

## Идентификация на някои типове ограничения при използване на теорията на ограниченията в индустриалното производство

Чавдар Тихолов

**Identification of certain types of restrictions on the use of the theory of constraints in industrial production:** . Analyzing the problems of identification the constraints in industrial production and proposes an algorithm for their determination

**Key words:** constraints, identification, material production

### ВЪВЕДЕНИЕ

Оптимизацията на производството и усъвършенстването управлението на материалните потоци е важна и актуална тема за съвременната икономика. Оптимизацията е основна задача преди всичко в индустриалното производство, където ефективността на неговите производствени системи е от първостепенно значение. Един от начините за решаване на тази задача е използването на метод за оптимизация - Теорията на ограниченията (ТОС) [1,2]. Тя спомага за подобряване на производствения процес, отчитайки и елиминирайки множеството ограничаващи го фактори. Така се предоставя възможност за постигане на висока ефективност без значителни инвестиции за модернизация на промишленото производство за определено време [4,7]. Основна задача в процеса на оптимизация се явява идентификацията на ограниченията (*Icon*) в производствените вериги. Това предполага определяне на видовете ограничения във всеки производствен елемент при неговите зададени характеристики, спрямо останалите елементи в състава на производствената верига. Използването на разнообразни подходи за *Icon* позволява да се реализират най-рационалните начини за тяхното елиминиране.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

#### 1.Формализация на проблема по идентификацията на ограниченията в производствените системи.

Ограниченията могат да приемат различни форми и не винаги са в оборудването. Има различни мнения за това как най-добре да се категоризират ограниченията. Един общ подход е показан в таблица 1: [11]

Таблица 1 Класификация на основните типове ограничения

Тип ограничения	Описание
Физически	Най-често в оборудването, но могат да бъдат и други физически елементи: недостиг на материали, пространство, хора.
Организационни	Задължителни или препоръчани начини на работа; фирмени процедури; законови разпоредби (напр. определящи времето за почивка) и др.
Мисловни	Много близки до организационните. Пораждат се от дълбоко насадени убеждения или навици. (напр. убеждението, че основната цел е намаляването на производствените разходи за брой изделия)
Пазарни	Производственият капацитет надхвърля пазарното търсене.

Обект на този доклад са физическите ограничения и тяхното откриване. При условия на честа смяна вида на произвежданите обекти се налага да се прави оценка на съвкупност от производствени параметри, така че те да не са критични и да не пораждат ограничения [3, 4, 6]. За тази цел [4,5,6,7] е предложено частично решение на задачи за оптимизация на производствените системи, приспособяващи се към изменящи се характеристики на производствените условия. За формализация на процедурата по идентификация на ограниченията (*Icon*) в

производствените системи ( $PS$ ) с използване методологията на  $TOC$  е необходим избор на съвкупност производствени параметри ( $P$ ), които характеризират функционирането на елементите ( $EL$ ) от даден тип производствена верига ( $PCh$ ). Тези параметри се подреждат по йерархия на важност.[10] За реализацията процеса на идентификация нека приемем, че всяка  $PS$  се състои от  $n$  броя производствени вериги т.е.  $PS=PCh1, PCh2...PChn$ , а всяка производствена верига от  $m$  броя производствени елементи, или  $PCh=EL1, EL2...ELm$  [10]. Всеки елемент от веригата, функционира при предварително зададени производствени параметри  $P$ , фиксирани в определено време за функциониране  $t_0$ . Задачата на идентификация в този случай се заключава в търсене на специфични стойности на  $P$  в елементите  $EL$  от  $PCh$ , които се определят, като ограничения във функциониране както на  $PCh$ , така впоследствие и на  $PS$ . Тези стойности на  $P$  в определен елемент, изграждащ  $PCh$  формират състояние в нея, което се приема за критично относно нейната възможност за оптимизация на производствения процес. Това критично състояние се формира от съвместното действие на няколко параметъра на елемент от  $PCh$ . Целта на идентификацията в този случай е определяне на величината на основния параметър от съвкупност по йерархия на важност производствени параметри, задаващ ограничението в нейното функциониране. След неговото определяне става възможно извършване на последваща оптимизация чрез елиминиране на неговото въздействие в елемент от състава на  $PCh$ , а това води към подобряване цялостната работата в производствената система.

