Определяне на производителността

От направените маркетингови произведения в собствените молове и на международните пазари, както и непрекъснатото следене на продажбите, ИКЕА оформя една желана производителност $Q=1200$ бр/ч $Q=1000$ бр/ч $Q=720$ бр/ч, за плотовете на маси солидарност с амбицията на ИКЕА да произвежда продукция съобразена с околната среда, задоволявайки изискванията на екологията, използване на рентабилна опаковка се възприема разработките на иновативните две автоматични монтажни машини, полуавтоматичната опаковъчна линия и структурна компоновка на цялостната

автоматична опаковъчна линия с предложената желана производителност от $Q=1200$ бр/ч [94-99].

Направени са изчисления на теоретичните тактове за ИАММ1;ИАММ2;ИПАОЛ и СКАОЛ като към желаната производителност Q^* са прибавени още 2% предвиден

брак. По начало трябва и за четирите разработки да се възприеме $\tau_i^* = 1200 \frac{\text{бр}}{\text{ч}}$. Но поради конструктивни, технологични, захранващи, ориентиращи и особено избора на работна лимитираща операция се прие разработването им да бъде по отделно.

Така се утвърди идеологията съобразена с възникналите трудности в производството на тръбна мебел и проблема при опаковането на продукта-крака за плотове на маси. Пристъпи се към изчисляване и определяне времената при автоматизирането на дискретните производствени процеси и операции основни и спомагателни. Отнася се от една страна до изработване на част от детайлите от метал, а другата участието на покупните детайли/елементи, компоненти отразени в таблица (4.2) но изграждането им трябва да удовлетвори разработките да бъдат пренастройваеми.

Оказа се, че основната опаковъчна операция стъпка 5 на позиция 5 се нанася на капки на две пътеки върху перата/ капки на долната кутийка $t_{\text{пл}} = 3.94$ s с $t_{\text{пр.х}} = 1$ s и $\sum t_{\text{из.п.з}} = 0,06$ s което е $t = 5$ [s]. В същото време изпарява и част от разредителя. Така се получава взаимното залепване.

Вторият проблем Покупните компоненти и на инструкция за монтаж-хартия и 5бр винтове в пакет PVC в настоящия етап се обслужва от един оператор.

Трети проблем. Съвместяване на операции- заваряване с лазер и операция контрол на заварка.

Четвърти проблем. Съвместяване на всички операции с термотунел.

След изчисляване на всички работни лимитиращи работни времена $t_{\text{рл}}$ се прехвърля към изчисляване, анализиране и съгласуване на времената за: празните ходове, $t_{\text{прх}}$; сумарни, извънциклови, собствени - $\Sigma t_{\text{соб}}$, допълнителни $\Sigma t_{\text{доп}}$ и ремонтни $\Sigma t_{\text{рем}}$ за загуби, след което се нанесоха в таблица 4.3.

Действителните тактове за всяка действаща автоматична техника са както следва: ИАММ1 $\tau_1^* = 6$ [с], ИАММ2 $\tau_2^* = 3,57$ [с], ИПАОЛ $\tau_3^* = 5$ [с] и СКИАОЛ $\tau_4^* = 4$ [с].

Иновативна автоматична монтажна машина е дублирана, за да изпълни производствената програма на фирмата.

Определените стойности за теоретичен такт и производителност са представени в таблици 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3 Изчисляване на теоретичните тактове

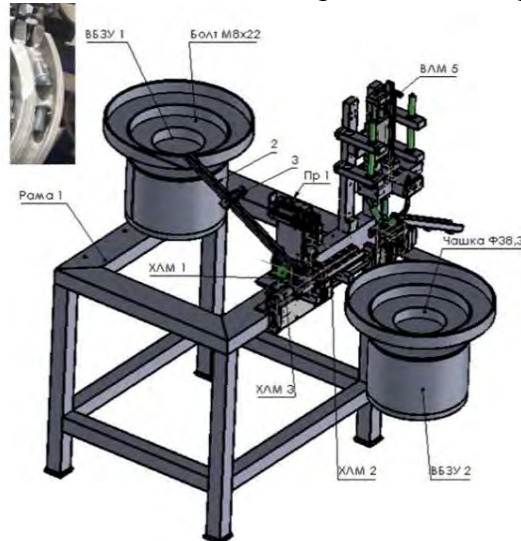
№ на вариант	$t_{р.л}$	$t_{р.х}$	$t_{л}$	$\Sigma_{сип}$	$t_{обр}$	$\Sigma t_{р.б}$	$T_{ап.т}$	$t_{р.ен}$	$t_{бр}$	$\Sigma t_{л.оп}$	$t_{рп}$	$t_{т.рп}$	$\Sigma t_{р.ем}$	$\Sigma t_{в.д}$	дет.
	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
ИАММ1	5	0,7	5,7	0,05	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05	0,2	0,05	0,05	0,1	0,4	6 детайла
ИАММ2	3	0,54	3,54	0,05	0,05	0,1	0,05	0,025	0,025	0,1	0,05	0,05	0,1	0,3	3,57
ИПАОЛ	3,94	1	4,94	0,01	0,01	0,02	0,01	0,005	0,005	0,02	0,01	0,01	0,02	0,06	5
СКАОЛ	2,94	1	3,94	0,01	0,01	0,02	0,01	0,002	0,005	0,02	0,01	0,01	0,02	0,06	4

