

ANALIZA ȘI DEZVOLTAREA UNOR OPERAȚII DE ASAMBLARE MOTOARE AUTO

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF ASSEMBLY OPERATIONS FOR AUTOMOTIVE ENGINES

CONSTANTINESCU Mihaela-Cătălina, UȚICĂ Nicoleta-Georgiana
Facultatea: FIIR, Specializarea: IEI, Anul de studii: 4, constantinescucatalina@yahoo.com

Conducători științifici: Prof. dr. ing. **Marian GHEORGHE**,
Ing. **Cristian Viorel RADU**, Conf. dr. ing. **Ovidiu-Aurelian BLĂJINĂ**

REZUMAT: În industria auto, informațiile bine proiectate și prezentate sunt importante pentru a se efectua operații de asamblare eficiente și precise. Lucrarea de față prezintă rezultatele principale ale unor activități de studiu și dezvoltare de operații/ posturi de asamblare, în vederea optimizării indicatorilor de performanță tehnico-economici.

ABSTRACT: In the automotive industry, well-designed and well-presented information is important for efficient and accurate assembly operations. This paper presents the main results of study and development activities on operations/ assembly stations, in order to optimise the technical-economic performance indicators.

CUVINTE CHEIE: asamblare, operație, timp de ciclu, echilibrare, robot.

1. Introducere

Obiectivul general al acestei lucrări este analiza unor operații de asamblare privind motoare auto, cu propuneri de dezvoltare privind condițiile de operare și reducerea timpului de ciclu. Deși automatizarea se amplifică în sistemele de producție, asamblarea manuală este încă o parte vitală a procesului de asamblare și trebuie luată în considerare [1].

2. Studii privind procesele și sistemele tehnologice de asamblare

Numeroase industrii aleg să înlocuiască forța de muncă intens umană, cu roboți și alte echipamente [2]. Planificarea și dezvoltarea sistemelor robotizate de asamblare se realizează progresiv [3].

Pentru un produs de tip asamblu, procesul tehnologic de fabricare este format din procesele tehnologice de semifabricare, procesele tehnologice de prelucrare, procesele tehnologice de control și procesul tehnologic de montaj – asociate elementelor componente ale ansamblului [4].

În sistemele de asamblare inteligentă, vehiculele ghidate (AGV) pe linii de asamblare asigură un sistem de producție fiabil și flexibil [5].

Operațiile de asamblare acceptate includ activități de inserare și fixare, precum și componente standard - șuruburi, piulițe, șaibe, angrenaje, conectoare electrice etc., după caz [6].

În construcția de mașini se deosebesc, în principal, două metode de asamblare: staționară, și respectiv, mobilă (sau în flux), care se pot organiza cu ritm liber sau cu ritm impus (Fig. 1). Operațiile (fazele) succesive de asamblare trebuie să se efectueze în timpi egali sau mai mici decât ritmul de asamblare. Ritmul de asamblare, R_a , în cazul unei linii de asamblare este dat de rel. (1), iar în cazul unui sistem constituit din mai multe linii paralele de asamblare – de rel. (2) [7], respectiv:

$$R_a = \frac{60 \cdot T_a}{N_{pa}} + t_d \quad [\text{min}] \quad (1)$$

$$R_a = \frac{60 \cdot T_a}{N_l \cdot N_{pa}} + t_d \quad [\text{min}] \quad (2)$$

în care: T_a este timpul necesar asamblării, în ore, N_{pa} - numărul posturilor de asamblare de pe o linie, t_d - timpul necesar deplasării echipelor de la un post la altul, în min, N_l - numărul liniilor paralele.

