

AUTOMATED PALLETIZING OF PACKAGED PRODUCTS⁶

Assoc. Prof. Ivanka Peeva, PhD

Department of Manufacturing engineering

„Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: 082 888 712

E-mail: ipeeva@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Chavdar Kostadinov, PhD

Department of Communication and information systems,

„G. S. Rakovski” National Defence College, Sofia, Bulgaria

Tel.: 02 9226596

E-mail: ch.kostadinov@rndc.bg

Abstract: *The article examines issues related to optimizing the operation of a palletizer for single products under different production conditions. A simulation model of operating equipment for palletizing single packages with bulk material has been developed, allowing the study of the influence of certain factors on the operation of the considered system and the possibilities for effective application.*

Keywords: *Automation, Automatic palletizers, Simulation modeling of production systems, GPSS.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременните индустриални производствени системи се характеризират с определена гъвкавост, което позволява лесното им адаптиране към променящите се условия на работа в ширококоеномклатурните дискретни производства (Koleva, S., Enchev, M., Beljov, E., 2018; Mladenov, Y., Dimitrov, D., Karachorova, V., 2016). Автоматизацията на производствените процеси намира приложение в различни области, като машиностроене, хранително-вкусова, химическа и други промишлености, което води до повишаване на производителността и подобряване условията на работа (Todorov, T., Chakar, D., 2019). Автоматизираното палетизиране на опакована готова продукция обхваща все повече производства, като познаването на тези процесите и възможностите за тяхното моделиране позволява анализ и прогнозиране на основни параметри на индустриалните производствени системи.

Предмет на разглеждане е палетизиращата система в цех „Крайни продукти“ на фирма за обработка на селскостопанска продукция. При изменение на производствените условия и търсене на възможности за използване на палети с предпочитани от клиентите размери, се налага анализ на участъците за транспорт, позициониране и автоматизирано подреждане на опаковките, като се определят зоните, където въвеждането на изменения би довело до намаляване на цикловото време и увеличаване на производителността.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Автоматизираната система, показана на фиг.1, е предназначена за палетизиране на готова продукция на блок-палети с размери 1000/1200 мм. Обект на палетизиране са опаковки (торби) с размери 400/600/150 мм, пълни с царевичен продукт, който е изсушен до достигане на необходимия прахообразен вид. Торбите са от два слоя хартия, като между тях има найлон. Те се поставят по пет на ред, общо осем реда в палет, като с цел стабилност всеки ред се поставя на 180 градуса спрямо предходния. Първоначално се подават три торби, които са завъртени на 90° спрямо оста на транспортъора и се преместват от избутваща лапа върху платформа, след което постъпват две торби без да се завъртат.

⁶ Докладът е представен в секция „Механика и машиностроителни технологии“ на 27 октомври 2023 г. с оригинално заглавие на бълг. език: АВТОМАТИЗИРАНО ПАЛЕТИЗИРАНЕ НА ОПАКОВАНИ ИЗДЕЛИЯ

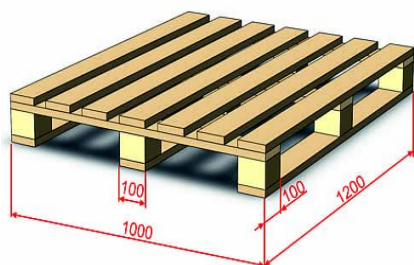
Избутващата лапа ги премества върху платформата до другите три торби. Така редът се счита за готов, платформата се отваря и пуска торбите върху палета. Палетът е готов при направени 8 реда и се спуска с помощта на носач върху ролков път, който се задвижва и премества палета извън работната зона. Палетизаторът се връща в изходна позиция и е готов за следващ цикъл на работа (Nikolov, N.,2022).

При анализа на работния цикъл на палетизиращата система експериментално са установени посочените времена за отделните технологични операции за опаковане и палетизиране на торба с размери 400/600/150 мм.: време за дозиране на торба – 17 сек.; време за транспорт в палетизатор – 6 сек.; време за хващане/отпускане на лапата – 1 сек.; време за избутване на торби – 2 сек.; време за палетизиране на 1 ред (пет броя торби) – 67 сек.; време за запълване на палет– 536 сек.; време за смяна на готов с празен палет – 15 сек. Общото циклово време е 551 сек (Nikolov, N.,2022).

