

„Ниво на обслужване” – инструмент за постигане на Lean производство

Огнян Андреев, Наталия Колева

***Service Level – Means for Lean Production Achieving:** In the present paper, based on the postulates of Customer Service Level, an approach is presented for deciding on “Service Level of Workstations” that will enable the process of defining such a costly beneficial level of Work-In-Process Inventory through the entire operations that would enable an easy adoption of Lean Principles in a low-size batch production environment – the domain of Theory Of Constraints.*

Key words: Lean Production, Service Level, Work In Process, Safety Stock, Theory Of Constraints.

ВЪВЕДЕНИЕ

При интензивната конкуренция и трудните пазарни условия, в които са принудени да функционират организациите, водещо място ще заемат тези, които в най-висока степен удовлетворяват очакванията на клиентите по отношение на продуктово разнообразие, бърза и ефективна доставка, качество и цена на желания продукт и/или услуга. Предвид това основните изисквания към производителите са: постигане на високо ниво на производствена гъвкавост, намаляване на производствените разходи и осигуряване на бързо и без сътресения изпълнение на клиентските заявки. Един подход за удовлетворяване на тези изисквания е осигуряването на необходимото „ниво на обслужване” (НО) на отделните работни места – такова, което ще гарантира навременното изпълнение на съответните технологични операции и постигането на равномерен и максимално „изтънен” (*Lean*) материален поток по цялата технологична верига [1,3,13,14 и др.]. За постигането на това е необходимо да бъде поддържано определено гаранционно количество полуфабрикати (гаранционен задел) с цел локализиране на случайно възникнали нерегламентирани прекъсвания на работата.

Целта на настоящата разработка е да бъде предложен подход за определяне равнището на този гаранционен задел, с помощта на който да се осигури икономически изгодно НО на свързаните работни места и възможно най-висока степен на непрекъснатост на потока полуфабрикати до крайното изделие.

ИЗЛОЖЕНИЕ

По определение **Нивото на обслужване** се дефинира с „величината (1-к), където "к" е вероятността да не бъде доставено заявеното от даден клиент количество, преди то да бъде готово в текущото производство” [1,2,3,11,12 и др.]. Следователно числената стойност на НО показва вероятността, с която веднага (от склад) може да бъде удовлетворено произволно моментно търсене на даденото крайно изделие. Ето защо, за да бъде поддържано дадено НО, е необходимо непрекъснато да бъде поддържан определен гаранционен складов запас от готови изделия. В [1,2,3 и др.] е предложен начин за количественото определяне на икономически изгодния размер на гаранционния запас и съответстващото му НО, основната идея на който е разходите за поддръжка на желаното НО да бъдат не по-големи от очакваните с **достатъчна степен на сигурност (вероятност)** ползи.

Горният подход, отнасящ се за взаимоотношенията на предприятието с клиентите, може да бъде приложен и при съгласуването на работата между работните места и производствено-операционните звена. Както беше посочено, на това равнище терминът, съответстващ на „гаранционен запас”, е „гаранционен задел”.

1. Традиционният подход

В нашата литература за необходимост от гаранционен задел се говори само при производствени звена, в които операциите са синхронизирани и то – само след най-ненадеждните работни места [4,5,8 и др.]. Така логиката за неговото използване се ограничава до проектиране и управление работата на предметно специализирани звена, преобладаващо с поточна форма на организация.

Съгласно [4,5,6,8], гаранционният задел се определя по зависимостта:

$$Z_{zap\ j} = \frac{T_{zap\ j}}{t_{on\ j+1}} \cdot \omega \cdot M_{j+1} \quad (1.1)$$

където $T_{zap\ j}$ е продължителността на случайните (нерегламентирани) прекъсвания на j -то работно място (min.);

$t_{on\ j+1}$ – оперативното време на $(j+1)$ -та операция (min.);

M_{j+1} – броят на машините, изпълняващи $(j+1)$ -та операция;

ω – коефициент на сигурност, характеризиращ достоверността на случайните загуби на време.

Важно е тук да се подчертае, че $T_{zap\ j}$ трябва да включва и всички допълнителни разходи на време, породени от самите прекъсвания [5,6,7] – например: времето с намалена производителност на работното място, като се вземе пред вид до каква степен тя е намалена, както и времето, загубено за „производство“ на допълнителен брак, причинен от прекъсването и т.н. В крайна сметка обаче тук по подразбиране се приема една „експертна“ преценка за вероятната продължителност на самото случайно прекъсване, която е определяща за пресмятанията.