Таблица 4.4 Изчисляване на производителността

№	АТ	$t_{р.л}$	$t_{р.п.с}$	$t_{л}$	$K=$	бр./л	$Q_{тех} = \frac{1}{t_{р.л} + t_{р.п.х} + t_{с.об}}$	$Q_{тех}$	бр./л	$Q_{ф.в.к} = \frac{1}{t_{р.л} + t_{р.п.х} + \Sigma t_{с.об} + \Sigma t_{д.оп} + t_{р.в.м}}$	$Q_{ф.в.к}$	$Q_{ф.в.к}$
1	ИАММ1	5	0,7	5,7	0,2	720/1440	$Q_{тех} = \frac{1}{5 + 0,7 + 0,1}$	620,8/1241	$Q_{ф.в.к} = \frac{1}{5 + 0,7 + 0,1 + 0,1 + 0,1}$	600/1200		
2	ИАММ2	3	0,54	3,54	0,333	1199,9	$Q_{тех} = \frac{1}{3 + 0,54 + 0,1}$	1014,8	$Q_{ф.в.к} = \frac{1}{5 + 0,54 + 0,1 + 0,1 + 0,1}$	1008		
3	ИПАОЛ	3,94	1	4,94	0,202	728,744	$Q_{тех} = \frac{1}{3,94 + 1 + 0,02}$	725,806	$Q_{ф.в.к} = \frac{1}{3,94 + 1 + 0,02 + 0,02 + 0,02}$	720		
4	СКАОЛ	2,94	1	3,94	0,254	913,706	$Q_{тех} = \frac{1}{2,94 + 1 + 0,02}$	909,09	$Q_{ф.в.к} = \frac{1}{2,94 + 1 + 0,02 + 0,02 + 0,02}$	900		

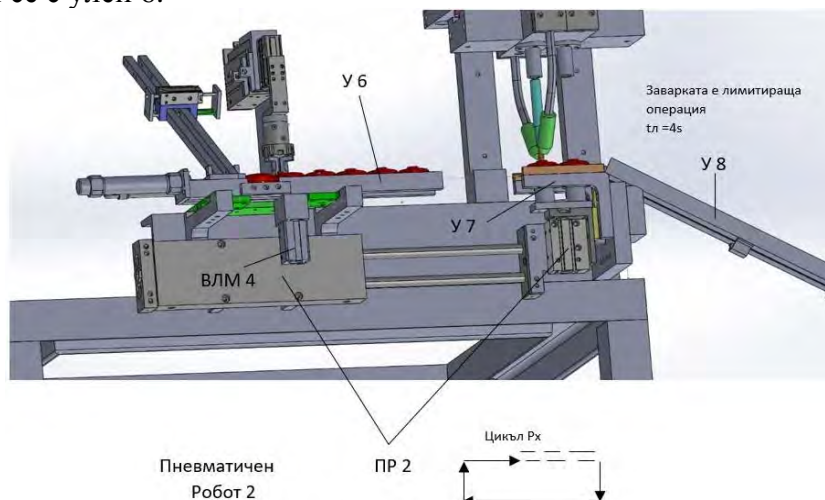
4.5. Иновативна автоматична монтажна машина 1 (ИАММ1)

Служебното предназначение на иновативна АМЛ е да извърши две операции, монтаж на щанцована метална чашка с болт М8х20mm (покупен) и застопоряване чрез електродъгово заваряване в защитен газ. Същевременно тя е пренастройваема.



Фиг. 4.10 Автоматична машина 1- АМ 1

Лимитиращата операция е заваряване на 2 точки болт- чашка. Тази операция е съобразена с един пневматичен вертикален модул 5 (ВЛМ.5), носещ заваръчните 4 бр. електроди едновременно заваряващи 2 бр. чашка/болт за време $t_{рл} = 4$ s, от заваръчен апарат МИГ/МАГ Фиг. 4.12. Понеже при заваряване се отделят искри, модулът е заграден с предпазен щит. По време на изпълнение на операцията заваряване, пневматичния робот 2 изпълнява цикъл 2, вертикалният модул слиза надолу, следва придвижване на хоризонталния модул, после вертикалният модул се издига нагоре, изравнявайки се с улей 6.



Фиг.4.12. Заваряване на чашка с болт М8х20 mm

4.6. Иновативна автоматична монтажна машина 2 (ИАММ 2)

Иновативната автоматична машина 2 фиг. 4.13 е проектирана и изработена за извършване последователно на следните стъпки:

Стъпка 1. Монтаж на операции- набиване на завареният детайл чашка/болт в тръбата;

Стъпка 2. Осъществява се контрол за проверка набиване на чашка/болт в тръбата, осигуряващ следващата работна позиция;

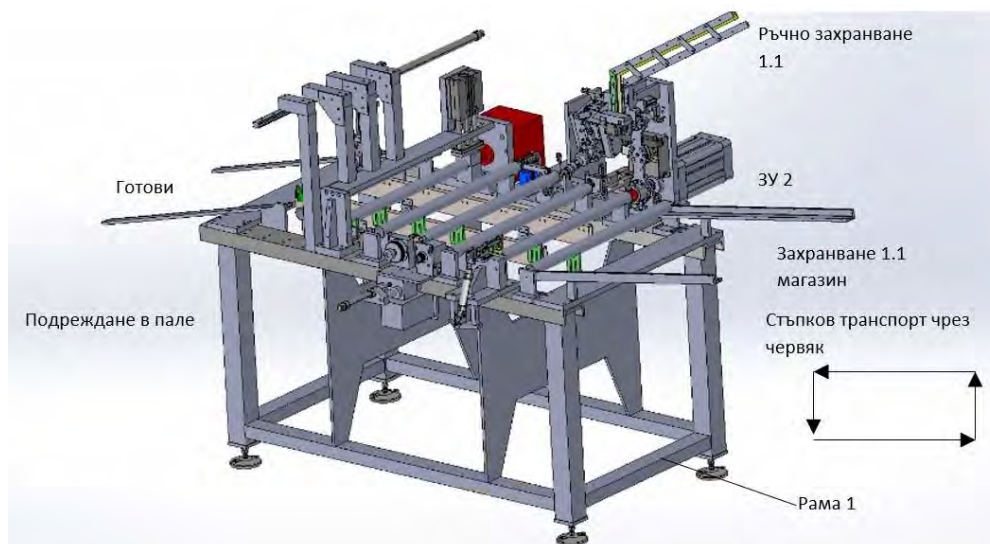
Стъпка 3. Лазерно заваряване на набитата чашка/ болт в тръбата. Тя е лимитиращата операция на АМ 2 при действителен такт $\tau^d = 4$ s/бр., осигуряваща производителност $Q_p = 900$ бр./ h.;

Стъпка 4. Свободна;

Стъпка 5. Тестване на заварката с натоварване чрез пневматичен цилиндър, осигуряващ натиск от 800 kg.;

Стъпка 6. При издържан тест, готовият детайл се прехвърля през улей в контейнер за готови изделия. Ако при теста се установи: лоша заварена чашка/болт с тръбата или не отговаря по дължина, или се спуска заваръчния шев на тръбата, детайла се отстранява за брак чрез пневматичен манипулатор в контейнер за брак. Автоматичната машина 2 е проектирана и изработена пренастройваема.

