

Терминирање производње и утврђивање временских норматива у структури пројектованог технолошког процеса коришћењем методе снимања

Зоран Миљковић¹, Бојан Бабић², Најдан Вуковић³, Божица Бојовић⁴

1. ОБЛАСТ НА КОЈУ СЕ ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ ОДНОСИ

Ова метода припада области производних технологија и директно се односи на утврђивање временских норматива технолошког процеса производње лименки у компанији ФМП д.о.о. Основна идеја подразумева утврђивање и прописивање временских норми за типске технолошке операције, захваљујући чему је могуће успешно реализовати планирање производње. Метода се заснива на идентификацији репрезентативних делова, типских технолошких операција и снимању рада машинских система и производних радника током експлоатације. На основу прикупљених информација спроводи се утврђивање и прописивање одговарајућих временских норми за машине алатке и производне раднике, чиме се омогућаје идентификација и смањење изгубљеног времена. Поред наведене предности, метода омогућава и анализу технолошког процеса коришћењем концепта дискретне симулације уз анализу и поређење генерисаних резултата са снимљеним стањем, што потврђује оправданост увођења утврђених временских норми. Поред утврђивања технолошких норми одговарајућих типских технолошких операција, примена методе приказане у овом извештају омогућава и директан увид у функционисање технолошког система као целине, али и идентификацију проблема који се том приликом појављују и који у општем случају не могу да буду препознати стандардним приступом. Другим речима, анализа структуре укупног технолошког времена и утврђивање технолошких норми представља основни исход приказане методологије али пружа и додатне информације које дају увид у функционисање технолошког система. Примена ове методе успешно је спроведена, показујући своју употребљивост у реалним условима.

2. ТЕХНИЧКИ ПРОБЛЕМ

Планирање производње (терминирање) подразумева формирање детаљних листа производа са дефинисаним роковима испоруке и потребним количинама одговарајућих производа. Терминирање производње је хијерархијски посматрано на највишем нивоу планирања за производњу и представља основни план на чијим основама се израђују остали планови који су хијерархијски на нижем нивоу. Међутим, детаљно планирање производње које у себи обухвата планирање потреба и капацитета, претпоставља постојање технолошких временских норми за појединачне технолошке активности. Дакле, без познавања временских норматива планирање производње је скоро немогуће остварити. У том смислу, терминирање производње може бити схваћено као приоритетна активност чије је адекватно дефинисање неопходно у циљу остваривања производних задатака.

Честе измене производних планова са собом повлаче и измене у погледу припреме производних линија, подешавања извршних органа, набавке репроматеријала, као и неопходне опреме. Менаџмент компаније ФМП д.о.о. је, у циљу измене краткорочних и средњерочних производних планова, примењивао технолошке норме одређене искуством током низа година, а које дефинишу трајање припремних активности, количину потребног репроматеријала, као и просечне застоје на производним линијама услед уобичајених разлога (квар машине алатке, нестанак електричне енергије, недостатак репроматеријала, итд.). Применом ове процедуре могуће је одредити време потребно за припрему производне линије и капитал потребан за терминирање

¹ Ванредни професор, Универзитет у Београду-Машински факултет, zmiljkovic@mas.bg.ac.rs

² Редовни професор, Универзитет у Београду-Машински факултет, bbabic@mas.bg.ac.rs

³ Стручни сарадник, Иновациони центар Машинског факултета у Београду, nvukovic@mas.bg.ac.rs

⁴ Асистент, Универзитет у Београду-Машински факултет, bbojovic@mas.bg.ac.rs

производње одређеног производа. Међутим, поред технолошких норми припремних активности, менаџмент и одговорна лица нису имали релевантне информације о временском трајању процеса производње одговарајућег производа. Другим речима, могуће је одредити које је време потребно производним инжењерима и радницима да припреме производну линију за реализацију утврђене серије разматраног производа, али је немогуће увести параметар трајања производње, с обзиром да технолошки процеси компаније до сада нису анализирани са тог аспекта. Методологија приказана у овом извештају омогућава глобално сагледавање трајања производње (терминирање) преко увођења временских норматива. Самим тим, технолошки временски нормативи добијају још више на значају, посебно приликом непланиране промене производних задатака.

С обзиром на производни програм компаније ФМП д.о.о., у оквиру кога се нуди велики број лименки различитих димензија и спецификација, као и у складу са величином серије производа које је у стању да произведе и испоручи, може се закључити да компанија спроводи *великосеријски тип производње*. У том смислу, сходно основној дефиницији великосеријске производње, у производном погону компаније доминирају машине алатке специјалне намене, док је комплексност делова релативно мала, што омогућава производњу у великим серијама.

3. ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ

Развој нових метода у индустријском окружењу претпоставља континуирано упознавање са постојећим стањем напретка науке и технологије у одговарајућој области. Међутим, с обзиром на велику конкуренцију на тржишту већина производно оријентисаних компанија није вољна да прикаже методологију коју примењују у циљу глобалног планирања производње, као ни информације о начину утврђивања технолошких временских норми. Директно поређење методологије приказане у овом извештају са постојећим начинима глобалног планирања у домену производње делова од лима може се извршити на основу знања о технолошким поступцима које је стечено дугогодишњим радом производних инжењера и производних радника у компанији ФМП д.о.о. Резултати примене предложене методологије биће упоређени са методологијом коју служба за планирање производње у оквиру компаније ФМП д.о.о. примењује за потребе терминирања производње. У том смислу, у оквиру тачке шест дати су временски нормативи утврђени на основу искуства производних инжењера и производних радника у ФМП д.о.о. и временски нормативи утврђени применом новоразвијене методе приказане у оквиру овог извештаја.

4. СУШТИНА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Временска норма представља просечно време трајања једне технолошке активности за исте усвојене почетне услове окружења. У том смислу, временска норма производног радника је време потребно просечно увежбаном раднику да, уз стандардно залагање и замор, коришћењем прописаних обрадних система и пројектованог технолошког процеса, изврши одређену промену на радном предмету и оствари задати квалитет. Са друге стране, може се дефинисати и временска норма технолошке операције која представља просечно време извршавања одређене технолошке операције на прописаном обрадном систему, за исте почетне услове окружења, уз остваривање потребног квалитета. Из ове две наведене дефиниције може се видети да проблематика технолошког нормирања рада представља изузетно важан и сложен саставни елемент припреме производње. Снижавање норматива рада доводи до скраћивања рокова технолошке припреме производње нових производа, што са аспекта непрестане промене захтева тржишта, може бити значајна предност у погледу динамике освајања нових производа, чиме се директно утиче и на продуктивност производног система.

Временске норме могу се утврдити помоћу три карактеристичне методе [1,2,5]:

- ◆ **Метода норматива** – ова метода се користи уколико постоје већ утврђене и формиране временске норме,
- ◆ **Метода упоређивања** – метода се базира на избору репрезентантног дела/склопа/подскопа/производа за који се одређује оптимални технолошки поступак и утврђује *типична временска норма*.
- ◆ **Метода снимања** – представља методу одређивања временских норматива више тачности која се заснива на снимању посматраног радног места/технолошког процеса, итд. уз евидентирање релевантних података.

У склопу компаније ФМП д.о.о. Београд служба планирања производње води евиденцију о времену припреме и „дотеривању” линија, као и о подешавању радних органа за одређене производе, па се може закључити да су ти временски нормативи у већој мери идентификовани, дефинисани и прописани. Приликом терминирања производа из производног програма компаније управо ови нормативи се користе у циљу планирања производње, како у краткотрајном смислу тако и у дуготрајном. Важност ових временских норми у глобалном пословању компаније је од изузетне важности с обзиром на могућност краткорочног планирања производње, уколико дође до промене иницијалних производних планова. Наиме, хитне наруџбине одређене серије производа од стране клијената значајно утичу на унапред планиране и започете активности. Са друге стране, у оквиру краткорочног, средњерочног и дугорочног планирања производних активности временски нормативи технолошких операција нису укључени, па је потребно дефинисати временске норме за идентификоване типске технолошке операције производног програма компаније. Према томе, основни задатак техничког нормирања састоји се у утврђивању одговарајућих мера рада међу којима је посебно важна временска норма. У условима металопрерађивачке индустрије временске норме се везују за производну операцију која чини основни елемент у склопу једног технолошког процеса. У том смислу, потребно је анализирати структуру укупног технолошког времена и увести појам технолошке операције.

Операција представља основну технолошку целину помоћу које се дефинише посматрани технолошки процес. Операција садржи скуп директних и помоћних дејстава на обрадак на једном обрадном систему и може се посматрати као процедура у којој се обрадак или група обрадака континуално обрађује на једној машини [1,2,3,5]. У општем смислу, операција је директно везана за број машина или број позиција (стегања) у којима се врши одређени технолошки процес на једној и само једној машини. Самим тим, операција представља основну градивну целину одређеног технолошког процеса [3].

У циљу дефинисања временских норми појединих технолошких операција неопходно је дефинисати и анализирати општу структуру технолошког времена произвољне технолошке операције. Наиме, у општем случају технолошко време једне операције може се представити следећом једначином:

$$t_k = t_g + t_{opr} + t_{ipr} \quad (1)$$

где су t_g главно време обраде, t_{opr} основно припремно време, t_{ipr} изгубљено припремно - завршно време и t_k комадно време.

