

АВТОМАТИЗИРАНЕ НА ОПАКОВЪЧНИТЕ ПРОЦЕСИ И ОПЕРАЦИИ НА КРАК „КЪРИ“.

***Николай Стоименов, *Станислав Гьошев, **Петър Панев, **Любен Клочков**

* Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска Академия на Науките, ул. Академик Георги Бончев, блок 2, 1113 София, България

**Катедра Автоматизация на Дискретното Производство, Факултет по Машиностроене и Уредостроене, Технически университет – София, бул. Св. Климент Охридски №8, 1000, София, България.

Част II: Разработване на конкурентни варианти за опаковане.

Резюме: В настоящата разработка са направени маркетингови проучвания относно нарастващото търсене на крак „къри“. Посочена е желаната часова производителност. На тази база са разгледани теоретичната и действителна производителност. Разработени са и са анализирани предложените структурно-компоновъчни варианти за автоматизиране на опаковъчните процеси и операции на крак „къри“, след което е направен избор на вариант.

1. Въведение.

Опаковката на даден продукт изпълнява няколко функции: запазване целостта на продукта; запазване интегритета на продукта при транспортиране и представяне на готовата продукция в подходящ за клиента вид. Интегритетът и целостта на продукта са важни фактори. Очевидно е, че отделните операции при опаковането не могат да променят продукта. Пълненето не може да наруши целостта на продукта и материалите трябва да бъдат инертни. Опакованите продукти трябва да достигнат до потребителя без каквото и е счупване, разливане или ръждясване. Те могат да бъдат транспортирани по земя, въздух и море, и за да е сигурно, че е избрана подходяща опаковка за даден продукт, се препоръчва да се влезе в контакт със съответната институция отговаряща за транспорта и да се направи консултация относно всички подробности и текущите изисквания засягащи транспортирането на дадена стока.[1, 3, 6, 12, 13]

Целта на настоящата работа е разработване на структурно-компоновъчни варианти за автоматизиране на опаковъчните процеси и операции на крак „къри“.

2. Производителност.

От направените маркетингови проучвания на международните пазари, тенденцията е нарастване производството на крак „къри“. [15, 16, 17]. Това оформя една желана производителност за около $Q_{гж} = 7,5$ млн./год. На тази база се оформя технико-икономическо задание с производителност на ОАМ $Q = 1200$ бр./h.

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“.

Предвид на сложната икономическа ситуация на международните пазари в момента се налагат да се направят изчисления за една по малка теоретична производителност $Q_{гж} = 800$ млн. бр./h (таблица 1) [4,5,7]

Наистина конкурентната ОАМ взета за база има по-малък теоретичен такт.

Таблица 1. Теоретична производителност.

произв.	Д _{рг}	К _{см}	η _{изп}	8x3600	Σ _ф	Q _{г.г.и.}	Q _{г.р.ч.}	Q _{г.б.р.}	Σ _{Ои.г.ж}	τ ^T =Φ/Qи Г.Ж
бр./h	бр.	бр.		[s]	[s]	бр./h.	бр./h.	бр./h.	бр./h.	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).

Таблица 2. Желана производителност.

№ по ред	Време	При теоретичен такт $\tau^1=2,86[s/бр.]$	Работни смени			При теоретичен такт $\tau=1,91[s/бр.]$	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 $t_{рл}$, е показано в таблица 3. [3, 11]

Таблица 3. Действителен такт.

произв.	$t_{рл}$	$t_{ПР.Х}$	Σc_u	$t_{ОБР}$	$t_{ОР.Г}$	$t_{ПР}$	$t_{БР}$	$t_{Г.Р}$	$t_{ППР}$	$\Sigma \tau^d$
бр/h	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	s/бр.
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 $t_{рл1} = 1,7 [s]$ и $t_{рл2} =$

4,71 [s]. Действителните тактове, разпределени по месец и година са показани в таблица 4.

Таблица 4. Действителна производителност.

№ по ред	Време	При действителен такт $\tau^d=5,76[s/бр.]$	Работни смени			При действителен такт $\tau^d=2,76[s/бр.]$	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 4 не удовлетворяват желаната производителност предоставена в технико-икономическото задание. Затова се налага да се направят експериментални опити -

изследвания относно времето за заваряване на PVC опаковъчен материал. Получава се за $t_{рл} = 4,36 [s]$.

При получените $t_{рл}$ са направени нови изчисления за производителностите (таблица 5).

Таблица 5. Желана експериментална производителност.