2. Подход за определяне на гаранционния задел в зависимост от необходимото НО на работните места

Имайки пред вид поставената по-горе цел, задачата на настоящата публикация е да бъде разработен модел за използването на гаранционни задели и при звена, работещи в условията на малка серийност (каквито са съвременните тенденции), с оглед получаването в крайна сметка на необходимото НО за клиента – „последното звено от технологичната верига“.

Следвайки логиката за определяне на НО за клиентите, описана в [1,3], двойките „подаващо-потребяващо“ работни места се разглеждат като двойка „производител-клиент“. При определяне количеството на гаранционния задел, което е подходящо за дадената ситуация, трябва бъдат пресметнати следните величини:

- Средната стойност за продължителността на прекъсване на подаващото от разглежданата двойка работни места/звена;
- Амплитудата на отклоненията от средната продължителност;
- Желаното НО за потребяващото от разглежданата двойка работни места/звена.

За тази цел е необходимо да се направи анализ на историята на нерегламентирани прекъсвания при разглежданото подаващо работно място/звено – техният характер и продължителност. Обикновено може да се приеме,

че е в сила законът за нормалното разпределение. По този начин за разглеждания случай може да се работи със следните величини:

- **Средна очаквана продължителност на прекъсванията на j -то (подаващото) работно място:**

$$T_j = \sum_{i=1}^n T_{ij} \cdot f(T_{ij}) \quad (1.2)$$

където T_j е средната продължителност на прекъсване за j -то работно място (min.);

T_{ij} – поредното i -то прекъсване на j -то работно място ($i = 1 \div n$);

n – общ брой на нерегламентираните прекъсвания или на представителна извадка от замервания за тяхната продължителност;

$f(T_{ij})$ – относителен дял на прекъсванията с продължителност T_{ij} min.:

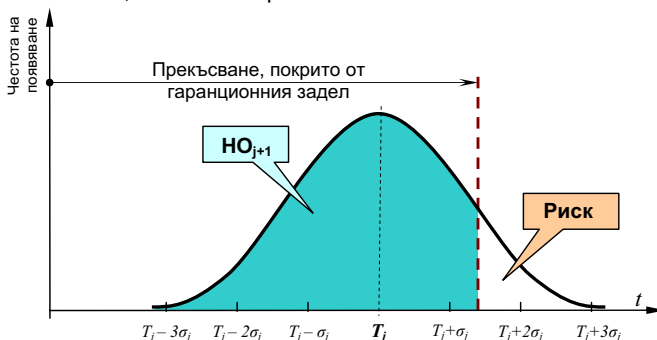
$$f(T_{ij}) = \frac{k_{T_{ij}}}{n} \quad (1.3)$$

където $k_{T_{ij}}$ е броят на прекъсванията с продължителност T_{ij} min.

- **Стандартно отклонение:**

$$\sigma_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (T_{ij} - T_j)^2 \cdot f(T_{ij})} \quad (1.4)$$

В случая графиката на кривата на закона за нормалното разпределение ще изглежда по начина, показан на фиг.1:



Фиг. 1. Величина на НО в зависимост от големината на гаранционния задел

В зависимост от решението за големината на гаранционния задел ще бъде възможно да бъде покрита съответна по големината продължителност на произволно нерегламентирано прекъсване, на което съответства определена стойност на „покритата“ под кривата площ, а тя от своя страна по дефиниция представлява самото НО на потребяващото работно място.

Съгласно предложения тук подход, това решение може да бъде взето, като се реши обратната задача:

- 1) Определяне на желаното НО за конкретното изделие и разглежданото ($j+1$)-во работно място/производствено звено;
- 2) Пресмятане на T_j и σ_j по зависимости (1.2) ÷ (1.4);
- 3) Определяне продължителността на евентуално прекъсване, която е желателно да бъде покрита съгласно избраното НО;

4) Пресмятане на необходимия гаранционен задел, който да покрие тази продължителност.

3. Определяне на желаното НО на работните места

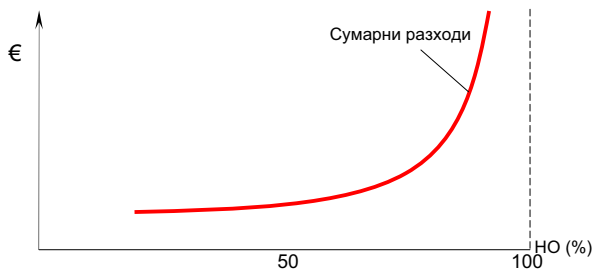
Очевидно, след анализа на характера на нерегламентираните прекъсвания и пресмятането техните характеристики от т. 2, най-важната част от горната процедура е вземането на решение за големината на НО по работните места.