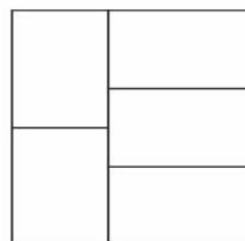


Фиг. 1. Автоматизирана палетизираща система

На фиг. 2,а е показан дървен палет с размери 1000/1200, използван като опаковъчна единица, а на фиг. 2,б подреждането на изделия в един ред.



а)



б)

Фиг.2 Палет с размери 1000/1200 мм

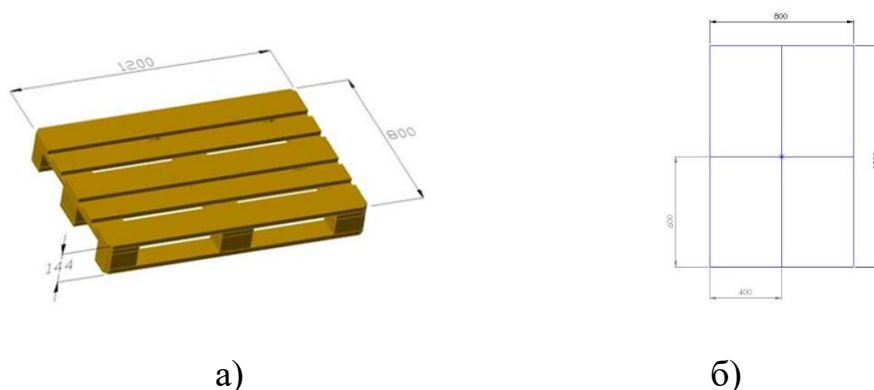
Периодът на работния цикъл и честотата на неговото повторение определят цикловата производителност на оборудването.

$$\Pi_{\text{ц}} = \frac{1}{T} = 1 / (t_p + t_n) = 1 / (8,93 + 0,25) = 0,109 \text{ бр/мин}$$

$P_{\text{ц}} = 6,54$ палета/час.

Технологичната производителност $P_T = 0,1126$ р/мин, изчислена без отчитане загубите от спомагателни (празни) ходове, може да се използва като критерий за оценка на различни варианти за организация на работа, както и търсене на оптимални стойности на основни параметри на оборудването при определени производствени условия. Реалната производителност на техническата система зависи от времето за обслужване, включващо зареждане на магазина с празни палети и освобождаване на изходната позиция от готовите палети.

При изискване на клиентите за работа с европалети, с размери 800/1200 мм, за палетизиране на произвежданите във фирмата насипни продукти се използват същите опаковки от многослойни хартиени торби с единична маса от 25 кг и размери 400/600/150 мм. Палетизаторът (фиг.3) поставя готовите торби на дървен европалет (фиг.3.а,б) при определена конфигурация на подредба, предварително програмно зададена в системата за управление.



Фиг.3. Палетизиране на опакован насипен материал

Разглежданата система позволява работа с посочения размер палети, при използване на приспособление, ограничаващо ширината на палетизирания слой изделия. Последователността на работа на палетизатора, след монтиране на приспособление към хранващ модул (за редене на 4 торби на ред), включва 8 еднакви цикъла, всеки от който осигурява запълване на един ред от палета при следните операции: постъпване и избутване на две опаковки върху платформата; връщане на избутвача в начално положение; постъпване и избутване на други две опаковки; отваряне на платформата и пускане на 4 торби върху палета; затваряне на платформата и връщане на избутвача. Спомагателните операции включват: спускане на палета върху ролковия път; извеждане от палетизатора; подаване на празен палет; повдигане на празен палет до платформата. Времето за запълване на един ред с 4 торби е 57 сек., а за един палет с 8 реда е 456 сек., при останали еднакви други времена за отделните операции. Използвайки теоретичните зависимости, за този вариант на работа се получава производителност 7,62 европалета/час и коефициент на производителност $\eta = 0,96$.