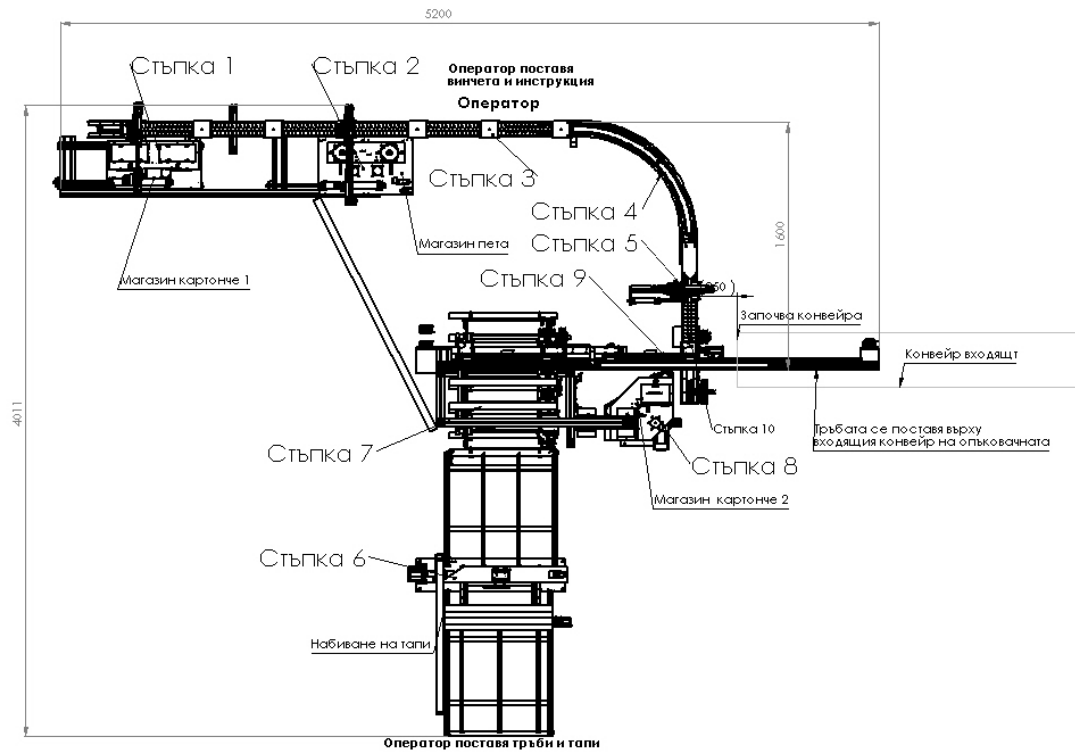
Всички операции осъществяващи монтаж, контрол, лазерно заваряване, свободна стъпка, тестване и пневматичен робот, отстраняващ брака се монтирани на основна рама, в която е вграден 7 стъпков линеен транспортър.



Фиг.4.13. Автоматична машина 2 (АМ 2)

4.7. Иновативна полуавтоматична опаковъчна линия (ИПАОЛ)

На фиг. 4.21 е представена структурната компоновка на къса иновативна пренастройваема полуавтоматична линия за опаковане на крака „Къри“ и „Адилс“. Производството на краката е масово. Съвместен монтаж на крака и плота изграждат маси. С промяната на вътрешния дизайн се променя и дизайнът на масите, което се отразява и на дизайна и на масите.



Фиг. 4.21. Структурна компоновка на опаковъчна линия

Полуавтоматичната линия е изградена от три участъка. Участък 1 (У1) се състои от 5 стъпки (позиции), Участък 2 (У2) от 3 стъпки (перпендикулярен на У1) и трети събирателен участък 3 У3- от 2 стъпки.

В Участък 1 последователно са разположени позициите реализиращи монтажните стъпки на основните и спомагателните операции при манипулиране на детайлите за опаковане

Участък 2 (У2) се съвместява перпендикулярно с У1. В него са реализирани последователно три стъпки, изпълняващи необходимите основни и спомагателни операции

Участък 3- Фиг. 4.32. Той е събирателен участък

4.8. Структурна компоновка на иновативна автоматична опаковъчна линия

Служебното предназначение на структурната компоновка на иновативната автоматична опаковъчна линия е да се извършат последователно две опаковки, показана на фиг. 4.34



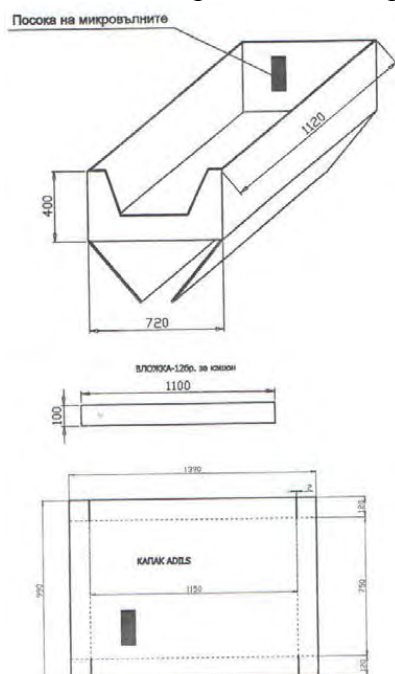
Фиг.4.34 Структурна компоновка на ИАОЛ

В участък 2 (У2) е монтиран верижен стъпков транспортър с дължина $L=1,8$ m, на който са разположени 12 броя автоматични хващачи на разстояние 152,4 mm със стъпка 3/8 цола по стандарта на DIN ISO 08-B1. Последователно се манипулират: тапа с пета, тръба (крак), чашка/болт и картонче 2.

