

Тодор Давчев

О Д Р Ж У В А Њ Е И М О Н Т А Ж А
за IV година машинска струка

Скопје, 2010

Проф. д-р Тодор Давчев, дипл. инж.

Рецензенти:

Проф. д-р Петар Симоновски, дипл. инж.

Чедомир Крстев, дипл. инж.

Драган Донев, дипл. инж.

Лектор

Зорица Велкова

Издавач:

Министерство за образование и наука на Република Македонија

Печати:

Графички центар дооел, Скопје

Тираж:

450

Со решение на Министерот за образование и наука на Република Македонија бр. 22-4392/1 од 29.07.2010 година се одобрува употребата на овој учебник

CIP – Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека “Св.Климент Охридски” ,

Скопје

62-192(075.3)

ДАВЧЕВ, Тодор

Одржување и монтажа за IV година машинска струка / Тодор Давчев. -

Скопје : Министерство за образование и наука на Република Македонија,

2010. - 133 стр. : илустр. ; 27 см

ISBN 978-608-226-271-0

COBISS.MK-ID 84297994

СОДРЖИНА

Предговор /5

Вовед /7

1. Одржување и активности во одржувањето /9

2. Контрола и дијагностика /15

2.1. Вовед /15

2.2. Контрола /16

2.3. Дијагностика /21

3. Причини за неисправности /откази и последиците /23

3.1. Видови причини /23

3.2. Индиректни трошоци поради отказ / неисправност /24

4. Надежност на системите /28

4.1. Вовед /28

4.2. Надежност и ненадежност на системот /28

4.3. Интензитет на отказите (интензитет на ризикот) /31

5. Погодност за одржување /34

5.1. Вовед /34

5.2. Погодност за одржување на систем /34

5.2.1. Вовед /34

5.2.2. Елементи на вградените погодности за одржување /35

5.2.3. Логистичката поддршка на одржувањето /41

5.2.4. Проценка на погодностите за одржување /44

6. Распожливост на системот /47

6.1. Вовед /47

6.2. Распожливост на непоправливи и поправливи сист. /48

6.3. Карактеристични времиња во текот на експлоатација /49

6.4. Показатели на расположливоста /52

7. Стратегии во одржувањето /56

7.1. Вовед /56

7.2. Реактивно - корективно одржување /57

7.3. Одржување според времето во експлоатација /57

7.4. Одржување според состојбата /61

7.5. Откривање на скриени неисправности /65

8. Современи пристапи кон одржувањето /67

8.1. Вовед /67

8.2. Одржување насочено кон надежноста (ОНН) /68

8.2.1. Вовед /68

8.2.2. Програма за превентивно одржување за ОНН 68

8.2.3. Ризици во одржувањето /73

8.3. Тотално продуктивно одржување /76

8.3.1. Вовед /76

8.3.2. Воведување на постапките за ТПО /77

8.3.3. Глобална ефективност на опремата /84

9. Повратни информации за неисправности / откази /88

9.1. Вовед /88

9.2. Видови информации /88

9.3. Парето анализа на информациите /91

9.4. Анализата на причините и последиците /85

10. Продуктивност на одржувањето /98

10.1. Вовед /98

10.2. Искористеност на работната сила во одржувањето /98

10.2.1. Менаџирање со бројноста на персоналот /100

10.2.2 Контрола врз незавршената работа /102

10.2.3. Вреднување на продуктивноста на одржувањето /103

10.3. Аутсорсинг во одржувањето /103

11. Бенчмаркови во одржувањето /107

11.1. Вовед /107

11.2. Вршење бенчмаркинг /108

11.3. Стратегиски бенчмаркови на одржувањето /109

11.4. Оперативни бенчмаркови на одржувањето /109

11.5. Интерни бенчмаркови на одржувањето /112

12. Одржувањето и заштитата на животната средина /115

12.1. Видови заштита од загадување /115

12.2. Рециклирање на отпадоците /117

13. Одржување од светска класа /118

Прилог 1: Мал англиско-македонски лексикон за одрж. /122

Прилог 2: Прашања за повторување на градивото /130

Л и т е р а т у р а /132

ПРЕДГОВОР

Со оглед на значењето што одржувањето на техничките системи (машините, апаратите, уредите) го има во современите производни и услужни дејности, занаетчискиот начин на одржувањето е одамна надминат. Современото одржување, од техничките лица ангажирани во одржувањето на техничките системи во фирмата, бара специјална и основна едуцираност.