## 2. Идентификация на ограниченията в производствена верига.

При определяне на ограниченията в  $PCh$  се приема, че се разполага с първоначална информация за функционирането на нейните елементи. Тази информация се отнася преди всичко за стойностите на  $P$  в елементите на производствената верига, която формира базисно, начално за идентификацията състояние на  $EL$  изграждащи  $PCh$  във време за функциониране  $t_0$ . В този момент ( $t_0$ ) се определят параметрите за всеки елемент от веригата, които се явяват ограничение в процеса на производство на реални обекти подлежащи на трансформация. Същността на идентификацията може да се представи чрез следното определение:

**Определение 1.** Под идентификация на ограниченията в производствена верига с използване методологията за оптимизация от  $TOC$  се разбира процедура по определяне стойностите на съвкупност от производствени параметри  $P$  на елементи  $EL \in PCh$ , ако при тяхното функциониране (т.е. в  $ELm$  във време  $t_0$ ) се формира критично състояние на невъзможност за повишаване на производствените им възможности.

Параметрите от един и същи клас, явяващи се ограничения, могат да се променят в определени граници. За тяхното определяне е необходимо да се знаят статистическите свойства на всички параметри на всеки един елемент, влизащи в състава на определена производствена верига. При определяне величината на параметрите в процеса на идентификацията е важно да се открие (чрез подреждане по йерархия на важност на типовете параметри) главният параметър явяващ се ограничение.

## 3. Типове параметри използвани за идентификация на ограниченията.

За определяне стойностите на ограниченията се налага описание на цялата съвкупност от параметри в  $EL$ , определящи текущото състояние на  $PCh$ . Според физическата си природа те могат да се причислят в една от следните групи:

1. Параметри, значенията на които могат да бъдат измерени, но въздействие върху тях е невъзможно. Техните значения не зависят от промените в процеса на трансформацията на реални обекти от елементите на  $PCh$ . Този тип параметри се приемат за неуправляеми ( $P_{unman}$ ) и характеризират денонощните и сезонни

изменения на околната среда, флукуациите в състава на изходните продукти за обработване от  $EL$ , стареене на оборудването и др.

2. Параметри, на които може да се окаже пряко въздействие в съответствие с определени изисквания. Те се приемат за управляеми ( $P_{man}$ ) и позволяват активно да се въздейства на производствения процес. Техните величини се определят от режима, динамиката в реализирането на производствения процес и характеризират състоянието на  $Pch$ . Възникват в резултат на сумарно въздействие на входните, управляващите и смущаващите параметри във всеки елемент от производствената система.

Параметрите (1 - 2) са в основата на разпознаването на ограниченията в производствените вериги и системи.

#### 4. Алгоритъм за идентификация на ограниченията в производствените вериги

Точността в идентификацията на ограниченията в значителна степен се определя от вида на производствената верига и продължителността на производствения цикъл. Зависи и от характера на параметрите (1-2), а също така от сумарно въздействие на входните и управляващи параметри от групата  $P_{man}$  във всеки елемент от производствената верига. С отчитане йерархията на влиянието на всеки параметър върху функционирането на всеки елемент спрямо предварително определена начална точка от производствения цикъл, става възможно да се използва оценъчна функция и форма за представяне, съответстващи на математическата интерпретация. Същността на функцията е подбор на параметри с максимални стойности  $EL \rightarrow \max$  от определена физическа природа (време, производителност на елементите, брой детайли и др.), които се явяват ограничения ( $C$ ) в даден елемент  $EL$ . По такъв начин се формира множеството на максималните (минималните) стойности на параметрите в елементите от производствената верига, при която е невъзможно повишаване на производителността съгласно [1]. Величината на всеки параметър пораждащ ограничение може да се определи с уравнение от вида:

$$C = EL \left( \max_j P_j \right) \quad (1.1)$$

При търсене на минималните стойности се използва

$$C = EL \left( \min_j P_j \right) \quad (1.2)$$

Множеството от  $C$  с различна физическа природа може да се представи в матричен вид. Това множество формира Матрицата на състоянията на елементите  $EL$  ( $i$  на брой) притежаващи  $j$  количество параметри от различен характер. За определяне величините формиращи посоченото множество, Матрицата на състоянията се допълва с още една колона. В нея се поставят максималните стойности на параметрите от различна физическа природа, идентифицирани в даден елемент от производствената верига, който формира ограниченията  $C$  в него, а в последствие и в цялата производствена система. Процедурата по определяне на максималните стойности на параметрите и формиране на това множество в матрицата на състоянията позволява да се определи критично състояние на производствената верига. Това състояние е свързано с невъзможност за повишаване на производствените възможности в нея основно поради действието на главното ограничение. То се определя при сравняване на йерархия от няколко ограничения и избор на това, което в най-голяма степен влияе на възможността за

оптимизацията на производствения процес. В процеса на определянето на ограниченията, съществува възможност за включване на параметри(главно управляеми), задаващи други видове ограничения, в матрицата на състоянията. Това позволява след тяхното отчитане активно да се въздейства на производственият процес в *PCh*.