В Таблица 1 са цитирани данни за най-често срещаните видове разходи, свързани с издръжката на материалните запаси, изразени като дял от цената на крайното изделие [2]. Разбира се техните стойности са ориентировъчни, зависят от и са отражение на конкретната политика на предприятието по заделите/запасите.

Таблица 1
Основни видове разходи за съхранение на материални запаси

Вид разход	% от цената на изделието
- „Цена“ на оборотния капитал (лихви)	10+20
- Заемане на складови площи	2+5
- Загуби, повреди, фири и т.н.	4+6
- Създаване на условия за съхранение (хладилни помещения, климатизация...)	1+2
- Администриране	1+2
- Застраховки, охрана и др.	1+5
Общо	19+40

Тези данни обаче могат да послужат за ориентир при вземането на решение за НО на работните места. Ясно е, че с нарастване на НО за всяко работно място и те ще нарастват, а от там – и общите разходи за предприятието като цяло. Освен това, поради характера на закона за нормалното разпределение „цената на НО“ нараства неимоверно, когато то се доближава до 100% (фиг. 2):

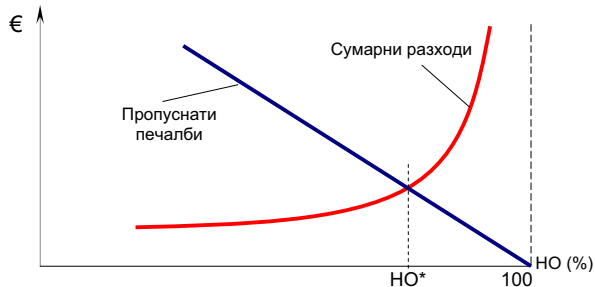


Фиг. 2. Цената на НО

Ето защо е необходимо да се обърне внимание само на онези работни места, които със своя престой биха оказали директно влияние върху НО на клиента, а както е известно, това са т. нар. **тесни места** и тези, които са с производителност, близка до тяхната (т. нар. „ограничения“) [2,3,6,7,8,9,10 и др.]. Следователно необходимо е високо НО да бъде поддържано само на тесните места и ограниченията, а при останалите, в зависимост от техния капацитет, гаранционен задел да се създава, само за покриване на разликата от време, необходимо за наваксване на очакваната продължителност на нерегламентираните прекъсвания.

В крайна сметка, сравнявайки сумарните разходи, необходими за поддържането на желаното НО по цялата верига на процеса до клиента, с евентуалните пропуснати печалби от продажби на крайното изделие (изобразени като права с обратен наклон, равен на печалбата от единица крайно изделие), може да бъде определен икономически изгодният размер на НО [1,3,12] (фиг. 3):

Пресечната точка на двете графики ще определи такава НО, при което сумарните разходи се изравняват с пропуснатите печалби. НО над тази стойност се обезсмисля, тъй като **сигурните** разходи ще превишат **евентуалните** ползи.



Фиг. 3. Равновесна точка на общите разходи и пропуснатите печалби

4. Определяне продължителността на евентуално прекъсване, която е желателно да бъде покрита съгласно избраното НО

В настоящата стъпка, вследствие на взетото в т. 3 решение за НО на потребяващото работно място (HO_{j+1}), е необходимо да бъде направено следното:

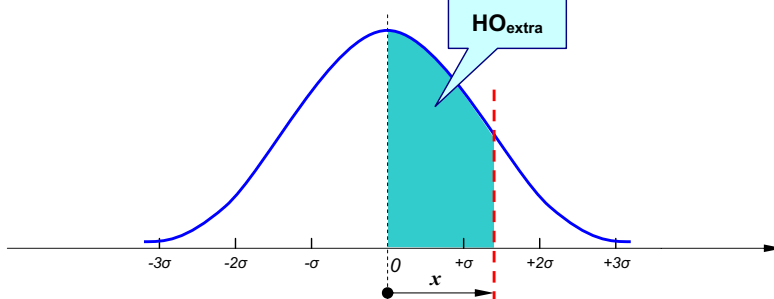
- **Определяне на HO_{j+1}^{extra} :**

$$HO_{j+1}^{extra} = HO_{j+1} - 0,5 \tag{1.5}$$

При положително HO_{j+1}^{extra} следва, че гаранционният задел трябва да покрива прекъсване, съответно по-голямо от средната стойност T_j и обратно (фиг. 1 и 4).