Специјалната едукација се однесува на одржувањето на машините, апаратите и уредите кои се користат и одржуваат во самата фирма. Тоа е едукација (обука) која што производителот на системот, во рамките на логистичката поддршка на системот, ја пружа на корисникот.

Одржувањето на современите комплексни и софистицирани системи, без одреден вид специјална обука, е речиси невозможно. Со неа се врши надградба на основните знаења од одржување, стекнати во текот на редовното школување. Обуката, најчесто, се врши во центрите за обука на производителот на системот. За полесна и правилна примена на стекнатото знаење, во зависност од системот за којшто се врши обуката, се издаваат прирачници за одржување, каталози за резервни делови, временски нормативи за превентивно и корективно одржување на системот и др.

Овој ракопис овозможува да се стекнат основните (фундаменталните) знаења од областа на одржувањето на техничките системи. Станува збор за општи знаења кои треба да ги поседува секое техничко лице без оглед на тоа какви машини, апарати или уреди одржува. Поседувањето на ваков вид знаења претставува основа за надграба со каков било вид специјални знаења (специјални модули на знаења) за кои погоре стана збор.

Во контекст на ова, во книгата, најнапред се презентирани вообичаените активности во одржувањето, целите и содржините на тие активности. За да се добие претстава за придонесот на одржувањето во успешното работење на претпријатието, во понатамошниот текст се наведени последиците коишто произлегуваат од неискористеноста на ресурсите на фирмата поради откази и

неисправности. Односот кон одржувањето на опремата во фирмата во голема мера може да влијае на нејзините планирани производствени и финансиски резултати. Од тие причини, на одржувањето на машините и опремата треба да се гледа како на профитна дејност на фирмата, а не како дејност која создава трошоци.

Не постои единствен модел на одржување којшто насекаде и секогаш успешно може да се примени. Порастот на ефективноста и профитабилноста на работењето на фирмата во голема мера зависи од едуцираноста, искуството и инвентивноста на сопствениот човечки потенцијал. Со цел да се промовира проактивниот однос кон одржувањето на системите во фирмата, во книгата се презентирани повеќе различни стратегии на одржување, нивните предности и недостатоци. Презентирани се активностите и методите за откривање и елиминирање / подобрување на слабите места во техничките системи и во системот на организацијата на работите на одржувањето.

Едно поглавје во книгата е посветено на сочувување на животната средина од гледна точка на одржувањето на техничките системи.

Со стекнатите современи знаења од областа на одржувањето и проактивниот однос кон него може да се преиспита целисходноста на начинот на одржувањето препорачан од производителот, да се откријат слабите места во системите и да се изнајдат решенија за нивно целосно отстранување или ублажување, со крајна цел намалување на трошоците на работењето и / или сочувување на животната средина од загадување.

Како последица на глобализацијата на светската економија е и примената на англискиот јазик во комуникацијата помеѓу луѓето од разни средини. Од тие причини, во текстот на книгата, за одредени стручни термини на македонски јазик се дадени и термини и општо прифатените кратенки на англиски јазик. Во прилогот на книгата е даден мал англиско - македонски лексикон за одржување на техничките системи.

Книгата е наменета за учениците на техничките училишта и техничарите кои работат на одржување на машините, уредите и апаратите во разни индустриски и услужни дејности. Книгата може да послужи и на сите останати кои професионално се ангажирани во одржувањето на техничките системи.

Авторот,
e-mail: davcev@mf.edu.mk

В О В Е Д

Во современото живеење и работење се користат голем број разновидни технички производи - системи (машини, апарати и уреди), од чија што исправна работа и брза поправка, во случај на нивна неисправност или отказ, целосно сме зависни. Со други зборови, зависни сме од нивната расположливост. Расположливоста на системите, во текот на нивниот работен век, зависи од надежноста и одржувањето, од погодноста за одржување на системот и логистичката поддршка на одржувањето. За разлика од логистичката поддршка на одржувањето, надежноста и погодноста за одржување се вградени својства во конструкцијата на системите.