Главно време обраде представља време потребно за успешно извршење основне активности дефинисане технолошком операцијом. Основно припремно време у себи обухвата време припремно-организационих активности у циљу припреме радног места производних радника, време неопходно за личне потребе производних радника и време техничког опслуживања радног места. Изгубљено припремно – завршно време представља време које се у току припреме производног процеса, као и у току извођења завршних активности након спроведеног процеса производње изгуби. Иако на први поглед ово време не представља проблем ипак се показује да припремно-завршне активности могу довести до већих временских губитака током производног процеса. На крају, комадно време представља време трајања операција на једном и само једном делу. Међутим, важно је нагласити да иако једначина (1) одређује општи облик структуре времена посматране технолошке операције мање или веће измене полазне једнакости се могу мењати сходно анализираном процесу [1].

5. ДЕТАЉАН ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Пре примене израза (1) неопходно је идентификовати типске технолошке операције у оквиру посматраног производног окружења. У конкретном примеру одређивања временских норми у ФМП д.о.о. уочене су следеће типске технолошке операције:

- ◆ Сечење табли лима на маказама,
- ◆ Обликовање трака лима у цилиндрични облик,
- ◆ Операција заваривања,
- ◆ Операција наношења пулвера,
- ◆ Операција термичког обрађивања обрадака,

- ◆ Операција расецања обрадака,
- ◆ Операција повијања ивице обрадака тзв. „бордирање”,
- ◆ Операција сужавања обрадака,
- ◆ Операција структурног ојачања тзв. „ребрење”,
- ◆ Операција спајања дна и
- ◆ Операција спајања прстена.

Наравно, важно је нагласити да типске технолошке операције представљају посебне технолошке целине у оквиру посматраног технолошког система и могу да се значајно разликују.

Поред уочених типских технолошких операција карактеристичних за производњу изабраних репрезентативних производа, могуће је идентификовати и технолошке операције својствене искључиво приликом производње одређених лименки. Наиме, током трајања производног процеса обратци се од једне машине (на којој се врши одређена технолошка операција) до друге машине (одређене неком другом технолошком операцијом) транспортују аутоматизованим линијским транспортерима. Том приликом на обратцима се не врши никакво директно механичко, хемијско или топлотно дејство, наравно уколико изузмемо термичку обраду која служи за побољшање квалитета завареног споја. На први поглед, овај транспорт обрадака у току производног процеса може бити изостављен из идентификације и анализе типских технолошких операција. Међутим, транспорт обрадака у оквиру линија за производњу лименки има специфичан значај с обзиром да је основна функција поменутог транспорта одвођење топлоте након термичке обраде обратка. Другим речима, обратци се након доношења пулвера (праха) и спајања крајева трака лима цилиндричног облика термички обрађују у циљу побољшања карактеристика завареног споја. Са друге стране, термички обрађени обратци акумулирали су одређену количину топлоте што приликом извођења наредних технолошких операција може бити изузетно штетно. Наиме, термичка обрада мења основна механичка својства материјала (тима и обратка) па је потребно одвести одређену количину топлоте да би основне механичке карактеристике материјала биле очуване, а све у циљу припреме за извршење технолошких операција директним механичким дејством на обрадак. На основу ове анализе веома лако се може извести закључак о функцији транспорта обрадака током процеса који се огледа у одвођењу одређене количине топлоте, што на крају ове анализе резултира и следећим закључком: *транспорт обрадака представља типску технолошку операцију*. У том смислу, поред наведених типских технолошких операција и транспорт обрадака током процеса мора бити уведен у анализу приликом дефинисања структуре укупног технолошког времена. Међутим, потребно је нагласити да с обзиром на специфичности саме технолошке операције у погледу довођења и одвођења топлоте, са становишта производних активности у смислу директног механичког дејства на обрадак, ова операција ће бити интегрисана у анализу и идентификацију структуре технолошког времена, те ће бити посматрана као *помоћна типска технолошка операција*.

Након извршене анализе типских технолошких операција могуће је дефинисати структуру укупног технолошког времена. Међутим, потребно је имати на уму да је технолошко време једне операције дефинисано једначином (1). Структура укупног технолошког времена производње лименки на одговарајућим технолошким линијама приказана је следећом једначином (2):

$$t_u = \underbrace{\sum_{i=1}^{N_M} t_{pripM(i)} + t_{izgprip}}_{\text{Terminiranje proizvodnje i planiranje potreba shodno zahtevima}} + \underbrace{\sum_{k=1}^{N_o} (t_g + t_{pom})_k + t_{pom}}_{\substack{\text{Vreme trajanja jedne} \\ \text{tipske operacije}}} + \underbrace{t_{prip} + t_{zavr}}_{\substack{\text{Vrednosti definisane} \\ \text{metodom snimanja}} + t_{izgproiz} \quad (2)$$

У једначини (2) фигуришу следеће величине:

- t_u - Укупно технолошко време,
- $\sum_{i=1}^{N_M} t_{pripM(i)}$ - Време потребно за припрему линије у циљу производње одређене серије лименки дефинисане наруџбином; N_M број машина,
- $t_{izgprip}$ - Изгубљено припремно време,

- $\sum_{k=1}^{N_0} (t_g + t_{pom})_k$ - t_g представља време трајања једне типске технолошке операције, док је t_{pom} време трајања помоћних операција; N_0 број операција,
 $t_{pom} = t_{pripr} + t_{zavr}$ - Помоћно време које чине транспорт припремака (бунта са лимовима) t_{pripr} и паковање производа t_{pakov} ,
 $t_{izgproiz}$ - Изгубљено време у току процеса производње.