№ 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

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 $OAM^{пета} t_{рл} = 5,41 [s/бр.]$ и $OAM^{крак} t_{рл} = 2,7 [s/бр.]$. При една желана производителност от 7 500 000 бр./год. ще бъдат необходими ще бъдат необходими за фолиране на пета 3бр. ОАМ, а за фолиране на тръба 2бр. ОАМ. След усвояване на производството може да се мисли за една съвместна автоматична фалираща машина за готовия крак „кърн“ – пета и тръба заедно. [2]

От направения анализ за „автоматизационнодружелюбност“ както и монтажпригодност се установи, че автоматизацията за опаковане е доста труден процес. Затова трябва да се разработят конкурентноспособни варианти, съобразени с условията на фирмата. [2, 4, 12, 13]

3. Разработване на структурно-компоновъчни варианти.

Пакета се оформя от опаковъчен материал тип „Флексосийл – HDPE“ и носещ наименованието тип крак „кърн“.

Всеки разгледан вариант на опаковъчната автоматична машина представлява структурна компоновка от няколко позиции, изградени на агрегатно модулени принципи: автоматични модули, автоматични хранящи устройства, ВЗУ, 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. [2, 6, 7, 11, 12, 13, 14]

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

На фиг. 1.а) е показана структурната компоновка на ОАМ за опаковка на пета, пакет 5бр винтове и инструкция за монтаж. Принципа на действие е следния: в клетъчния верижен транспортър са монтирани кошници в които операторът поставя пета и пакет с 5бр.

винтовете. В същия момент чрез яка се оформя ръкав от фолио, предварително зелен от вертикално лепящо устройство и хоризонтално лепящо устройство. В така образувания пакет се изсипват петата, пакета с винтове и от АЗУ се подава инструкция за монтаж. Посредством вертикална рамка, задвижвана от пневматични цилиндри, пълния пакет се издърпва една стъпка надолу, следва хоризонтално запояване, отрязване и готовия пакет попада в палета. Едновременно с отрязването става и последващото хранване на друг пакет.

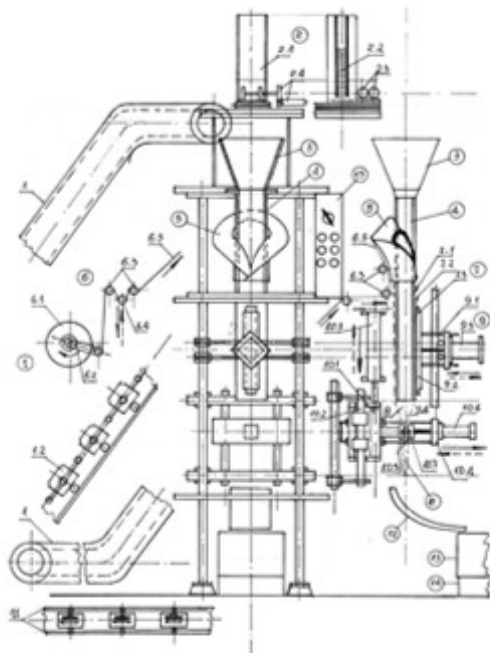
Съществува и втора ОАМ (фиг.1.б), която е направена за опаковане на тръба с пета. Тръбите се хранват с магазинно устройство, тапите се ориентират в БЗУ и се монтира в тръбата чрез пневматичен отсекател. Тръбата се придвижва посредством стъпков транспортър и чрез яка се образува фолиото, което се придвижва на една стъпка, спира се движението, залепва се хоризонтално и вертикално и следва отрязване. След това опакованата тръба се придвижва с лентов транспортър, като преминава през етикираща позиция. За да се получи необходимата производителност работят едновременно три ОАМ за пета – с такт $\tau^a=5,41[s]$ и две ОАМ за тръба с такт $\tau^a=2,7[s]$. Тези 5 машини се обслужват от пет оператора. Следва ръчна операция залепване на опаковката с петата и опаковката на тръбата с тиксо. Така получения пакет се поставя в кашон по 10 реда x 26 броя = 260 броя. Тази ръчна операция се извършва от два оператора. На една европалета се поставят два кашона. За една работна смяна – 12 часа се произвеждат 12 палета.