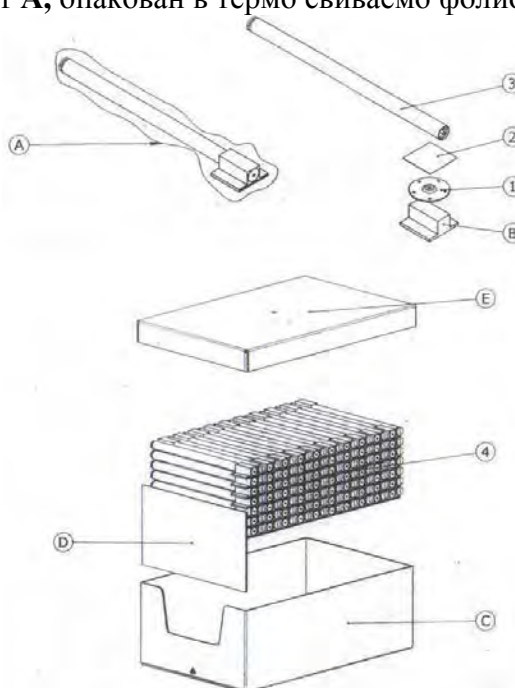
Тук се съвместява У1, У2 и У3 и така се осъществява залепването на долната кутийка (картонче 1) и горната кутийка (картонче 2).

Фолираната вторична (облечена) опаковка навлиза в термотунела/пещ (позиция 4), осигуряващ температура между $T=160 \div 180$ °C. При излизането на изделието от термо тунела се оформя плътен пакет, съвместяващ тръбата с кутийка 1 и 2. Готовият продукт се поема от линеен транспортър с плоска лента (позиция 5), където се изстудява до стайна температура. Следва автоматично залепване на продукта с баркод след което пристъпват към опаковане в кашони.

Оператор ръчно подрежда готовият продукт в кашоните от велпапе. За да бъдат плътно подредени пакетите в кашоните, те се завъртат на 180 °C през пакет. На фиг. 4.36 е показан пакетиращия готов продукт А, опакован в термо свиваемо фолио.



Фиг. 4.35. Размери на кашон

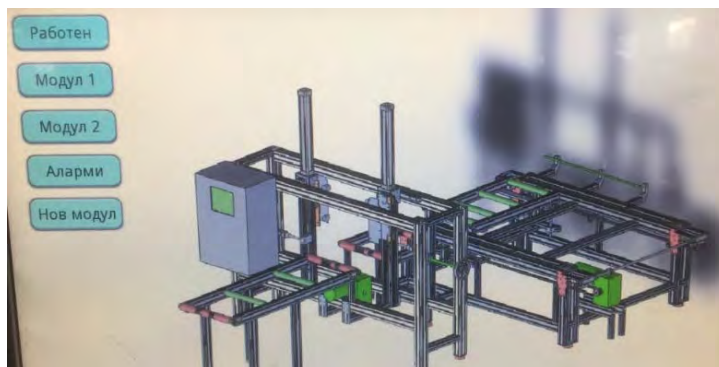


Фиг. 4.36. Подреждане на опаковка „Крак 2“

4.9. Проектиране и програмиране на машина за автоматично залепване на кашони с готова продукция

4.9.1. Визуализация на машина с (HMI)

Основен принцип на визуализацията е да пресъздаде работата на машината и да покаже основните процеси за изпълнение на цикъла. Визуализация на (HMI-Human-Machine Interface) връзка човек-машина представя работата на избраната машина и може да контролира нейните изпълнителни органи в ръчен режим. Също така показва действието на всички сензори и следи за възникнали аларми и алармени събития [100].



Фиг. 4.37 Основна визуализация на HMI на машина за лепене на тиксо

4.9.2. Визуализация на машина с (SCADA)

Основен принцип на визуализацията е да пресъздаде работата на машината и да организира основните връзки между различните устройства. Връзката е създадена по профинет и събира данни от контролера и ги праща към SCADA. SCADA събира данните и ги препраща към други периферни устройства като принтер за надписване на кашони и HMI. Основната визуализация следи процеса и показва скоростта на цялата система.

4.10. Заключение:

В Глава 4 са представени настъпилите и желаните промени в промишления свят, които са обобщени на база маркетингови проучвания. Възникнала е нова ИДЕОЛОГИЯ, създаването на продукт от ИКЕА да бъдат удобни, леки, създадени чрез нови иновативни технологии в практична и удобна опаковка. Избрани са най-подходящите суровини и средства, отговарящи на стандартите по ISO от ЕС, които да спомогнат за осъществяването на тази цел.

Чрез внедряване и синергично използване на модули е създадена иновативна технология за щанцоване, посредством размотаващо, изправящо и подаващо устройство. Синергичното използване на технологиите повишава производителността на заготовителните детайли се увеличава приблизително с 35-40%.

Проектирани, разработени и внедрени в производството, посредством софтуерен продукт са:

1. Иновативна автоматична монтажна машина за заваряване на детайли чашка с болт;
2. Иновативна автоматична монтажна машина за заваряване на детайли чашка/болт с тръба;
3. Иновативна полуавтоматична опаковъчна линия.
4. Структурна компоновка на иновативна автоматична опаковъчна линия.