При действащо оборудване и с оглед определяне на условията за удовлетворяване изискванията на клиенти за реализиране на определен обем производствена програма, вид и размерите на товарните единици (палети) с опаковани изделия е целесъобразно използване на симулационно моделиране работата на техническата система, отговарящо на реални производствени условия. Производителността на палетизатора оборудване зависи от времената за: постъпване на изделия в разтоварваща позиция и формирането на ред; преместване на опаковките от един ред върху платформата; затваряне и отваряне на платформата; спомагателни времена за зареждане и освобождаване на палет.

За изследване на възможностите за повишаване на производителността на разглежданата система е предложен адаптиран модел на палетизиращ модул, представен като система за масово обслужване (Kostadinov, Ch., Peeva, I., 2017). На входа постъпват заявки (опаковани единици), които се обслужват от палетизатора (Peeva, I., Kostadinov, Ch., 2021).

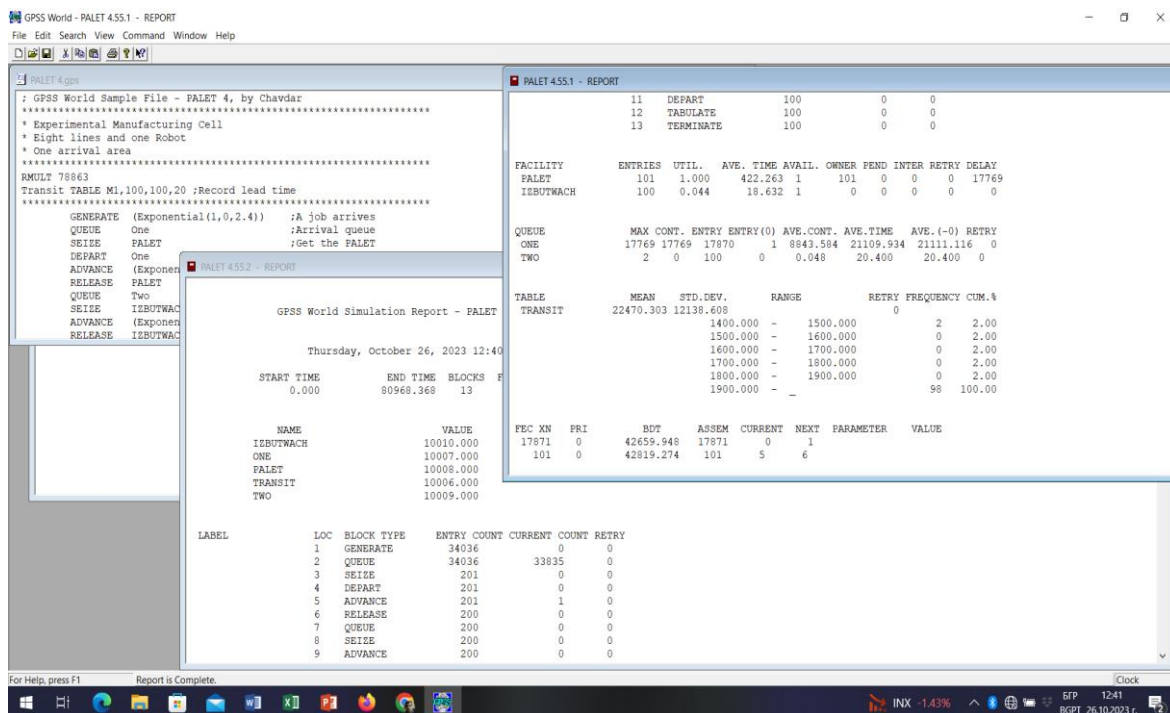
За разглеждания палетизатор е разработен симулационен модел в среда на софтуерния продукт GPSS World (фиг. 4), като е прието един цикъл от работата на системата да