Време потребно за припрему линије у циљу производње одређене серије лименки обухвата време калибрације и подешавања машина алатки, подешавање одговарајућих радних органа и транспортера у циљу производње нарученог производа уз поштовање прописаних рокова. У ово време урачунава се и евентуална израда тест узорака производа или пак израда одређене серије ради инспекције рада свих машина технолошке линије и усаглашавања њихових основних карактеристика сходно потребама специфичних производа. Пример који се може навести за ово технолошко време су: припрема, калибрација и „штеловање” линије (може да траје и неколико дана). Из претходног примера може се видети значај ове компоненте технолошког времена у укупном технолошком времену.

Изгубљено припремно време $t_{izgprip}$ представља време застоја у раду линије које настаје након покретања производне линије услед нестанка електричне енергије, недостатка репроматеријала, хаварије на машинама или транспортерима итд. Пожељно је да се ово изгубљено време редовно пријављује надлежној служби планирања производње у форми извештаја о застојима линије током експлоатације. На основу дефиниције изгубљеног припремног времена, ово технолошко време може бити од помоћи приликом одређивања плана производње с обзиром да се у извесној мери може предвидети.

Главно време трајања одређене технолошке операције t_g представља време потребно за тачно, ефикасно и поуздано обављање посматране операције на одговарајућим машинама. Ово време је одређено широким спектром параметара који варирају од комплексности операције, геометријског облика дела, старости и поузданости машине алатке итд. У том смислу потребно је нагласити да се ова величина може одредити само методом снимања с обзиром на специфичност посматране активности. Помоћно време t_{pom} представља помоћно време посматране типске технолошке операције у које је за ове потребе усвојено време транспорта обрадака. Наиме, процес транспорта је већ анализиран па је том приликом и констатовано да се овај поступак може сврстати у помоћне типске технолошке операције с обзиром на специфичности и карактер посматраног технолошког система. Као и главно време трајања одређене технолошке операције и ово време се са задовољавајућим степеном поузданости може одредити методом снимања. Важно је нагласити да се помоћно време t_{pom} може рашчланити на више компонената које, поред транспорта обрадака, у себи могу да обухватају и времена потребна за припрему одређених операција. Наиме, приликом операције спајања (или монтаже) два дела неопходно је урачунати и време потребно за производњу тих делова производа, с обзиром да и они утичу на процес производње целог производа и његово трајање. Сходно претходној констатацији, у структури укупног технолошког времена фигурираће и помоћно време везано за припрему, производњу и транспорт делова производа.

Помоћно припремно време t_{pripr} обухвата следеће активности: транспорт виљушкарком палете са лимовима до производне хале, опакивање палете и постављање палете на маказе. Помоћно време паковања производа одређено је следећим поступцима: паковање производа на палетизатору, облепљивање и везивање палете са лименкама и транспорт палете до излаза из погона или пак до одређеног складишта готових производа.

На крају, изгубљено време $t_{izgproiz}$ је у највећој мери одређено застојима у току процеса производње који су директно везани за непланиране застоје који се не могу подвести под изгубљено припремно време. Наиме, у току трајања производног процеса честе су појаве заглављивања обрадака у току транспорта магнетним, жичаним или тракастим транспортерима, као и заглављивања обрадака током трајања одговарајуће технолошке операције на машинама алаткама специјалне намене. Ово изгубљено време може бити идентификовано само методом снимања и на тај начин уведено у анализу структуре укупног технолошког времена. У складу са основним циљем анализе структуре технолошког времена неопходно је нагласити да се сви елементи једначине (2) морају посматрати релативно у односу на један комад.

6. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ПРИМЕНЕ РЕШЕЊА

У оквиру студије [1], терминирање производње базирано на примени методе снимања примењено је на шест производних линија компаније ФМП д.о.о. Резултати спроведене анализе на основу описане методе за једну производну линију су дати у оквиру овог извештаја, док су за остале производне линије приказани у [1].



Слика 1. Линија Л3 у оквиру производног погона ФМП д.о.о.

На посматраној производној линији (слика 1), која се у оквиру компаније ФМП води под називом линија Л3, производи се цилиндрична троделна и оребрена лименка димензија $\varnothing 83/80 \times 85$ (слика 2) која се користи у прехранбеној индустрији за конзервирање различитих врста воћа и поврћа. Лименка се израђује од електролитичког белог лима заваривањем уздужног споја и са доње стране затвара помоћу дна $\varnothing 80$, док се са горње стране лименка затвара поклопцем $\varnothing 83$. Унутрашња цилиндрична површина лименке заштићена је одговарајућим лаком сходно производима које треба конзервирати. Технолошки поступак приказан је у табели 1.