Разработената конкурентно способна структурна компоновка на автоматична опаковъчна линия за опаковане в опаковка на микро велпапе на цялостна опаковка (комплект) и тяло на крак „Адилс“ с действителен такт $\tau_d = 4$ s. За опаковането на изделие “ADILS” производителността е 24 бр/min.

Разработена и програмирана е иновативна машина за залепване на кашони с тиксо чрез софтуерна програма SCADA, която събира данните и ги препраща към други

периферни устройства. Също така показва действието на всички сензори и следи за възникнали аларми и алармени събития.

Глава 5

Бъдещи проекти

1.1. Иновативен Крак

Проекта за иновативен крак, представен на цели да се премахнат част от съществуващите операции- щанцоване на детайл чашка, заваряване на чашка с покупен болт, заваряване на чашка/болт с тръба за крак. Принципната схема при новият иновативен крак е следният: На револверна глава се нарязва едра резба директно върху външният диаметър на тръбата. По същият начин се нарязва резба и на щанцованата провлачена пета. По този начин съединяването на двата детайла става чрез въртливо движение на тръба и пета.

1.2. Отдел за шатъл заваряване

На територията на завода е планирано да се изгради цех за автоматизирано, роботизирано заваряване. С тази иновативна система за роботизирано заваряване се постига висока продукция, минимални грешки и малък брой работна ръка.

1.3. Заключение

Благодарение на иновативните технологии, които е планирано да се внедрят се намаляват операциите при технологичния процес на изработване на готовият детайл крак за плотове за маси. Чрез внедряване на отдел за шатъл заваряване се увеличава качеството и се намаля броя служители, които участват в процеса на заваряване.

И двете иновативни технологии допринасят за увеличаване на ефективността на производството при производство на тръбна мебел.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съставен е обзор за производство на тръбни мебели и компоненти. Анализирани са производствения процес на тръбна мебел през етапите му на развитие. Обърнато е внимание на видове изделия, които са произведени, както и техният обем. На база на съставените анализи се констатира, че изделията с най-голям обем производство са краката за плотове на маси. От изключителна важност е запазването на качеството на произвежданата продукция, както и тяхното пакетирание и транспортиране. От направения анализ на опаковъчни продукти и технологии, спрямо изисквания за качество на ИКЕА са избрани този тип продукти, които са най-удачни за автоматизиране, екология и икономическа ефективност.

На база на направения анализ в глава 1 е обърнато внимание на технологичния процес и суровина за крака на маси. Изделието е избрано поради автоматизационна дружелюбност. Съставните му компоненти и монтажнопригодността му са удачни за автоматизиране на технологичния процес. Разгледани са четири варианта за автоматизиране на технологичния процес. Изчислена е желаната и действителна производителност. На база на критерии и фактори са избрани варианти 3 и 4, които покриват желаното качество и обем.

На база маркетингови проучвания и повишени изисквания за опаковка на изделията е необходима корекция на следните характеристики: размери, тегло, вид опаковка и наименование. Съставени са подходи и методики, по които да се проектират иновативни машини с повишена производителност, контрол на качеството, подобряване на опаковката, повишаване на безопасността и намаляване на разходите за производство.

Представени са нови изисквания на опаковъчни материали, задоволяващи нуждите на развиващият се свят. Описана е доставната суровина, използвана за производството на новият вид изделие. На база на желана годишна производителност е калкулиран теоретичен такт и е сравнен с действителния. Получената действителна производителност и действителния такт отговаря на предварително зададените критерии. Проектирани, изработени и внедрени в производството са четири броя иновативни машини, които да отговорят на повишените изисквания. Иновацията на тези машини се състои в синергично използване на модули, внедряване на индустрия 4.0 и интелигентно управление на брака. Четирите иновативни машини са както следва: автоматична монтажна машина за заваряване на чашка с болт; машина за лазерно заваряване на тръба към чашка/болт; опаковъчна линия и структурна компоновка на опаковъчна линия.

Полуавтоматична машина е проектирана и внедрена в производството за автоматично залепване на кашони с готова продукция. По време на производствения цикъл внедрените елементи от индустрия 4.0 дават възможност за: проследяване на аларми и нередности по време на процеса; съставяне на база данни с информация за произведено количество; съставяне и изпращане на отчет към облак. Отчетът съдържа данни за мониторинг.

Иновативните технологии допринасят до намаляване на операциите при технологичния процес. Използването им увеличава производителността, качеството, намалява разходите, повишава безопасността и допринася за предпазването на околната среда.

Научно-приложни приноси в дисертационния труд:

Приносите в дисертацията имат основно научно-приложен характер и са както следва:

5. Анализирани и систематизирани са различните методи и средства за реализация на процеси на щанцоване, заваряване и опаковане на тръбни изделия.
6. Обсъдени са съществуващи проблеми, решения и желани промени, касаещи производството на тръбна мебел
7. Изследвани са влиянието на ИКТ върху методите за производство на тръбна мебел.
8. Предложени са иновативни подходи и методики за проектиране на машини за автоматично щанцоване на пета и чашка на крак за маса и за повишаване на ефективността и производителността на автоматични машини за крака за маси.
9. Предложени са иновативни методики за повишаване на производителността на опаковане.
10. Проектирана, разработена и внедрена в производството е иновативна автоматична монтажна машина в два варианта.
11. Проектирана, разработена и внедрена в производството иновативна полуавтоматична опаковъчна линия.
12. Предложена е структурна компановка на иновативна автоматична опаковъчна линия.
13. Направени са експериментални разработки и симулации на различни методики в индустриална среда.
14. Защитена е интелектуална собственост.
15. Разработените автоматични машини са съобразени с европейските стандарти.
16. Оказана е методологична помощ при усвояване на принципът им на работа
17. Повишено е качеството, обема и ефективността на произвежданата продукция
18. Резултатите от експериментите са верифицирани и анализирани с цел повишаване качеството на продукцията и нейната производителност
19. Предложени са бъдещи проекти- Иновативен крак.