- **Определяне на x_j :**

Стойността на x_j отчита колко стандартни отклонения σ_j са заключени под HO_{j+1}^{extra} (фиг.4). Определя се с помощта на широко разпространените таблици за отчитане площта под кривата на закона за нормално разпределение [3,11 и др.].



Фиг. 4. Площ под кривата на Закона за нормално разпределение в интервала $[0 \div x]$

- **Пресмятане на интервала от време T_{zapj} , който ще осигури желаното HO_{j+1} :**

$$T_{zapj} = T_j + x_j \cdot \sigma_j \tag{1.6}$$

5. Определяне размера на гаранционния задел, който ще осигури избраното НО:

Размерът на гаранционния задел се пресмята по следната зависимост:

$$Z_{zap_j} = \frac{T_{zap_j}}{\frac{t_{on_{j+1}}}{M_{j+1}}} \quad (1.7)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Една от основните характеристики и предимства на Lean производството е равномерното и непрекъснато протичане на операциите по целия процес, като при това потокът от полуфабрикати по работните места е максимално изтънен. Това, като се имат пред вид технологичните възможности на съвременните предприятия, е приложимо най-вече при голямосерийното и масово производство, където е икономически най-изгодно синхронизирането на операциите. При малката серийност, където това е невъзможно, е „територията“ на Теория на ограниченията. В настоящата публикация е предложен подход, който допълва нейните основни положения, като предлага модел за икономически изгодно изпълнение на втората и третата стъпки от нейната процедура („Определи начина за най-пълноценно използване на тясното място!“ и „Подчини всички решения за работата на останалите работни места на горното!“). Така става възможно постигането на Lean-принципите извън „традиционната им територия“.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. **Андреев О. Д.**, “Ниво на обслужване” – предизвикателството за мениджмънта при формиране политиката на фирмата спрямо клиентите. Машиностроене, кн. 5-6, 2000.
- [2]. **Андреев О. Д.**, Съвременни системи за производствен и операционен мениджмънт – сравнителен анализ. Монография, Софттрейд, ISBN 954-334-002-1, 2005.
- [3]. **Андреев О. Д.**, Съвременни системи за производствен и операционен мениджмънт – концепция за постигане на Lean Mass Customization. Монография, Софттрейд, 2009.
- [4]. **БДС 30.183-85 СОПТУ**. Движение на материалните потоци в производствения процес. Незавършено производство. Определяне на заделите.
- [5]. **Даков И.С. и К. Ениманев**, Индустриален инженеринг, Софттрейд, 2006.
- [6]. **Македонска, Д. и Т. Панайотова**, Индустриален инженеринг, ТУ-Варна, 2008.
- [7]. **Панайотова, Т.**, Ръководство за семинарни упражнения по инженеринг, ТУ-Варна, 2008.
- [8]. **Цветков Г. К.**, Производствен мениджмънт, Люрен, 4-то допълнено и преработено издание, София, 2006.
- [9]. **Goldratt E. M.**, What is This Thing – Theory of Constraints – and How Should it Be Implemented? North River Press, Inc. New York, 1990.
- [10]. **Goldratt E. M., J. Cox**, The Goal – A process of Ongoing Improvement. North River Press Inc., New York, 1992.
- [11]. **Krajewski L. and L. Ritzman, M. K Malhotra**, Operations Management. Addison-Wesley Publ. Co., 2009.
- [12]. **Owens T.** Service Level Management at the Distributor Level, Production and Inventory Management Journal, APICS, Second Quarter, 1983.
- [13]. **Wincel J. P.**, Lean Supply Chain Management – a Book for Strategic Procurement. Productivity Press, New York, 2004.
- [14]. **Womack J. P., D. T. Jones**, Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Simon & Shuster, Sydney, 2003

За контакти:

Доц. д-р инж. Огнян Андреев, катедра „Икономика, индустриален инженеринг и мениджмънт“, Технически университет – София, e-mail: oandre@tu-sofia.bg

Ас. инж. Наталия Колева, катедра „Икономика, индустриален инженеринг и мениджмънт“, Технически университет – София, e-mail: nkoleva@tu-sofia.bg

Докладът е рецензиран.