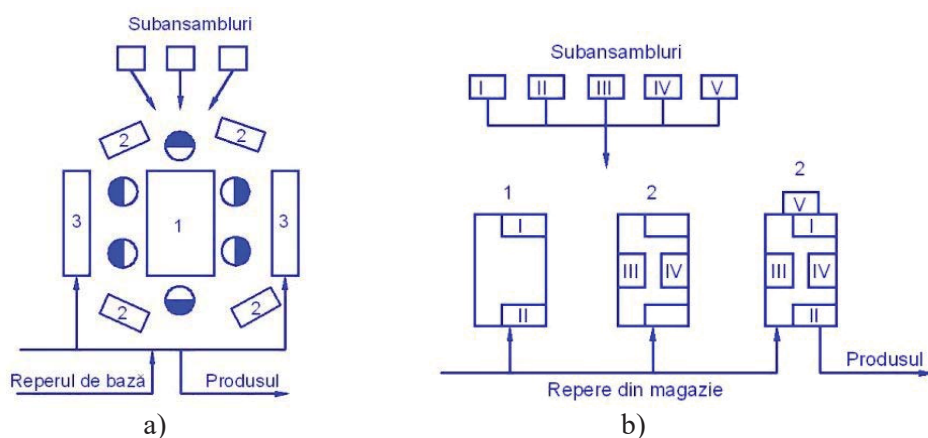


Fig. 1. Scheme ale asamblării staționare: a) cu ritm liber, 1 - reperul de bază, 2 – raft pentru scule, 3 – raft pentru repere; b) cu ritm impus, I, II, III, IV, V – subansambluri, 1, 2, 3 – locuri de muncă [7]

3. Date inițiale la analiza și dezvoltarea unor operații de asamblare

Se consideră linia de asamblare a unui grup de motoare auto [8]. Spre exemplificare, o serie de componente ale motoarelor se prezintă în Fig. 2, iar elemente ale desenelor 2D și 3D asociate reperului Tub răcire apă turbo - în Fig. 3.

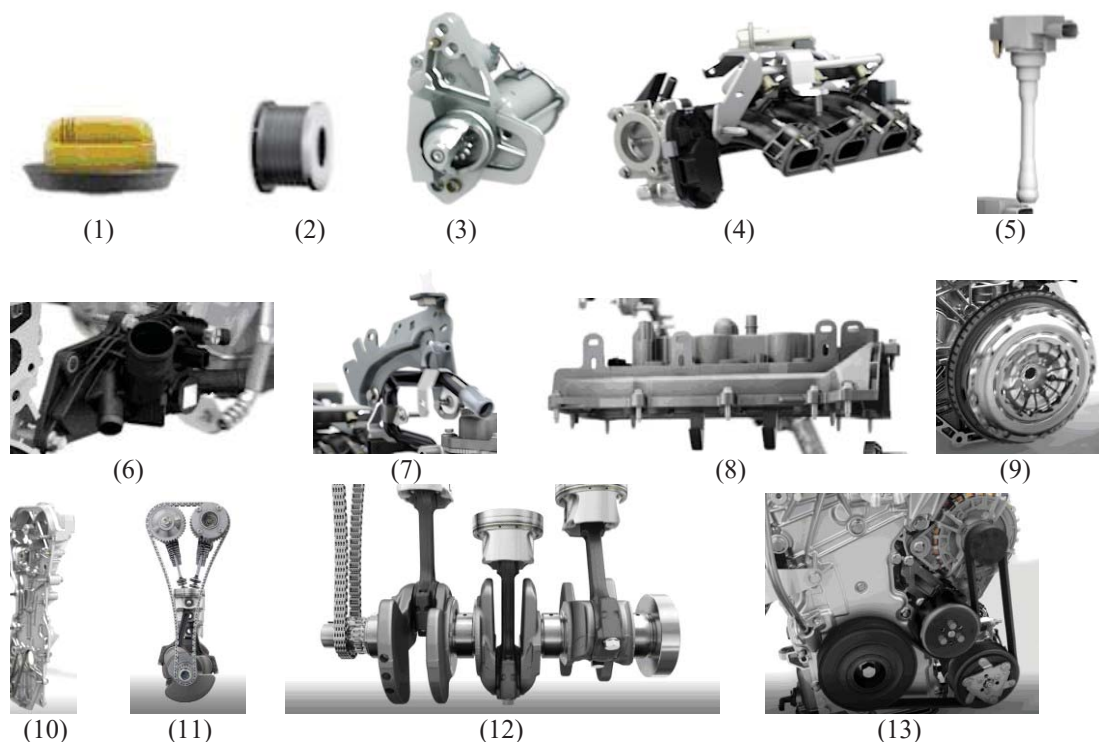


Fig. 2. Componente ale motoarelor [8]: (1) – Bușon umplere ulei, (2) – Galet, (3) – Demaror, (4) – Ansamblul clapetă accelerație și repartitor aer, (5) – Bobină, (6) – Cutie ieșire apă, (7) – Suport rampă carburant injecție, (8) – Capac chiulasă, (9) – Ansamblul volant ambreaj, (10) – Capac distribuție, (11) – Ansamblul distribuție, (12) – Arbore cotit, pinion, bielă, piston, (13) – Ansamblul rotire motor (fulie, pompă apă/ ulei)