БЛАГОДАРНОСТИ

Имах честта да работя под ръководството на проф. д-р Димитър Карастоянов, който ме подкрепяше и помагаше през годините – сърдечно благодаря за помощта му.

Също така искам да благодаря на проф. д-рн Галя Ангелова за възможността да работя с уникална и модерна научно-изследователска апаратура в Smart Lab към ИИКТ-БАН.

Разбира се, бих искал да изкажа благодарности и на доц. д-р Николай Стоименов за методическите указания и насоките, които ми даде.

Благодаря също на проф. д-р Тодор Нешков и на доц. д-р Любен Клочков от катедра АДП към МФ на ТУ-София за подкрепата през всичките години от докторантурата ми.

Сърдечно Благодаря на всички !!!

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Български тълковен речник, „НИ“ Л. Андрейчин, Ст. Илчев, Н. Костов, Ив. Леков, Ст. Стойков, Цв. Тодоров, четвърто издание, допълнено и преработено от Димитър Попов, 2018, ISBN-10:954-02-0156-X; ISBN-13:978-954-02-0156-6
- [2] ИНОВАЦИИТЕ – ЕВРОПЕЙСКИ, НАЦИОНАЛНИ ПОЛИТИКИ, научен редактор проф. д.ик.н М. Петров, Фондация „Приложни изследвания и комуникации“ ARC FUND, 2008 г.
- [3] Дамянов Д., Гешев Т. и Чукалов К., „Четвърта индустриална революция- същност и проблеми“, ИК „КИНГ“ С 2019, ISBN: 978-954-9518-97-9
- [4] Schwab Kl., (2016): The Fourth Industrial Revolution, King Edition
- [5] Клаус Шв., Ванхан П., „Капитализъм на заинтересованите“, глобална икономика в полза на прогреса, хората и планетата, изд. „КАТЕХОН“, С. 2021 г., ISBN: 987-619-01-08949-8
- [6] <https://www.ikea.bg/> (последно посетен 12.2021г.)
- [7] IKEA Specification ISO – 0010/2010.11.12, Version AA-171373-8, замества AA-171373-7
- [8] Stoimenov N., Panev P., Karastoyanov D., Software for 3D Modeling, Simulation and Optimization. XXVII International Scientific and Technical Conference, ADP - 2018., June 21-24th 2018, Publishing House of Technical University of Sofia, ISSN:13 10 - 3946, pp. 329-334
- [9] Lombard M., SolidWorks 2009 Bible Wiley Publishing Inc., 2009, ISBN: 978-0-470-25825-5
- [10] Paneva M., Research of Mechanical Characteristics in Tensile Tests of Low Carbon Steel Samples During Transformation from Hot Rolled to Cold Rolled Sheet Metal. 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, 70, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, 2018, ISSN:1847-7917, pp. 153-158
- [11] Paneva M., Stoimenov N., Hardness of Working Rolls for Cold Rolling Mill. 8th International Conference, ICAT'19 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, August 26-30, 2019, ISBN:E-978-605-68537-4-6, pp. 203-206
- [12] Метал ин <https://metalin.com/bg/pages/Kakvo-predstavlyava-shtantzovaneto.html> (последно посетен Декември 2021г.)
- [13] Производство на матрици <https://www.engineering-review.bg/bg/proizvodstvo-na-matrici-shtanci-i-presformi-komponenti-i-materiali/2/3747/> (последно посетен Декември 2021)
- [14] <https://www.polymeta.bg/home?v=461b1990fe86> (последно посетен Декември 2021)
- [15] Д-р инж. Петър Д. Димитров, Проектиране, изработка и експлоатация на инструментална екипировка за пресова обработка на листов материал. <https://leanpub.com/proektirane-izrobotka-i-eksploatacia-na-instrumentalna-ekipirovka-za-stancovane/read> (последно посетен Декември 2021г.)
- [16] Видове опаковки, <https://www.packit.bg/vidove-opakovachni-materiali.html> (посетен декември 2021 г.)
- [17] Интелигентно европейско опаковане - ProPack <https://propackmagazine.bg> (посетен декември 2021 г.)
- [18] Булекопак А. Д., Основни изисквания към опаковките в Европа.