съответства на запълване на един палет. Извършените симулации при съществуващото положение за палетизиране на опаковките по 5 на ред показват съответствие на получените резултати с реалната производителност на системата от 6,5 палета/час, което потвърждава достоверността на модела. Представеният модел е адаптиран към условията на работа на автоматизирания палетизатор с палети от вида 4/8, съдържащи 32 опаковки с насипен материал. На фиг.5 са показани извършени симулации, като един стандартен протокол от системата GPSS е посочен на фиг.6. Направени са 10 последователни симулации и за всяка е зададена производствена програма, съответстваща на запълване на 100 палета. На фиг.7 графично са показани резултатите от извършените 10 симулации и получената средна стойност на производителността на палетизатора, като се отчита, че намаляване на времето за обслужване с 12 % води до увеличаване на производителността с 15 %. Това показва, че зададения обем производствена програма (100 палета) може да се реализира за 16 работни смени, а в случая при намаленото време за палетизиране са необходими 13 работни смени.

```
; GPSS World Sample File - PALET 4
*****
* Experimental Manufacturing Cell
* Eight lines and one Palet
* One arrival area
*****
RMULT 78863
Transit TABLE M1,100,100,20 ;Record lead time
*****
      GENERATE (Exponential(1,0,2.4)) ;A job arrives
      QUEUE   One                      ;Arrival queue
      SEIZE    PALET                    ;Get the PALET
      DEPART   One                      ;Depart the queue
      ADVANCE  (Exponential(1,0,456)) ;PALETIZIRANE moves to 1 PALET
      RELEASE  PALET                    ;Free the robot
      QUEUE    Two                      ;Wait in next queue
      SEIZE    IZBUTWACH                ;Get the IZBUTWACH
      ADVANCE  (Exponential(1,0,15))  ;IZBUTWACH moves 1 STEP
      RELEASE  IZBUTWACH                ;Free the IZBUTWACH
      DEPART   Two                      ;Depart the queue
      TABULATE Transit                  ;Transit time
      TERMINATE 1                      ;Job is completed
*****
```

Фиг. 4 Симулационен модел на палетизатор

С помощта на разработения симулационен модел може да се изследва влиянието на определени параметри, като: скорост на движение на подаващата транспортна система, възможност за съвместяване на спомагателни движения и др. върху производителността на автоматизирания палетизатор, при равни други производствени условия. Това би позволило оптимизиране работата на системата, нейното възможно адаптиране към изискванията на клиентите и осигуряване на конкретна производствена програма.



Фиг. 5 Симулации в среда на GPSS World

GPSS World Simulation Report - PALET 4.54.1

Wednesday, October 25, 2023 16:04:23

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	42656.297	13	2	0

NAME	VALUE
IZBUTWACH	10010.000
ONE	10007.000
PALET	10008.000
TRANSIT	10006.000
TWO	10009.000

LABLE	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
1	GENERATE	17870	0	0	
2	QUEUE	17870	17769	0	
3	SEIZE	101	0	0	
4	DEPART	101	0	0	
5	ADVANCE	101	1	0	
6	RELEASE	100	0	0	
7	QUEUE	100	0	0	
8	SEIZE	100	0	0	
9	ADVANCE	100	0	0	
10	RELEASE	100	0	0	
11	DEPART	100	0	0	
12	TABULATE	100	0	0	
13	TERMINATE	100	0	0	