Табела 1: Технолошки поступак са временима трајања операција

РБ	Технолошки поступак	Време трајања
1	Транспорт палете са лимовима у халу до маказа	00:00:25
2	Постављање палете на машину	00:02:59
3	Отпакивање палете	00:00:25
4	Подизање палете до вакуумских сисалки	00:00:25
5	Сечење припремака из табле лима	00:00:09
6	Скидање трака са маказа и постављање на сто	00:00:20
7	Преношење трака и пуњење шаржера	00:00:03
8	Утискивање полуреца и обликовање	00:00:02
9	Заваривање и печење споја	00:00:20
10	Транспорт и хлађење	00:01:51
11	Повијање и расецање	00:00:02
12	Транспорт	00:00:10
13	Ребрење и сужавање	00:00:04
14	Транспорт	00:00:21
15	Операција спајања дна	00:00:02.5
16	Транспорт	00:00:17
17	Палетизација	00:01:04
18	Увезивање и облепљивање	00:04:29
19	Одвожење палете са лименкама	00:00:27

Након примене методологије описане једначином (2) добија се технолошко време за једну лименку, односно:

$$\begin{aligned}
t_u = & \frac{t_1}{N_b N_{pripr}} + \frac{t_2}{N_b N_{pripr}} + \frac{t_3}{N_b N_{pripr}} + \frac{t_4}{N_b N_{pripr}} + \frac{t_5}{N_{pripr}} + \frac{t_8}{2} + \frac{t_9}{2} + \\
& \frac{t_{10}}{2} + \frac{t_{11}}{2} + t_{12} + t_{13} + t_{14} + t_{15} + t_{16} + \frac{t_{17}}{N_{reda}} + \frac{t_{18}}{N_{pal}} + \frac{t_{19}}{N_{pal}} + \frac{t_{pri}}{N_{ser}} + \frac{t_{zast}}{N_{ser}} + \\
& + \frac{t_{izg}}{2N_{pal}} + \frac{t_{prvi_prolaz}}{N_b N_{pripr}} + \frac{t_{drugi_prolaz}}{N_b N_{pripr}} = 287,316[s]
\end{aligned} \quad (3)$$

где је:

$t_i, i=\{1,2,\dots,19\}$ - редни бројеви активности које су наведене у табели 1,

t_{pri} – припремно време за целу линију које обухвата замену алата за одређени пречник лименке, подешавање радних органа алата и транспортера (у термин плану производње означени као застоји везани за подешавање, оштрење и „штеловање”). Податке је проследила служба за планирање производње за двомесечни период и серију $N_{ser} = 7\,560\,000$ лименки. Том приликом припремно време је износило $t_{pri} = 92,5[h]$, што је сведено на величину серије $t_{pri}/N_{ser} = 0,044 [s]$,

t_{zast} - застоји који су пријављени у току рада (квар машине, некавалитетни материјал и нестанак електричне енергије и репроматеријала). Подаци су преузети од службе за планирање производње за двомесечни период и серију $N_{ser} = 7\,560\,000$ лименки. Пријављени застоји износе $t_{zast} = 9,5[h]$, односно сведено на величину серије $t_{zast}/N_{ser} = 0,005[s]$,

$t_{prvi_prolaz} = 82,135 [s]$ - време трајања првог пролаза лакирања (утврђено методом снимања),

$t_{drugi_prolaz} = 82,142 [s]$ - време трајања другог пролаза лакирања (утврђено методом снимања),

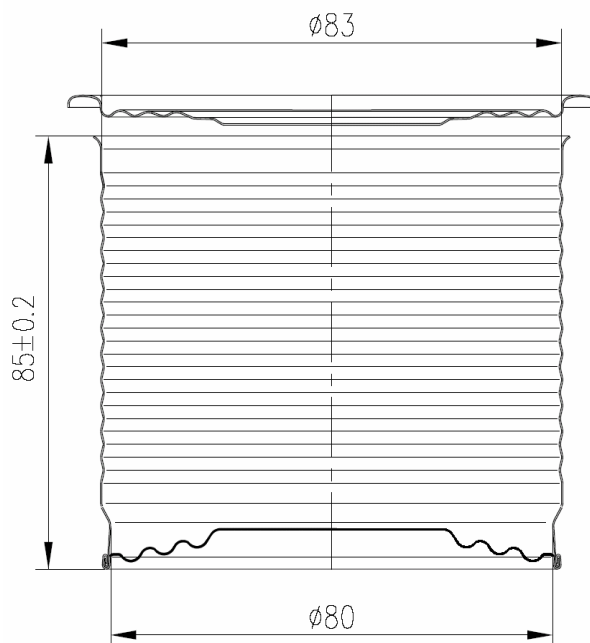
t_{izg} – вредност величине утврђена је методом снимања, мерењем застоја током производње две палете лименки (9408 лименки). Том приликом измерени застоји су сабрани и добијена је вредност од 20 [min] за две палете, односно бројчано исказано $t_{izg}/2N_{pal} = 0,128 [s]$

N_{ser} – величина серије,

N_b – број табли лима у једном бунту је 1500,

N_{pripr} – број припремака од табле лима је 12, тј. 6 трака по два припремка на свакој,

N_{pal} – број лименки на једној палети је 4704 комада.