- [19] PRO EUROPE, Ефективно опаковане – ефективно предотвратяване, 2008.
- [20] Стреч фолио <https://www.packit.bg/bg-news-details-18.html>, (посетен ноември 2021 г.)
- [21] Полиетилен <https://elplast-bg.com/%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B%D0%B5%D0%BD/> (последно посетен ноември 2021)
- [22] <https://printguide.info/pomoshtnik/vidove-velpape,560.html> (посетен ноември 2021 г.)
- [23] Интелигентно европейско опаковане - ProPack <https://propackmagazine.bg> (посетен Декември 2021г.)
- [24] МАКСЕТ, <https://www.makset.eu> (последно посетен Декември 2021г.)
- [25] Видове тиксо, <http://tikso.bg> (последно посетен Декември 2021г.)
- [26] „Заваряване“, ТУ София, 2009 г., доц. д-р М. Тонгов
- [27] EN ISO 4063:2009
- [28] https://metalin.com/bg/pages/Kolko-vida-zavaryavane-ima?fbclid=IwAR2PKU2gpkMEhw8nfvfM3rV4u6Ofu6l41GI6st4Hd4N9oAVOxNqZh_Gawzb8
- [29] <https://www.engineering-review.bg/bg/lazerno-zavaryavane/2/2335/>(последно посетен Декември 2021г.)
- [30] „Технология на заваряването“, ТУ София, 1987 г., проф. д.т.н. К. Велков
- [31] <https://www.redco.bg/> (посетен декември 2021 г.)
- [32] <https://www.harkobg.com/> (посетен декември 2021 г.)
- [33] <http://en.maxphotonics.com/> (посетен декември 2021 г.)
- [34] Божинов Б., Наръчник по опаковане, С., 2005.
- [35] Булекопак А. Д., Основни изисквания към опаковките в Европа.
- [36] П. Панев, Методи и средства за иновативно опаковане и запечатване на опаковки, International Conference RAM 2018, July 24-26, 2018, Sofia, pp. 56-60, ISSN 1314-4634.
- [37] Маркова Н., С. Стефанов, И. Илкова, Опаковъчна техника и технология, ръководство. Пловдив, 2008.
- [38] Автоматизация на дискретното производство, под общата редакция на проф. Вл. Гановски, монография, машиностроене, М., 1987г, ДИ „Техника“, 1990 г. С.
- [39] Бояджиев, Ил., Клочков Л., Монов Б.. Ръководство за лабораторно упражнение и курсово проектиране по автоматични линии, печатна база ВМЕИ „Ленин“, С., 1980г.
- [40] Гановски, Вл., Бояджиев Ил., Нешков Т., Ликов Ц., Механизация и автоматизация на монтажните процеси в машиностроенето, ДИ „Техника“, С., 1986г.
- [41] Гановски, Вл. и колектив, Автоматизация на производствените процеси с манипулатори и роботи, ДИ „Техника“, С., 1985г.
- [42] Гановски, Вл. Бояджиев Ил., Клочков Л., Автоматични линии, Печатна база при ВМЕИ „Ленин“, С., 1989г.
- [43] Нешков Т., Гъвкава автоматизация на монтажа (мехатронен подход) Монография., ТУ-София, МФ, катедра „АДП“, С., 2007г.
- [44] „Ефективността е нашия стандарт – АМК“, Списание „Автоматика и информатика“ Брой 1 2012г.
- [45] Малаков И., ”Нискостойностна автоматизация в дискретното производство” – ТУ – София 2009г.

- [46] Волчкевич Л. И., Автоматизация производственных процессов – Москва, Машиностроение, 2005г.
- [47] Boothroud G. Assembly Automation and Product Design. – Taylor & Francis Group, Published in 2005
- [48] Комплексна автоматизация на дискретното производство (2015), ТУ-София, стр. 154-177
- [49] Автоматизация на дискретното производство, под общата редакция на проф. д-р Вл. Гановски, Монография, ДИ „Техника“, С., 1990.
- [50] Стоименов Н., Гьошев С., Панев П., Клочков Л., Автоматизиране на опаковъчните процеси и операции на крак „кърри“. Част I: Оценяване степента на пригодност на детайлите участващи в автоматичното им опаковане. International Conference Robotics, Automation and Mechatronics'13 RAM 2013
- [51] Клочков Л., Георгиева В., „Автоматични машини и линии за опаковане“, Комплексна автоматизация на дискретното производство, 45г. АДП, под общата редакция на проф. д-р Иво Малаков и доц. д-р Стилян Николов, Глава 8, стр. 154-177, ТУ-София (2015)
- [52] Stoimenov N., Karastoyanov D., Klochkov L., Study of the Factors Increasing the Quality and Productivity of Drum, Rod and Ball mills, 2nd Int. Conf. on Environment, Chemical Engineering & Materials, ECEM '18, Malta Sliema, June 22-24, 2018, AIP (American Institute of Physics) Publishing house, Vol. 2022, Issue 1, ISBN: 978-0-7354-1740-3, pp. 020024-1 - 020024-6 (2018)
- [53] Митев М., Клочков Л., „Възможности за автоматизиране на монтажните операции при опаковане на шоколадови бонбони“, XXI МНТК, Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2012“, 20-23 Юни, Созопол 2012г., стр. 330-340, ISSN – 13 10 -3946 (2012)
- [54] Илиева, Р., Клочков Л., „Резерви за повишаване производителността на автоматична опаковъчна машина“, Тринадесета национална научно-техническа конференция с международно участие “Автоматизация на дискретното производство” АДП 2004. Научни известия на НТС по машиностроене, год. XI, бр. 10 (78), София, октомври 2004, с. с. 389-394 , ISSN – 13 10 -3946 (2004)
- [55] Stoimenov N., Karastoyanov D., Klochkov L., Study of the Factors Increasing the Quality and Productivity of Drum, Rod and Ball mills, 2nd Int. Conf. on Environment, Chemical Engineering & Materials, ECEM '18, Malta Sliema, June 22-24, 2018, AIP (American Institute of Physics) Publishing house, Vol. 2022, Issue 1, ISBN: 978-0-7354-1740-3, pp. 020024-1 - 020024-6 (2018)
- [56] Ройдев М., Георгиева В., Стоименов Н., Клочков Л., Панев П., Разработване на автоматична линия за опаковане с еднократна опаковка, XXV МНТК Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2016“ 23-26 Юни, Созопол 2016г., ISSN – 13 10 -3946, 2016, стр.232-239.
- [57] Panev P., Development of Automatic Packing Line for Single Packs. 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, 70, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN:1847-7917, 2018, pp. 149-152.
- [58] Гановски Вл., Бояджиев И., Клочков Л., Автоматични линии, Печатна база при ВМЕИ „Ленин“, С., 1989.