Корисниците на производите и услугите, генерално, од производителите и давателите на услугите очекуваат квалитетен, на време испорачан и евтин производ или услуга. Отказите и неисправностите во текот на работата на техничките системи (машините, апаратите и уредите) негативно се одразуваат на квалитетот и квалитетот на производството / услугата, ги пореметуваат термините за испорака на производите и се причина за редица други придружни негативни влијанија врз конкурентноста на фирмите.

Деградацијата (постепеното намалување) на проектираните перформанси (својствата) на техничкиот систем е неизбежен процес во текот на неговата експлоатација. Со активностите на одржување и логистичката поддршка на одржувањето на системот, деградацијата се забавува и работниот век на системот се продолжува. Сите три активности: зголемувањето на проектираното ниво на надежноста, одржувањето и логистичката поддршка на одржувањето на системот, се насочени кон зголемување на неговата расположливост (времетраењето на работоспособната состојба на системот). Постојат повеќе причини поради кои надежноста и погодноста за одржување се вбројуваат меѓу најважните карактеристики на квалитетот на техничкиот систем.

Одржувањето и неговата логистичка поддршка, со оглед на директните трошоци во одржувањето и загубите што произлегуваат од неискористеноста на ресурсите на фирмата, поради откази и неисправности, во голема мера можат да влијаат на планираните производствени и финансиски резултати. Од тие причини, на одржувањето на машините и опремата треба да се гледа како на профитна дејност на фирмата, а не како дејност која прави трошоци.

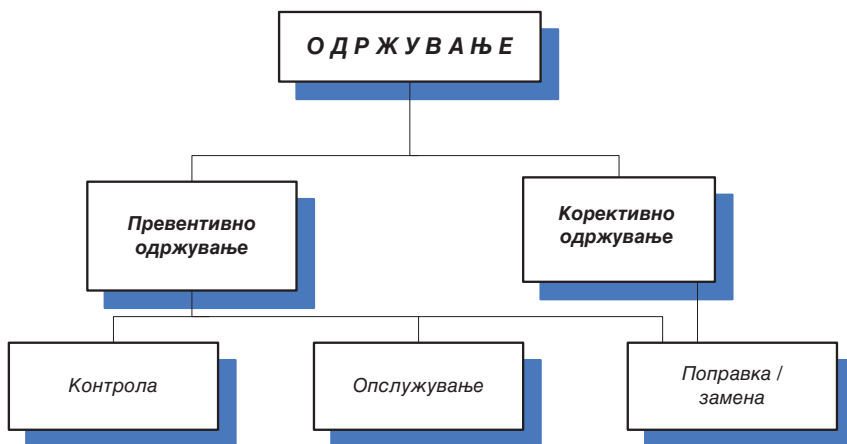
Под погоден систем за одржување се подразбира систем кој што е надежен (со помалку неисправности и откази во текот на работењето) кај кој што операциите на одржувањето се извршуваат без голем напор, за кусо време и со мал трошок. Овие карактеристики на системот, со логистичката поддршка на одржувањето, влијае врз намалување на времетраењето на превентивното и на корективното одржување, а со тоа и на намалување на застоите во работењето поради одржувањето и на трошоците во текот на експлоатацијата на системот.

Во понатамошниот текст, се среќаваат поимите неисправност и отказ. Разликата помеѓу нив е во тоа што неисправноста се однесува на состојба на системот во која тој целосно не ги исполнува зададените функции според техничките барања, додека отказ се однесува на состојба на системот во која што тој не може да ги извршува зададените функции. Најчесто отказот е резултат од постоечка неисправност во системот, но може да се појави и без постоење на претходна неисправност.

На пример, возилото е неисправно доколку потрошувачката на горивото е поголема од фабрички декларираната или составот на издувните гасови или силите на кочење не се во законски дозволените граници. Неисправното возило ја врши транспортната работа, но не ги задоволува зададените технички барања. Возилото е во отказ кога не може да ја исполнува неговата задача - транспортната работа.

ОДРЖУВАЊЕ И АКТИВНОСТИ ВО ОДРЖУВАЊЕТО

Одржување е комбинација од технички, организациски и контролни активности кои што се вршат со цел системот да се одржи или да се врати во состојба во која може да ја извршува бараната функција, односно да се одржи или да се врати во неговата оперативна состојба. Одржувањето се состои од корективни и превентивни активности (види сл. 1.1).