Съобразени с направените варианти от Оценяване степента на пригодност на детайлите за автоматичното им опаковане [17] се пристъпва към разработване на трети вариант с автоматично опаковка на първите три детайла и вторите два детайла в съвместна опаковка, показан на фиг.1.в). Принципа на действие е следния: придвижването на детайлите се осъществява от стъпков транспортър, който в първа позиция се хранва чрез магазин и отсекател; следва придвижване на една стъпка; на втора позиция върху петата се подава инструкция за монтаж; отново следва придвижване на една стъпка; на третата позиция с помощта на БЗУ чрез улей и отсекател се подава опаковка с винтове. В четвърта позиция от магазин чрез отсекател тръбата се

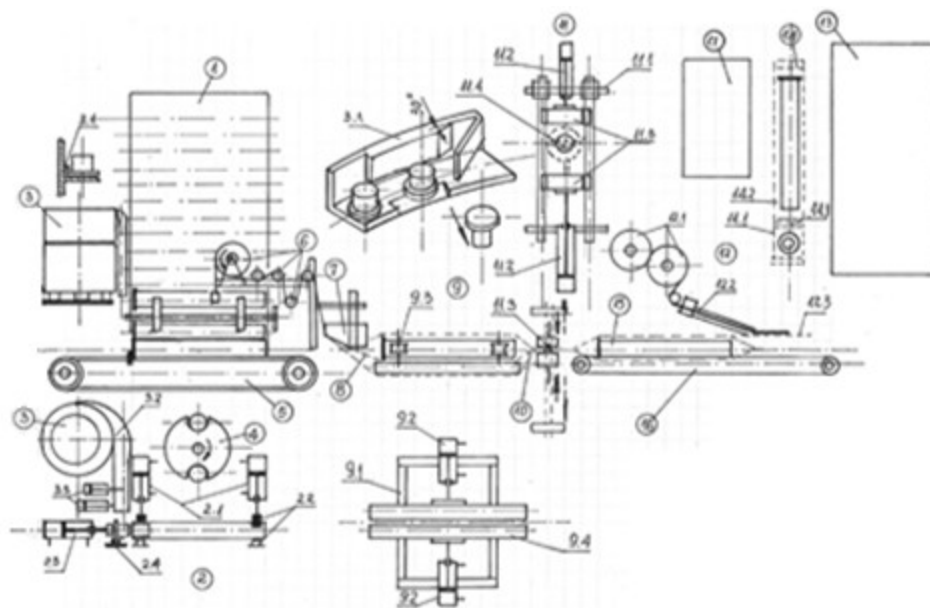
подава на приспособление за застопоряване, а от БЗУ с помощта на улей и отсекател се подава тапата, която се монтира в тръбата, посредством отсекател. Готовото изделие се подава на транспортъора, подава се фолио, придвижва се напред и чрез яката се образува обща опаковка, спира стъпковия транспортър, запоява се хоризонтално и се запоява вертикално в единия край между тръбата и петата, а в другия край се запоява и отрязва готовата опаковка, постъпваща в лентовия транспортър и преминаваща през позицията за залепване на етикета. Готовата опаковка се поема от оператор и се нарежда в кашона. Тук такта е 3мин. за цялата опаковка, но се срещат големи затруднения при ориентирането на винтовете, защото не надеждно тяхното прихващане от магнита. По-малки са проблемите със захранването на инструкцията. Получаваните откази не могат да задоволят действителната производителност.

Горепосоченият проблем налага да се разработи нов вариант, показан на фиг.1.г). Този вариант е от синхронен тип, линейно изпълнение от 10 позиции. Всичките детайли: пета, инструкция за монтаж, покупен плик с 5 бр. метални винтове, пластмасова тапа и кръгла метална тънкостенна тръба се опаковат в един съвместен пакет.

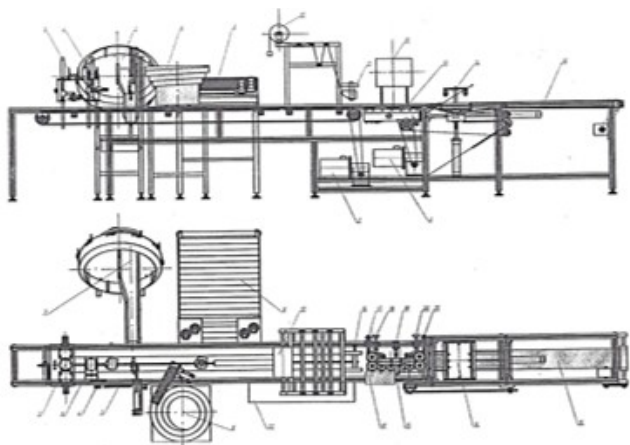
Необходимо е да се отбележи, че пазарните изисквания непрекъснато нарастват и в последно време фирмата производител се налага да потърси друг вид материал за опаковане. Предлага се използването на мрежест материал, с което ще се намали разхода на опаковка. Това ще съдейства за повишаване на производителността, намаляване разхода за опаковане и