- [59] Нешков Т., Клочков Л., Димитров М., Нови тенденции в областта на автоматичното бутилиране на хранителни течности. XI, НТК, „АДП“, бр.2 (58) 10.06.2002 ISSN 13103946.
- [60] PRO EUROPE, Ефективно опаковане – ефективно предотвратяване, 2008.
- [61] Vosevska A., Neshkov T., Intelligent Manufacturing Systems, Heronpress, Sofia, 2014.
- [62] <https://www.polymeta.bg/home?v=461b1990fe86> (последно посетен Март 2021)
- [63] Д-р инж. Петър Д. Димитров Проектиране, изработка и експлоатация на инструментална екипировка за пресова обработка на листов материал. <https://leanpub.com/proektirane-izrabotka-i-eksplloatacia-na-instrumentalna-ekipirovka-za-stancovane/read> (последно посетен Март 2021)
- [64] Изисквания за геометрична точност, ISO/ TC 213, ISO/ TC 10
- [65] <https://www.solidworks.com/>, (последно посетен 12.2021 г.)
- [66] БДС ISO 14405-1
- [67] Иванова Б. и колектив, Добри перспективи за здравословни и безопасни условия на труд, 1-во издание, юни 2017, Ankara, ISBN: 978-605-68565-0-1
- [68] Закон за здравословни и безопасни условия на труд, чл. 275, ал.1, КТ
- [69] <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/106191/>(последно посетен 12.2021 г.)
- [70] БДС Компас, Безопасност на машините, Издание на български институт за стандартизация, бр. 4, юли- август 2012
- [71] Директива 2006/42/ЕО
- [72] „Използване на работното оборудване“, Гл. 6 от Наредба № 7 от 23.07.1999 г.
- [73] Христов Д., Пладие А., Технически средства и оборудване для пакетирования продукции, Машиностроение, М., 1982.
- [74] Соломенко М., Шредер В., Тара из полимерных материалов, Химия, М., 1990.
- [75] Малаков И., Ръководство за лабораторни упражнения по нискостойностна АДП, 1999.
- [76] Юруков Хр., Етикиране и представяне на храните, Наръчник, КООП, ХВП, Инфдизайн, С., 2008.
- [77] Андреев А., Христов К., Масларски Д., Техника и технология на мляко и млечни продукти, С., 1992.
- [78] Vosevska A., Neshkov T., Intelligent Manufacturing Systems, Heronpress, Sofia, 2014.
- [79] GROOVE Mikell P., “Automation Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing”, Third education, Pearson Prentice Hall International ISBNO – 13 – 207073 – L, (2008).
- [80] Dimitrov L., “Principles of mechanical engineering design” Heron press, S., (2009).
- [81] Tomov, P., Dimitrov, L. The role of digital information models for horizontal and vertical integration in intelligent production. Facta universitatis, Series: Mechanical Engineering 17 (3), 397-404, (2019)
- [82] Barbieri G., Fantuzzi C., Borsari R, A model-based design methodology for the development of mechatronic systems, Mechatronics, Volume 24, Issue 7, October 2014, pp. 833-843
- [83] Wehrmeister A., Pignaton E, Binotto A., Combining aspects and object-orientation in model-driven engineering for distributed industrial mechatronics systems, Mechatronics, 24 (2014), 844–865
- [84] SCADA Systems <http://www.scadasystems.net/> (last accessed August 2021)
- [85] Roth, A. (2016), Einfuehrung und umsetzung von Industrie 4.0, Springer Gabler, (S. 79)

- [86] Bauernhansl, Th. (2014) Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Weisbaden: Springer Vieweg, Berlin
- [87] https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE, (последно посетен 12.2021 г.)
- [88] H. Yu, X. Liu, X. Ren, Behaviour of longitudinal cracks on slab surfaces in V-H rolling processes, Steel Res. Int., 2 (2008), pp. 537-544, 10.2374/SRI07SP066-79-2008-xx
- [89] M.Nioia, S.Celottob, C.Pinnaa, E.Swartb, H.Ghadbeigia, Journal of Materials Processing Technology, Volume 249, November (2017), Surface defect evolution in hot rolling of high-Si electrical steels, Pages 302-312
- [90] S. Shainu, T.K. Roy, B.K. Dey, R.K. Sharma, N.C. Gorain, S. Dhar, C.V. Sastry, Study on Slab Surface Defects and Generation of FeO Type Slivers in Hot Rolled Coils Tata Steel Ltd., Jamshedpur (2008)
- [91] S.-L. Lee, J. Choi, Deformation analysis of surface defect on hot rolling by 3-D FEM simulation, Rev. Metall. Cah. Inf. Tech., 105 (2008), pp. 127-135, 10.1051/metal:2008025
- [92] Ivanchev I., Stoimenov N., Sokolov B., Testing of Concrete by Contactless Non-Destructive Tomographic Method, IEEE XXX International Scientific Symposium 'Metrology and Metrology Assurance' 2020 (MMA 2020), 7-11 September Sozopol, Bulgaria, (2020), E ISBN:978-1-7281-9719-7 pp. 1-6, doi: 10.1109/MMA49863.2020.9254250.
- [93] Карастоянов Д., Стоименов Н., АБРАЗИВНО ТЯЛО, Полезен модел на Република България, рег. № 2964 U1/16.07.2018.
- [94] Дашенко А. И., Белоусов А. П. Проектирование автоматических линий. Учебник. Высшая школа, М., 1983,
- [95] „Проектирование металлорежущих станков и автоматический линий“, под ред. А.С. Проникова, М. Изд-во МГТУ или Н. Баумана, 2000
- [96] Шаумян Г.А. „Комплексная автоматизация производственных процессов“, М. Машиностроение, 1973 г.
- [97] Технология машиностроения, Под ред. А. М. Дальосково, М. Машиностроения, 1997 г.
- [98] „Автоматизация на дискретного производства“, Под общей редакцией проф. Е. И. Семеонова и проф. Л. И. Волкчевича, М. „Машиностроение“, 1983, с. Техника, 1991, А 274010000-228
- [99] Агрегатни машини, под общата редакция на ст.н.с Валентин Д. Грозданов, ДИ „Техника“, София 1984
- [100] Dimitrov S., Dimitrov L., Dimitrova R., Nikolov S., EXAMINATION OF THE PROCESS OF AUTOMATED CLOSURE OF CONTAINERS WITH SCREW CAPS, International Conference on Information Technologies ICIT-2019: Information and Communication Technologies for Industry and Research, 7-8.02.2019, Saratov, Russia, © Springer Nature Switzerland AG, ICIT 2019, SSDC 199, pp. (502–514), 2019.

Abstracts of Dissertations

Number 6, 2022

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Брой 6, 2022

Автореферати на дисертации