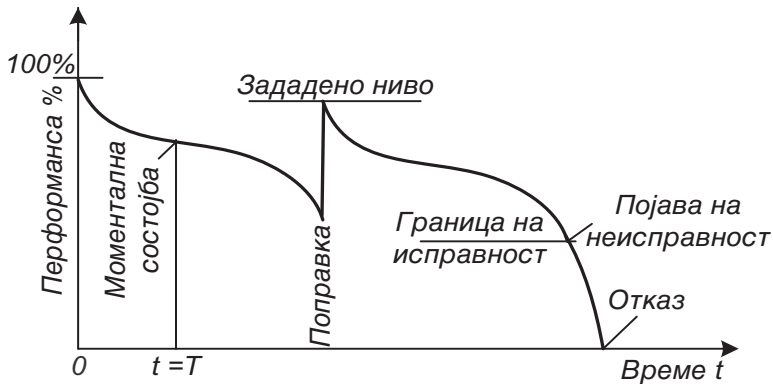
Сл. 1.1. Активности во одржувањето

Превентивно одржување е планирано одржување коешто се извршува во однапред одреден интервал или во согласност со однапред пропишани критериуми со цел да се спречат можните неисправности / откази или да се деградира функцијата на системот. Превентивните задачи на одржувањето се извршуваат преку:

- контрола,
- опслужување,
- поправка / замена.

Корективно одржување е непланирано одржување кое се извршува по настанатиот отказ / неисправност и со кое системот се враќа во состојба во која што може успешно да ја извршува својата функција. Активности за враќање на системот во исправна состојба се поправките или замената на неисправните делови на системот.

Секој нов систем работи со стопроцентни перформанси (моќност, прецизност, брзина и др.). Во текот на експлоатацијата (времето), поради промените кои настануваат во него, перформансите на системот слабеат, што се манифестира со намалување на моќноста, бројот на вртежите, прецизноста при извршување на задачите и др. Промената на перформансата (деградирањето) на системот во текот на експлоатацијата, сликовито е прикажана на сл. 1.2



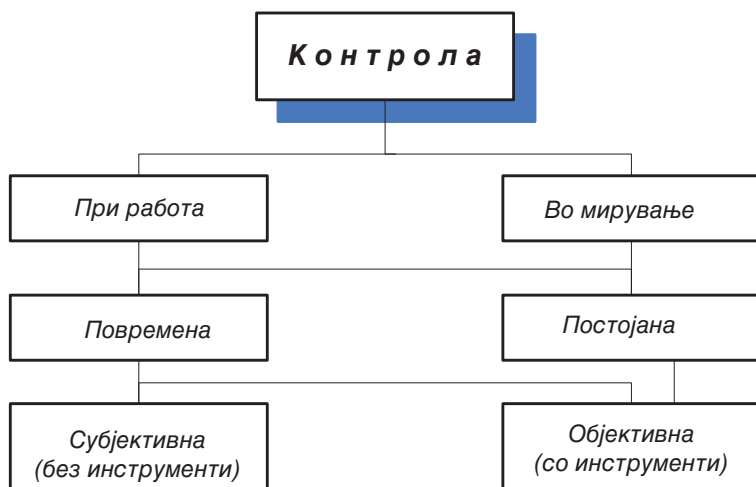
Сл. 1.2. Промената на перформансите (деградирање) на системот во текот на експлоатацијата

Контрола. Со контролата се одредува моменталната техничка состојба на системот. На тој начин, со одредени мерења при одредени работни услови и во одредена работна средина, се проценува колку моменталната состојба на системот отстапува од зададената (номиналната), или колку моменталната состојба на системот е далеку од границата на исправноста / неисправноста (види сл. 1.2).

Со контролата се врши надзор врз технолошкиот процес, нивото на ефективната работа на системот, изабеноста, напрегањата и др. Контролирањето на системот може да биде поддржано со

дијагностички уреди или системи. На сл.1.3 се прикажани различните видови контроли.