Слика 2. Цилиндрична троделна и оребрена лименка димензија $\text{Ø}83/80 \times 85$

Резултат снимања рада линије ЛЗ и технолошких времена типских технолошких операција представља једначина (3) која одређује технолошко време производње једне лименке. У структури дефинисаног технолошког времена, поред технолошких операција својствених производној линији ЛЗ, уведена су и технолошка времена одговарајућих операција које се обављају у лакирници, у циљу сагледавања глобалне слике производног процеса лименке као производа. Директним мерењем трајања посматраних технолошких операција на линији не може се успоставити аналогија са моделом структуре укупног технолошког времена у коме временски удео технолошких операција у лакирници није узет у обзир. Другим речима, поређење два система извршава се за исте почетне услове и за исте карактеристике окружења у коме посматрани системи обављају процес(е) за који су и пројектовани.

У том смислу, у табели бр. 2. дат је упоредни приказ вредности укупног технолошког времена одређеног методом снимања уз анализу и идентификацију типских технолошких операција, времена потребном за производњу једне лименке од једног припремка које је снимљено директно на производној линији, и модела

структуре укупног технолошког времена у коме временски параметри транспорта бунта од улаза у производну халу до маказа и осталих припремних операција нису узети у обзир.

Табела 2: Упоредни приказ технолошких времена израде једне лименке

Р.бр.	Параметар	Време [s]
1	Технолошко време израде једне лименке:	287,316
2	Време потребно да се од једног припремка добије лименка (снимљено директно на линији):	280
3	Технолошко време производње једне лименке без урачунаог транспорта до погона и осталих помоћних активности:	287,263
4	Идеализовано технолошко време (време које обрадак проведе на линији):	189,5
5	Изгубљено време:	90,5

Ред бр.1 у табели 2 представља резултат примене израза (2), где су у структуру технолошког времена производње једне лименке уведени и поступци лакирања табли лима (у одговарајућем броју пролаза). У реду бр.2 приказано је време одређено директним мерењем на „празној” линији у циљу поређења са моделом структуре укупног технолошког времена. Изостављањем транспорта и припремних активности у укупној структури технолошког времена из једначине (3), где прва четири сабирка одређују поменути временски удео, приказано је време потребно за производњу једне лименке. Ред бр. 4 приказује идеализовано технолошко време одређено сабирањем поступака од реда бр. 8 до реда бр. 16 у табели 1, који представљају основне технолошке операције које се извршавају директно на производној линији (време потребно за палетизацију производа није узето у обзир). У реду бр.5 приказано је изгубљено време које представља разлику између времена потребног да се од једног припремка добије лименка (ред бр.2) и идеализованог технолошког времена (ред бр.4).

У претходној анализи основни разлог за „занемаривање” утицаја неких величина је у могућност ваљаног мерења технолошких времена на производној линији, што резултира и успостављањем директне везе између таквог модела структуре укупног технолошког времена и снимљеним вредностима на линији. У таквој поставци, могуће је успоставити и аналогију, а након спроведене анализе извести одговарајуће закључке.

У табели 3 приказано је поређење пројектованог капацитета линије Л3 и капацитета одређеног приликом снимања рада производне линије. Нормирана вредност капацитета линије одређена је производним планом и представља параметар чија вредност је одређена на основу искуства производних инжењера и радника. Овако дефинисана норма прописује се за сваку производну линију и представља минимум који треба остварити у једној осмочасовној смени. Другим речима, у овом случају норма представља предикцију времена потребног за производњу одговарајућег броја лименки на дневном нивоу чија вредност је утврђена на основу искуства. Међутим, важно је нагласити да компанија усваја два сата у оквиру сваке осмочасовне смене као „простор” у коме су урачунати уобичајени застоји у току рада производне линије као што су: заглављивање лименки током транспорта и обављања технолошких операција услед неадекватног навошења заштите завареног споја, мршење жице за завривање итд. Другим речима, у ова два сата улазе сви стандардни застоји релативно кратког временског трајања који не потпадају под основне типове застоја идентификоване током пуштања производних линија у рад од стране одговорних лица у ФМП д.о.о. (као што су недостатак репроматеријала или електричне енергије, квар на машинама итд.). Са друге стране, у нормираних два сата застоја урачунат је и рад производних радника у производном погону, с обзиром да свакодневни напоран рад у оваквом окружењу представља значајан напор за људски организам. Односно, сходно опису радног места радника не може се очекивати константан ефективан осмочасовни рад па се и продуктивност линије треба прилагодити хуманизацији рада, али и реалној продуктивности линије.