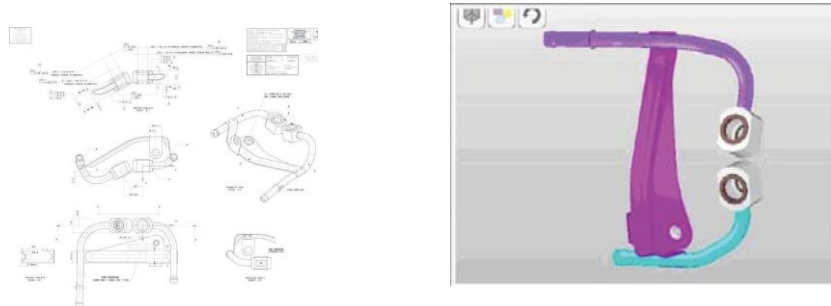


Fig. 3. Elemente ale desenelor 2D și 3D asociate reperului Tub răcire apă turbo [8]

4. Caracteristici ale liniei de asamblare

Structura generală a liniei de asamblare considerate se prezintă în sinopticul din Fig. 4.

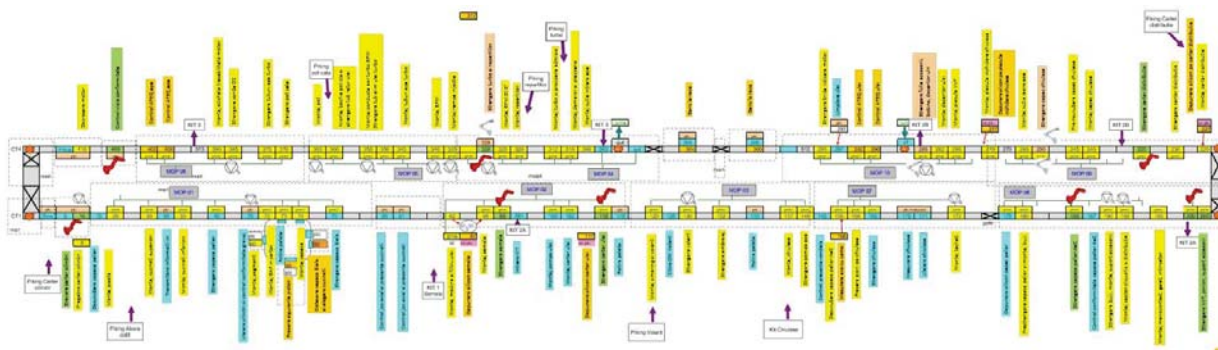


Fig. 4. Sinopticul liniei de asamblare motoare [8]

Linia de asamblare este constituită din 84 de posturi în cadrul cărora sunt: 45 de posturi manuale; 8 roboți ABB cu un cuplu de strângere de până la $C = 450 \text{ Nm}$; 3 roboți colaborativi cu un cuplu de strângere de până la $C = 25 \text{ Nm}$. În anumite zone, un operator deservește două posturi semiautomate. Timpul de ciclu pentru asamblarea unui motor, T_c , este, de exemplu, $T_c = 76 \text{ cmin} = 46 \text{ s}$, unde $100 \text{ cmin} = 60 \text{ s}$ [8].

Exemple de valori ale cuplului de strângere aplicat șuruburilor de fixare a unor tuburi de alimentare cu ulei [8] se prezintă în Tabelul 1.

Tabelul 1. Exemple de valori ale cuplului de strângere

Elemente supuse strângerii	Cuplul de strângere, C [Nm]		
	Limita inferioară	Nominal	Limită superioară
Șurub - tub alimentare ulei - turbo	12,6	14	15,4
Șurub - tub alimentare ulei - carter cilindri	34	40	46

5. Analiză a operației tehnologice din postul Px55 al liniei de asamblare

Exemple de elemente constructive [8] supuse unor activități tehnologice în operația din postul Px55 al liniei de asamblare se prezintă în Fig. 5.