Опслужување (сервисирање) Задача на опслужувањето е да ја задржи зададената техничка состојба на системот, а со тоа и неговата надежна работа. Тоа се постигнува со намалување (забавување) на интензитетот на промените кои ја деградираат неговата состојба,

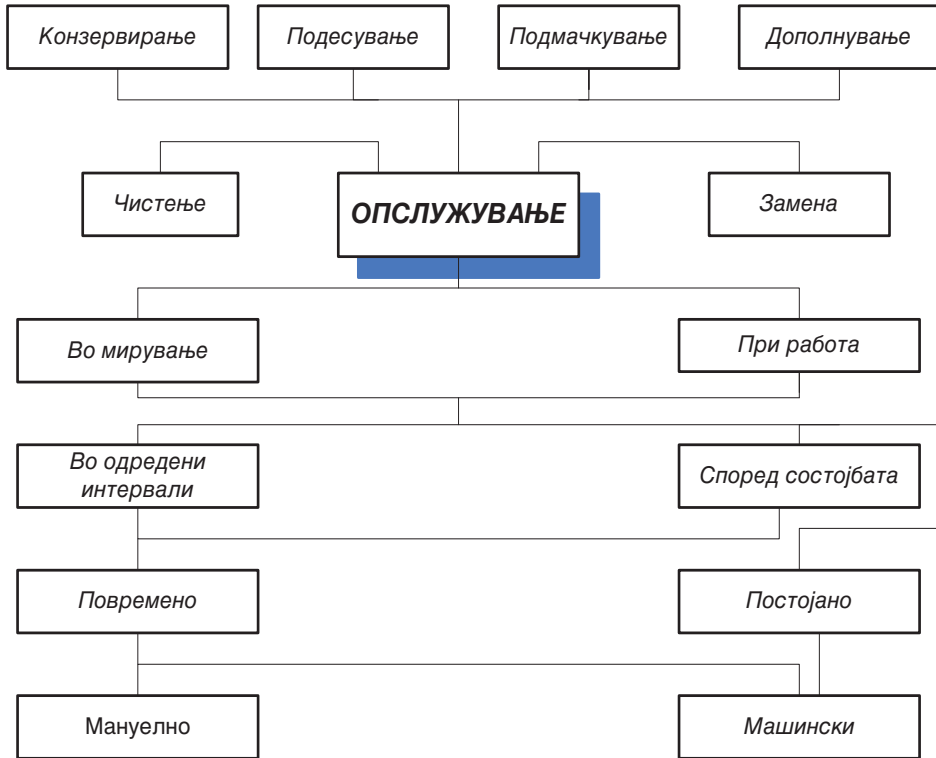


Сл. 1.3. Видови контроли

а го продолжуваат животниот век. На сл. 1.4 се дадени вообичаените активности на опслужувањето и начините на неговото извршување, а тие се:

- *Чистење*: отстранување на туѓи и помошни тела и материјали;
- *Конзервирање*: заштита од надворешни влијанија;
- *Подесување (нагодување)*: отстранување на отстапувањата со помош на уреди и алати наменети за таа цел;
- *Подмачкување*: внесување (замена) на средства за подмачкување на местата на триењето со цел да се намали интензитетот на абењето;
- *Надополнување / долевање*: надополнување / долевање на помошни материјали;

- **Замена:** замена на материјали и ситни делови со кус век и едноставни за замена.