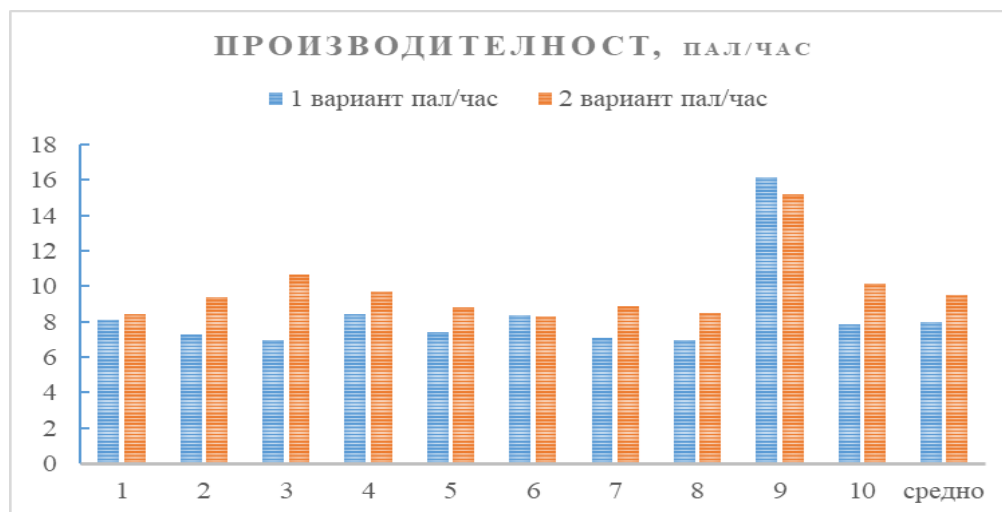
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
PALET	101	1.000	422.263	1	101	0	0	0	17769
IZBUTWACH	100	0.044	18.632	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
ONE	17769	17769	17870	1	8843.584	21109.934	21111.116 0
TWO	2	0	100	0	0.048	20.400	20.400 0

TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE	RETRY FREQUENCY	CUM.%
TRANSIT	22470.303	12138.608	0	0	
	1400.000	-	1500.000	2	2.00
	1500.000	-	1600.000	0	2.00
	1600.000	-	1700.000	0	2.00
	1700.000	-	1800.000	0	2.00
	1800.000	-	1900.000	0	2.00
	1900.000	-		98	100.00

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
17871	0	42659.948	17871	0	1		
101	0	42819.274	101	5	6		

Фиг. 6 Протокол от извършена симулация



Фиг.7 Резултати от симулационно моделиране работата на палетизатор при два варианта на времето за обслужване на заявки

Анализът, базиран на симулационно моделиране, има определено значение за ефективното използване на действащо оборудване в практиката, както и за получаване на прогнозни стойности на технически параметри на системата при определени условия на работа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на извършената работа може да се направят следните изводи:

- разработен е симулационен модел на автоматизирано палетизиращо оборудване в среда на софтуерния продукт GPSS World, съответстващ на реалната система;
- анализът, базиран на резултатите от симулационното моделиране при различна продължителност на времето за обслужване, показва реална възможност за повишаване на производителността на системата;
- симулационният модел е подходящ за анализ и прогнозиране на производителността и натоварването на автоматизирани палетизатори, с оглед изпълнение на зададена производствена програма при определени условия на работа, удовлетворяващи изискванията на клиентите.

REFERENCES

- Kostadinov, Ch., Peeva, I. (2017). Adapted method for RTM with parallel working machines. Proceedings of University of Ruse, 2017, vol. 56, book 2, 99-103, ISSN 2603-4123.
- Koleva, S., Enchev, M., Beljov, E. (2018). About the information assurance of technological processes by machining parts. IN: University of Ruse, Proceedings, Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies, Ruse, 2018, 45-50, ISSN 2603-4123.
- Mladenov, Y., Dimitrov, D., Karachorova, V. (2016). Strategy of product. International Journal - Institute of Knowledge Management, № 13.1, 215-220, ISSN 1857-92.
- Nikolov, N. (2022). Optimization of unloading position from palletizing system. Diploma work, University of Ruse, 2022 (Николов Н. Оптимизиране на разтоварваща позиция от палетизираща система. Дипломна работа, РУ „А. Кънчев“, Русе, 2022).
- Peeva, I., Kostadinov, Ch. (2021). Study of the performance of palletizing equipment. Proceedings of University of Ruse, 2021, vol. 60, book 2.1, 80-85, ISSN 2603-4123.
- Todorov, T., Chakar, D. (2019). Automated mixing and dosing of lubricants whit controlled cavitation. University of Ruse, Proceedings, Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies, Ruse, 2019, 39-43, ISSN 2603-4123.