Друга величина у табели 3 представља величину одређену на лицу места током рада производне линије. Наиме, ова вредност одређена је мерењем „протока” лименки приликом

пристизања на палетизатор након обављене операције спајања дна. Том приликом, снимљен је проток од 330 [limenki/min], који је накнадно пројектован на ефективно шесточасовно радно време у оквиру смене.

Табела 3: Упоредни приказ пројектованог (нормираног) капацитета линије ЛЗ и снимљених вредности

РБ	Параметар	Вредност
1	Капацитет линије - нормиран:	90 000 [limenki / 8h]
2	Капацитет линије ЛЗ измерен на лицу места пројектован на [6h]:	118 800 [limenki / 6h]
3	Капацитет линије ЛЗ измерен на лицу места пројектован на [8h]:	158 400 [limenki / 8h]
4	Капацитет линије ЛЗ измерен на лицу места пројектован на [1h]:	19 800 [limenki / 1h]

На основу измереног протока лименки одређени су и пројектовани капацитети линије сведени на осмочасовно радно време, као и на један час ефективног рада производне линије без застоја. У циљу аналитичког анализирања проблема извршено је и поређење вредности наведених у табели бр.2 и табели бр.3 на следећи начин. Наиме, мерењем „протока” обрадака установљено је да на сваких $\Delta t = 0,182$ [s/br. komada limenki] линија произведе једну лименку⁵. Уколико се ова вредност пројектује на 90 000 лименки (N_{ser}), што представља норму једне осмочасовне радне смене, добија се време потребно за производњу сменске норме:

$$T_{norme} = t_{produkcije_jedne_limenke} + N_{ser} \cdot \Delta t \quad (4)$$

одакле се након замене нумеричких вредности добија:

$$T_{norme} = 280 [s] + 89\,999 [br. komada limenki] \cdot 0,182 [s/ br. komada limenki] = 4,63[h] \quad (5)$$

$$\Rightarrow T_{norme} \approx 04:37:00$$

Другим речима, за 4 [h] и 37[min] ефективног рада линије могуће је остварити дневну (сменску) норму. Међутим, приликом постављања ове једнакости изгубљено време (табела бр.2, ред бр.5) није узето у обзир. У том смислу, изгубљено време од 90,5 [s] треба да буде укључено у производни процес сваке појединачне лименке. С обзиром да изгубљено време представља око 32% времена потребног за производњу једне лименке (снимљено директно на линији током рада), повећањем периода међудоласка једне лименке Δt за 32% добија се:

$$T_{norme} = t_{produkcije_jedne_limenke} + N_{ser} \cdot (\Delta t \cdot 1,32) \quad (6)$$

Односно, бројчано исказано:

$$T_{norme} = 280 [s] + 89\,999 [limenki] \cdot 0,24 [s/limenki] = 6,07[h] \approx 06:00:00 \quad (7)$$

На овај начин, применом методологије приказане у оквиру овог извештаја, утврђено је да стварно време потребно за производњу сменске норме износи 6 [h], што се поклапа са временском нормом прописаном од стране компаније које је утврђено на основу искуства (6 [h] је предвиђено за ефективни рад и 2 [h] за застоје који настају услед утицаја фактора који се не могу непосредно контролисати). Другим речима, резултат примене методологије приказане у овом извештају омогућује експлицитно одређивање технолошких норми уз идентификацију свих времена која фигуришу у једначинама (1) и (2) и одређивање њихових нумеричких вредности. Оваква

⁵ Вредност је одређена инверзијом измереног протока и представља период међудоласка једне лименке.

могућност представља велику предност приказане методе у реалним условима где је потребно извршити тачно планирање производње у циљу смањења изгубљеног времена.

Описана методологија може да се употреби за одређивање просечног броја обрадака који се налазе на линији у сваком тренутку током експлоатације помоћу следеће једнакости:

$$N = 1/\Delta t \cdot t_{\text{производње једне лименке}} = 5,5 \text{ [limenki/s]} \cdot 280 \text{ [s]} = 1540 \text{ [limenki]} \quad (8)$$

Са друге стране, поред структуре укупног технолошког времена везане директно за производну линију која је управо наведена могуће је дефинисати и структуру технолошког времена везану за производ. Наиме, сви делови лименке за прехранбену индустрију димензија $\varnothing 83/80 \times 85$ производе се у оквиру производних погона компаније ФМП д.о.о. У том смислу, укупном технолошком времену изведеном за линију Л3 потребно је додати одговарајућа технолошка времена за дна (линија Л32) и поклопце (линија Л31) лименки. Резултати снимања рада линија Л32 и Л31, као и припадајућих технолошких времена наведена су у [1]. Укупно технолошко време за лименку $\varnothing 83/80 \times 85$ може се написати у следећем облику:

$$T_{\text{производа}} = t_{\text{линије Л3}} + t_{\text{линије за дна Л32}} + t_{\text{линије за поклопце Л31}} = 287,316 + 334,107 + 320,14 = 941,563 \text{ [s]} \quad (9)$$