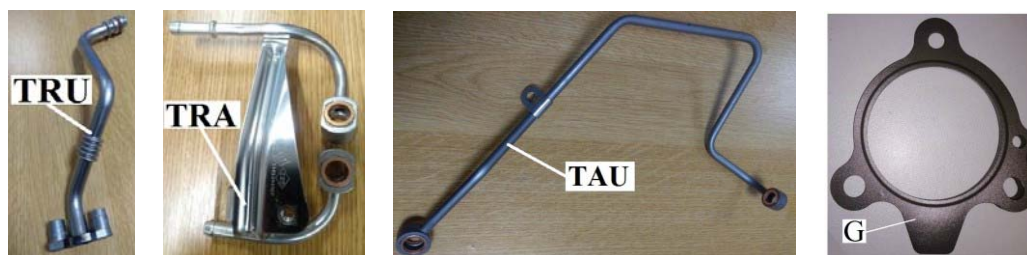


Fig. 5. Exemple de elemente constructive supuse unor activități tehnologice în operația din postul Px55: TRU - Tub retur ulei turbo (v. și Fig. 3), TRA - Tub răcire apă turbo, TAU - Tub alimentare ulei turbo și carter cilindri, G - Garnitură

Elemente tehnologice asociate fazelor operației realizate în postul Px55 al liniei de asamblare [8] se prezintă în Fig. 6 și Tabelul 2, respectiv: a) Translație paletă port-motor PPM în post; b) Îndepărtare obturatoare de protecție găuri filetate OP din turbo T; c) Preluare două șuruburi S1, 2, introducerea S1 în bucașa de orientare – antrenare a mașinii electrice de înșurubare MEI, rabatere tub retur ulei TRU și strângere S1 – TRU – T, apoi idem S2; d) Preluare și pre-asamblare șuruburi S3, 4 - tub răcire apă TRA - turbo T; e) Strângere șurub S5 - tub alimentare ulei TAU – turbo T; f) Strângere șurub S6 - TAU - carter cilindri CC; g) Pre-asamblare garnitură G - turbo T.

Se menționează că toate activitățile auxiliare și de pre-asamblare se efectuează manual, de către operator - cu exemplificare (O) în Fig. 6- b, mișcările de translație paletă port-motor (PPM) în/din post – semiautomat, iar cele de strângere finală – prin intermediul unei mașini electrice de înșurubare (MEI).