### 5. Аprobация на модела за идентификация на ограниченията.

Нека да е дадена производствена верига *Pch* от пет елемента *EL1, EL2...EL5*, с различно технологическо ниво на модернизация. Веригата е от линеен тип на функциониране, където всяка операция се изпълнява последователно – от първия до последния елемент *EL5*. В вида на производствената верига е представен на Фиг.1.



Фиг.1. Производствена верига линеен тип от пет елемента

Като параметри в производствена верига, Фиг.1. се използват времето и количеството детайли обработени в елементите. За провеждане процедурата на идентификация на ограниченията в *PCh* ще попълним матрицата на състоянието представена в Таблица 2

Таблица 2 Матрица на състоянията на производствените елементи и вида на параметрите задаващи техните ограничения

Елемент от производствената система	Елементи от производствената верига и извършвани операции в тях						
	$P \in EL1$ отрязване	$P \in EL2$ струговане	$P \in EL3$ струговане	$P \in EL4$ зъбонарязване	$P \in EL5$ транспорт	maxP (време) (min)	Min P(брой дети)
Параметър време, (min)	14	50	42	340	12	340	
Параметър за функциониране на производствената верига –детайли , бр./раб. смяна	3	5	7	4	0		3

Параметрите пораждащи ограничения *S* в производствена верига, Фиг 1.са определени по (1.1.) и (1.2.) и се явяват: *P* - време за обработката на примерния детайл в *EL4*; количество обработени детайли в *EL1*; При анализ на йерархията на параметрите влияещи върху производителността на *PCh*, критичен се явява параметърът време в елемент *EL4* за извършване на операция зъбонарязване.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представената методология за идентифициране на ограниченията в елементите от производствените вериги се явява работеща при използването на поне 2 параметъра. Синтезираният алгоритъм при това количество параметри осигурява реализацията на една от стратегиите за определяне на ограниченията в производствените системи с възможност за постоянна за смяна на параметрите в матрицата на състоянията.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Goldratt, Eliyahu M. and Cox, Jeff, The Goal: A Process of Ongoing Improvement, (Second Revised Edition), North River Press, Inc., Great Barrington, MA, 1992  
 [2] Goldratt, E.M., 1988. The fundamental measurements. The Theory of Constraints Journal 1 (3), 1–21. (34)

[3] Dettmer, H William, (1997), Goldratt's theory of constraints: a systems approach to continuous improvement, ASQ Quality Press, 322 p. 44

[4] Kevin J. Watson, John H. Blackstone, Stanley C. Gardiner, The evolution of a management philosophy: The theory of constraints. Journal of Operations Management 25 (2007) 387–402 (38)

[5] Klingenberg, Beate; Watson, Kevin, Intellectual Property Exchange Between Two Partner Companies - Application of the Theory of Constraints Thinking Processes, Journal of Business and Management 16.2 (2010): 125-138.

[6] M. S. SPENCER, J. FOX Optimum production technology (OPT) and the theory of constraints (TOC): analysis and genealogy, 2007

[7] Pegels, C Carl; Watrous, Craig, Application of the theory of constraints to a bottleneck operation in a manufacturing plant, Journal of Manufacturing Technology Management 16.3 (2005):302-311

[8] S.S.Mahapatr, Amit Sahu, APPLICATION OF THEORY OF CONSTRAINTS ON SCHEDULING OF DRUM-BUFFER-ROPE SYSTEM, Proceedings of the International Conference on Global Manufacturing and Innovation – July 27-29, 2006 .

[9] Dreyer, K.; Fourie, L.J.; Kok, D.J., Assessment of cattle owners' perceptions and expectations, and identification of constraints on production in a peri-urban, resource-poor environment, 1999 Onderstepoort Journal of Veterinary Research, Volume 66, 1999.

[10] [Саати.Т. Принятие решений- метод анализа иерархий, Москва «Радио и связь», 1993 г.

[11] Theory of Constraints, <http://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>, 15.09.2013

**За контакти:**

докт. Чавдар Тихолов, Катедра “Мениджмънт и бизнес развитие”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 0897 220 766, e-mail: [chtiholov@uni-ruse.bg](mailto:chtiholov@uni-ruse.bg)

**Докладът е рецензиран.**