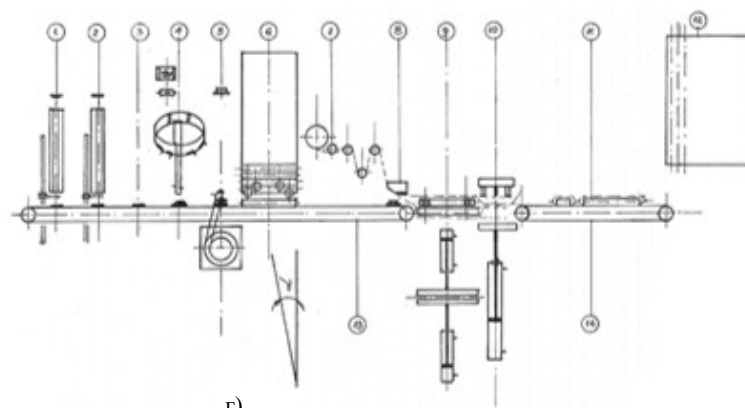
а)



б)



в)



г)

Фигура 1. Структурни компоновъчни варианти.

теглото на цялата опаковка, което е минимално за една опаковка но за 7 500 000 бр./год. е доста.

4. Избор на вариант

В настоящия момент е много трудно да се определят критериите, факторите и параметрите по които ще се осъществява изборът на вариант. При съставянето на предлаганите структурно-компоновъчни варианти, фирмата се е ръководила от решенията на нискостойностната автоматизация. Какво може да се използва от наличната елементна база.

В крайна цел на фирмата е необходимо да си помогне както на нея, така и на своите клиенти, изискващо да се работи по-ефективно, по-успешно, налагащо да се отделя по-голямо внимание освен всичко останало, да разделя своята политика за ефективност в три области:

1. *Спестяване на енергия.* От редица наблюдения и изчисления, енергийните разходи могат да достигнат до 90% от общите разходи на дадена внедрена и експлоатирана инсталация. По принцип между 5 и 10% от инвестиционните разходи, могат да се считат за разходи по време на експлоатация на дадена ОАМ. Тъй като автоматизацията се осъществява чрез различни задвижвания, а те използват различен вид енергия (пневматично, хидравлично, електрическо), необходимо е да се търсят пътища за оптимизиране на разходите им.

Направените изследвания показват 62,3% икономия на енергия, 17% спестено време, съкращаване на работния цикъл с 8% и значително подобряване на точност и повторяемост при производството на детайли, а оттам и намаляване на брака.

2. *Спестяване на пространството.* Като пример може да се посочи да се използват най-компактни сервозадвижвания. Решаващ фактор при тях е така наречената плътност на мощността (мощност в единица обем).

Освен намаляване на размерите при една и съща мощност се подобрява коефициента като цяло на ОАМ.

3. *Съхраняване на времето.* Повишаването на ефективността включва оптимално използване на работното време: програмиране, параметризация, задаване на задание, оптимизация, дистанционна поддръжка и диагностика – дейности, които отнемат време и капацитет на производствените автоматични машини и линии.

В настоящия момент е много голямо разнообразието на представената на пазара автоматична техника, която може да се използва при изграждането на ОАМ. Въпреки голямото разнообразие на продукти и изделия, които се опаковат, може да се подходи към проектиране и изработване на ОАМ, използвайки

комплексно – системния подход за проектиране и агрегатно модулния принцип за изграждане на ОАМ.

5. Анализ на разглежданите варианти.

При избора на вариант се изхожда от таблица 6, 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.

От таблица 6 е очевидно, че ОАМ произведена от фирма „КАР“ – Германия няма данни. Освен това, част от необходимите данни за получаването на всички посочени критерий, фактори и параметри не са дадени от фирмата, която експлоатира съществуващото оборудване.

От таблицата е очевидно, че действителния такт от ОАМ – 1 ОАМ – 2 е:

$$\tau^a = 5,41 + 2,7 = 8,11 \text{ s.}$$

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 работници.

Следователно 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.