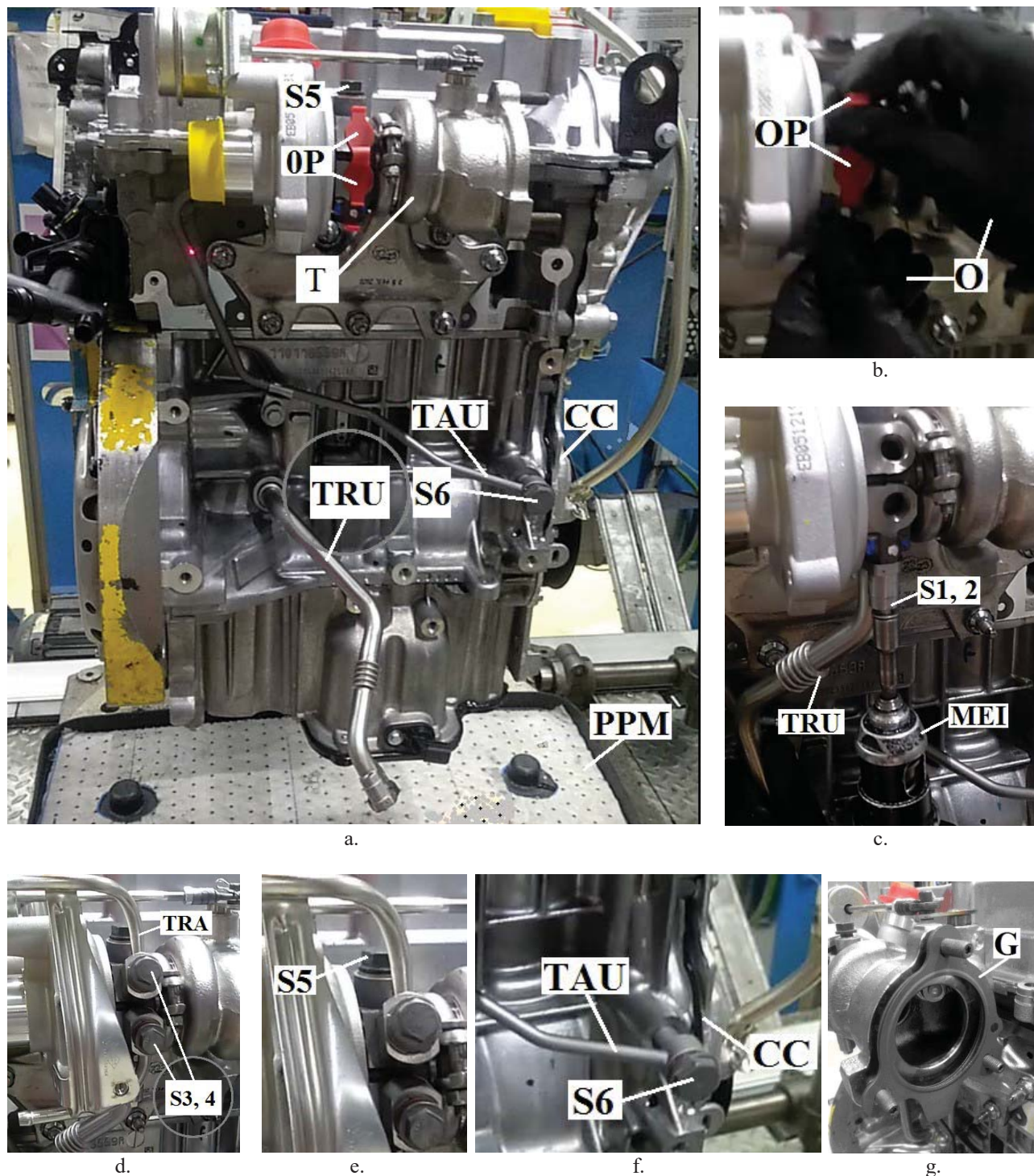


Fig. 6. Elemente constructive asociate fazelor operației de asamblare din postul Px55

Tabelul 2. Elemente ale fazelor operației de asamblare din postul Px55

Post	Fază tehnologică	Motor	MT1
		Timp de fază, cmin	
Px55	Translație paletă port – motor (PPM) în post	TM	10
	Îndepărtare obturatoare de protecție găuri filetate din turbo (OP - T)	Tma	6
	Asamblare șuruburi - tub retur ulei - turbo (S1, 2 - TRU - T)	Tma	10
	Pre-asamblare șuruburi-tub răcire apă - turbo (S3, 4 - TRA -T)	Tma	14
	Strângere șurub-tub alimentare ulei - turbo (S5 - TAU - T)	Tma	10
	Strângere șurub-tub alimentare ulei - carter cilindri (S5 - TAU - CC)	Tma	12
	Pre-asamblare garnitură - turbo (G - T)	Tma	6
	Validare operație post	Tma	2
Timp efectiv al operației			70
<i>Legendă: 1 cmin = 0,6 s; TM - timp de mașină, Tma - timp manual</i>			

6. Soluții de îmbunătățire a postului de asamblare Px55

Pe linia de asamblare, în cadrul postului Px55 [8], la motoarele, de exemplu, MT' și MT'', se assemblează două categorii de șuruburi, S' și, respectiv, S'', care se deosebesc numai prin lungimea nominală (Fig. 7- a). În vederea pre-asamblării și asamblării:

- la preluarea șuruburilor S' și S'', fiecare din câte o *cutie* de depozitare deschisă (Fig. 7- b) se produceau erori privind diferențierea lor, din cauza scăderii gradului de atenție a operatorului;
- în cadrul sistemului Poka Yoke, o primă schimbare a modului de lucru a constat din înlocuirea *cutiilor* deschise cu *tuburi* prevăzute cu un *capac* amovibil (Fig. 7- c); astfel, este posibil accesul numai la *tubul* neacoperit, dar nu se elimină riscul de a continua preluarea de șuruburi din acest *tub* la schimbarea tipului de motor. În continuare, o a doua schimbare a modului de lucru a constat din introducerea unui monitor IHM (interfață om-mașină) de interdicție (Fig. 7- d); astfel, numai după mutarea *capacului* este posibilă preluarea de șuruburi din *tubul* neacoperit, prin care se asigură preluarea corectă a tuturor șuruburilor necesare.



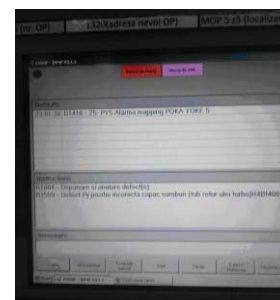
a.



b.



c.



d.

Fig. 7. Elemente ale postului de asamblare Px55: a) șuruburi S', S'' (de asamblare TRU - T), b) cutii de depozitare deschise, c) *tuburi* de depozitare prevăzute cu un *capac* amovibil, d) monitor IHM

7. Propunere de echilibrare a unor posturi de asamblare

În cadrul liniei de asamblare considerate, postul Px55 este critic (bușon), deoarece timpul efectiv al operației asociate de 70 cmin (v. Tabelul 2) este foarte apropiat de valoarea timpului de ciclu Tc (76 cmin), iar la postul Px25, cu timpul efectiv al operației asociate de 53 cmin, sunt condiții de realizare a unor activități din postul Px55.