У студији [1] дат је упоредни приказ анализе резултата описане методологије и прописаних емпиријских норми компаније ФМП за анализирани производне линије. Студија приказује анализу временских норматива за остале снимљене производне линије и указује на уочене проблеме који доприносе стварању изгубљених времена. У поређењу са постојећим прописаним нормама компаније, описана методологија идентификује узроке настанка изгубљених времена коришћењем методе снимања, а аналитичким приступом извршава терминирање. Због тога су и резултати примене методологије значајнији, с обзиром да пружају глобалну слику о функционисању посматраног технолошког система.

7. ЗАКЉУЧАК

У извештају је приказана нова методологија терминирања производње и утврђивања временских норматива у структури технолошког процеса коришћењем методе снимања. Методологија се базира на идентификацији типских технолошких операција, снимању рада производних линија и производних радника и утврђивању технолошких норми након спроведене анализе. Примена описане методологије омогућује планирање производње у складу са захтевима клијената и предикцију трајања производних активности. У металопрерађивачкој индустрији терминирање има важност пре свега у погледу одређивања времена потребног за производњу серије одређене величине, а посебно добија на значају уколико постоји потреба за честом променом планова, сходно захтевима тржишта.

Резултати примене описане методологије упоређени су са знањем производних инжењера и производних радника стеченим током дугогодишњег рада у оквиру производног погона ФМП д.о.о. У директном поређењу, одређивање технолошких времена применом описане методологије омогућава тачнију предикцију трајања производних активности с обзиром да обухвата шири спектар фактора који значајно утичу на брзину и ефикасност производње. Са друге стране, приказана методологија омогућује и идентификацију изгубљеног времена, уз указивање и утврђивање узрока настанка али и последица на функционисање технолошког система.

Поред примене описане методологије за потребе одређивања технолошких временских норми у ФМП д.о.о. описано техничко решење може бити примењено и код других компанија оријентисаних ка производњи делова од лима. У том смислу, компаније које могу бити заинтересоване за примену овог техничког решења у форми утврђивања и прописивања временских норми коришћењем методе снимања су нпр. ВУСК (Београд) и Металац (Горњи Милановац). Са друге стране, основне једначине описане методологије (једначине 1 и 2) су довољно опште и обухватају утицај различитих фактора на укупно технолошко време производње једног комада. Ово омогућава примену методе на шири спектар проблема у домену терминирања производње у технолошким системима компанија које припадају металопрерађивачкој индустрији.

Међутим, примена описане методологије у форми која је приказана у овом извештају није и коначна, с обзиром да снимљена времена трајања технолошких операција, као и закључци изведени на основу спроведене анализе могу да буду процесирани и накнадно анализирани

коришћењем одговарајућег симулационог софтвера. Овај вид анализе прикупљених информација о структури укупног технолошког времена није обавезан али се може користити у циљу директног поређења рада технолошког система у постојећим условима и на основу предложеног решења. На овај начин могуће је идентификовати оне елементе посматраног технолошког система у којима је задржавање обрадака израженије иако по технолошком поступку није планирано („уска грла” система). На овај начин могуће је указати на факторе који утичу на појаву и повећање изгубљеног времена које не може бити идентификовано конвенционалним приступом [2].

На крају, развој и примена одговарајуће електронске базе података која би у себи обухватила терминирање производње на основу технолошких временских норматива утврђених применом описане методологије, као и формирање одговарајуће технолошке документације представља један од видова побољшања предложеног концепта. Наиме, увођење напредних информационо-комуникационих технологија развијених на основу досадашњих резултата примене [1,2,4] омогућило би брже и ефикасније обављање производних задатака.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бабић Б., Миљковић З., Бојовић Б., Вуковић Н., **Снимање рада и одговарајућих технолошких времена линија за производњу лименки у компанији АД ФМП – Београд**, Београд 2008.
- [2] Бабић Б., Миљковић З., Нешић Н., **Управљање технолошким информацијама у предузећу „ВУСК“ – Београд**, Београд 2007.
- [3] Калајдић М., **Технологија машиноградње**, Универзитет у Београду–Машински факултет, XI издање, Београд 2008.
- [4] Миљковић З., Милановић Д, Нешић Н., Стошић Д., Милановић С., **Пројектовање производних процеса у предузећу „Монтпројект”**, Београд 2004.
- [5] Јовичић Д., Алтарац Ш., Манојловић М., Стојак Р., **Техничко нормирање методом стандардних елемената у металној индустрији - операције на алатним машинама**, Приручници ИАМА - Бр. 2, Институт за алатне машине и алате (ИАМА), Београд 1969.