6. Изводи:

От направените пресмятания за производителност предложените за разглеждане варианти и направения избор на варианти могат да се направят следните изводи:

1. От направените изчисления относно теоретичния и действителния такт се установява, че за ОАМ-1 $\tau^a = 5,41$ [s] а за ОАМ-2 $\tau^a = 2,7$ [s]. Общото време за 1 бр. пакет е 8,11 [s]. За изпълнението на $Q_n = 1200$ бр/ч пакета на крак „къри“ са необходими три ОАМ-1 и две ОАМ 2 с общ брой обслужващ персонал 12 души, от които 5 души оператори, 3 души, които връзват и поставят пакетите в кашоните и 4 души обслужващ персонал, захранващ с детайли машините и извозват готовата продукция. Освен това се увеличава заетата площ за разположението на ОАМ, също така се увеличава разхода на енергия, сгъстен въздух и др.

2. Проектирана е нова ОАМ с такт $\tau^{\text{л}}=3$ [s], която е изработена в метал. Тя задоволява действителната

производителност $Q_{\text{л}}^{\text{д}}=12006$ р/ч.

Таблица 6. Избор на вариант.

№ по ред	Наименование	Дименсия	Варианти				
			Ф „КАР“ Германия	1	2	3	4
1	Q _л – желано	бр/ч	1200	1200	1200	1200	1200
2	$\tau^{\text{т}}$ – теоретичен такт	с/бр	3	2,86	1,91	1,91	-
3	Q _л – теоретично	бр/ч	1200	881,6	1322,4	1322,4	1200
4	$\tau^{\text{д}}$ – действителен такт	с/бр	3	5,41	2,7	2,7	3
5	Q _л – 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 натоване	[ват]	6	6	6	6	6
8	Вход на състен въздух	l/min	-	1500	1500	2000	1800
9	Земана площ	m ²	-	6	8	12	12
10	Управление		siemens	siemens	siemens	siemens	siemens
11	Материал за опаковка		ФЛЕКСОСИИЛ НДРЕ				
	– 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 обслужване	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	-

При тази производителност ще може да се постигне $Q_{\text{л}}=7500000$ бр/год. пакета крака „къри“. За седмица производителността $Q=150000$ бр/сед. Обслужващия персонал е 4 души.

3. ОАМ е пренастройваема. Новият пакет улеснява продажбата в търговската мрежа.

4. Новата ОАМ ще се изплати за по-малко от 8 месеца.

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.

Литература

1. ИНОВАЦИИТЕ – ЕВРОПЕЙСКИ, НАЦИОНАЛНИ ПОЛИТИКИ, научен редактор проф. д.ик.н М. Петров, Фондация „Приложни изследвания и комуникации“ ARC FUND, 2008 г.
2. IKEA Specification ISO – 0010/2010.11.12, Version AA-171373-8, замества AA-171373-7
3. Автоматизация на дискретното производство, под общата редакция на проф. Вл. Гановски, монография, машиностроене, М., 1987г, ДИ „Техника“, 1990г. С.
4. Бояджиев, Ил., Л. Клочков, Б. Монов. Ръководство за лабораторно упражнение и

курсово проектиране по автоматични линии, печатна база ВМЕИ „Ленин“, С., 1980г.

5. Гановски, Вл., Ил. Бояджиев, Т. Нешков, Ц. Ликов, Механизация и автоматизация на монтажните процеси в машиностроенето, ДИ „Техника“, С., 1986г.
6. Гановски, Вл. и колектив, Автоматизация на производствените процеси с манипулатори и роботи, ДИ „Техника“, С., 1985г.
7. Гановски, Вл. Ил. Бояджиев, Л. Клочков, Автоматични линии, Печатна база при ВМЕИ „Ленин“, С., 1989г.
8. Нешков Т., Гъвкава автоматизация на монтажа (мехатронен подход) Монография., ТУ-София, МФ, катедра „АДП“, С., 2007г.
9. „Ефективността е нашия стандарт – АМК“, Списание „Автоматика и информатика“ Брой 1 2012г.
10. Малаков И ”Нискостойностна автоматизация в дискретното производство” – ТУ – София 2009г.
11. Волчкевич Л.И. Автоматизация производственных процессов – Москва, Машиностроение, 2005г.
12. Boothrout G. Assembly Automation and Product Design. – Taylor & Francis Group, Published in 2005
13. GROOVER Mikell. P., “Automation Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing”, Third education, Person Prentice Hall International ISBN0 – 13 – 207073 – L, 2008.

14. 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 Mechatronics'13 RAM 2013
15. Проспектни материали на фирмата “GD” – Италия.
16. Проспектни материали на фирмата „Хауни” – Германия.
17. Проспектни материали на други фирми.