Pentru a crește gradul de echilibrare asociat liniei de asamblare, se propune o variantă de îmbunătățire care constă din mutarea fazei de asamblare șuruburi - tub retur ulei - turbo (S1, 2 - TRU - T), de durată 10 cmin (v. Tabelul 2), din postul Px55 în Px25.

Astfel, la posturile Px55 și Px25 duratele operațiilor vor fi de 60 cmin și, respectiv, 63 cmin (Tabelul 3), prin care se asigură un grad de echilibrare superior.

Tabelul 3. Variantă de elemente ale fazelor operațiilor de asamblare din posturile Px25 și Px55

Post	Fază	Motor	MT1
		Timp de fază, cmin	
Px25	Translație paletă port - motor (PPM) în post	TM	9
	Asamblare diverse elemente (I)	Tma	21
	Asamblare șuruburi - tub retur ulei - turbo (S1, 2 - TRU - T)	Tma	10
	Asamblare diverse elemente (II)	Tma	21
	Validare operație post	Tma	2
	Timp efectiv al operației		
Px55	Translație paletă port - motor (PPM) în post	TM	10
	Îndepărtare obturatoare de protecție găuri filetate din turbo (OP - T)	Tma	6
	Pre-asamblare șuruburi - tub răcire apă - turbo (S3, 4 - TRA - T)	Tma	14
	Strângere șurub - tub alimentare ulei - turbo (S5 - TAU - T)	Tma	10
	Strângere șurub - tub alimentare ulei - carter cilindri (S5 - TAU - CC)	Tma	12
	Pre-asamblare garnitură - turbo (G - T)	Tma	6
	Validare operație post	Tma	2
	Timp efectiv al operației		
<i>Legendă: 1 cmin = 0,6 s; TM - timp de mașină, Tma - timp manual</i>			

O a doua variantă de îmbunătățire a postului Px55 este implementarea unui robot în cadrul postului. Implementarea robotului poate conduce la optimizarea indicatorilor de performanță tehnico-economici - durate, costuri, randament, rebuturi, comparativ cu un post robotizat care prezintă valori optime ale indicatorilor de performanță. Astfel, operatorul din postul Px55 poate activa în alte posturi.

De asemenea: se redactează Fișa Operație Standard, FOS, privind respectarea standardelor; se întocmește documentul de securitate *constat* pentru protejarea operatorilor din posturile învecinate etc.

8. Concluzii

Analiza activităților care se desfășoară pe o linie de asamblare poate conduce la soluții de îmbunătățire a indicatorilor de performanță tehnico-economici.

În cadrul sistemului Poka Yoke, s-au propus și implementat progresiv două soluții de îmbunătățire a unor activități de asamblare. De asemenea, s-au propus soluții de echilibrare a unor posturi și de echipare cu robot a unui post critic de asamblare.

În perspectivă, este necesară continuarea cercetării, atât teoretic, cât și experimental, referitor la echilibrarea posturilor, implementarea unor roboți de asamblare etc., care să conducă la îmbunătățirea indicatorilor de performanță tehnico-economici.

9. Bibliografie

- [1] Brolin A., et al., *Experimental study of cognitive aspects affecting human performance in manual assembly*, Production & Manufacturing Research, An Open Access Journal, vol. 5 (1), 2017
- [2] Costa, et al., *A novel concept of agile assembly machine for sets applied in the automotive industry*, The Int'l J. of Advanced Manufacturing Technology, vol. 91 (9-12), pp 4043–4054, 2017
- [3] Skubic M., D. Noe, *Computer Aided Planning of Robotized Assembly Systems*, Robotics in Alpe-Adria Region, pp 183-184, 1994
- [4] Gheorghe M., *Bazele ingineriei și managementului*, Note de curs, UPB, 2019-20
- [5] Rahman F., et al., *An integrated approach for line balancing and AGV scheduling towards smart assembly systems*, Assembly Automation, vol.40 (2), pp 219-234, ISSN: 0144-5154, 2020
- [6] Kenneth K., et al., *Benchmarking Protocols, Evaluating Small Parts Robotic Assembly Systems*, IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 5 (2), pp 883-889, 2020
- [7] Olaru I., *Asamblarea în construcția de mașini*, <http://cadredidactice.ub.ro/ionelolaru/files/2011/06/cap1.pdf>, pp 1-50, 2011
- [8] ***, *Procese și sisteme tehnologice din industria auto*, 2020