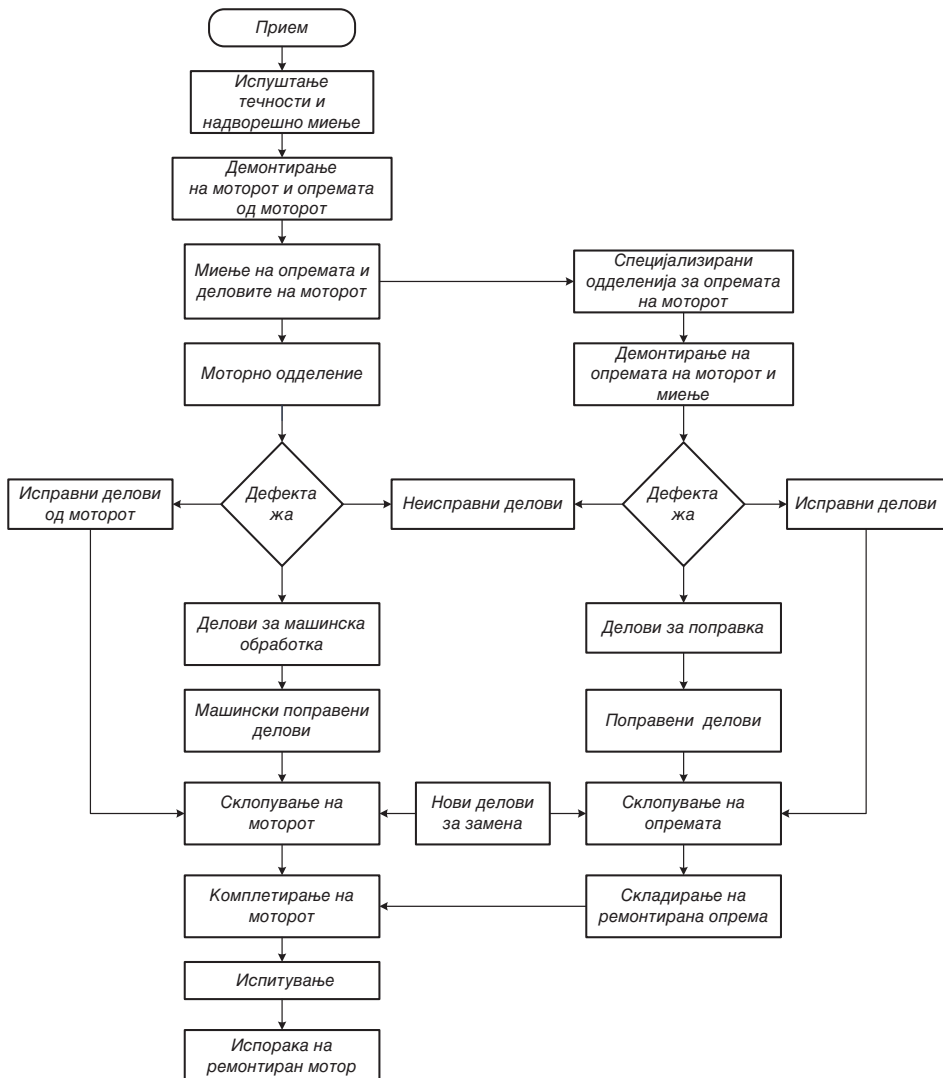


Сл. 1. 4. Активности и начини на извршување на опслужувањето

Поправки / замени. Поправки / замени на елементи или потсистеми се активности со кои неисправниот систем или системот кој е во отказ се враќа во пропишаната техничка состојба.

Вообичаено е, доколку поправките / замените се вршат на поголемиот дел или на целиот систем, таквите активности да се нарекуваат ремонт на системот. На сл. 1.5 е прикажан блок дијаграм на технолошкиот процес на ремонтирање на мотор со внатрешно согорување.

Кога ќе се извршат поправките или ремонтот на системот зависи од усвоената стратегија на одржувањето на опремата (види делот 7).



Сл. 1.5. Технолошки процес на ремонтирање на мотор со внатрешно согорување

Времето на извршувањето на таквите активности е во функција од:

- моменталната состојба на системот, дефинирана при неговата редовна или вонредна контрола,

- пропишаниот интервал, утврден според интензитетот на експлоатацијата на системот (поминати километри, работни часови, работни циклуси, произведени парчиња и сл.),
- плановите на производството на фирмата и др.

Времето на поправката / замената или ремонтот влијае врз потенцијалната искористеност на системот. Раното интервенирање е конзервативен пристап на одржување, а со задоцнето интервенирање се зголемува веројатноста од потреба за пообемни и поскапи интервенции на одржувањето.

Дел 2

КОНТРОЛА И ДИЈАГНОСТИКА

2.1. Вовед

Контролата и дијагностиката се дел од активностите во системот за одржување на опремата и машините.

Контролата е присутна и во превентивното и во корективното одржување на системите. Со контролата на системите (уредите и машините), во планираното (превентивното) одржување, менаџерите стекнуваат увид во моменталната техничка состојба на погонот / машинскиот парк (види сл. 1.2).

Според актуелната состојба на конкретната машина / уред, добиена со нејзината контрола, може да се прогнозира дали таа ќе го "преживее" однапред дефинираното време на експлоатација или дотогаш ќе откаже. Со таквите информации се овозможува ефективно планирање како на одржувањето на машините, така и на производството.

При контролата се откриваат евентуалните скриени неисправности во системот. Генерално, при извршувањето на контролата не се преземаат мерки за отстранување на откриените неисправности освен некои поситни активности од доменот на одржувањето. Таков е, на пример, случајот кога при повремени контроли на редукторот се открие дека нивото на маслото е под пропишаното ниво, поради што се долева масло во него.

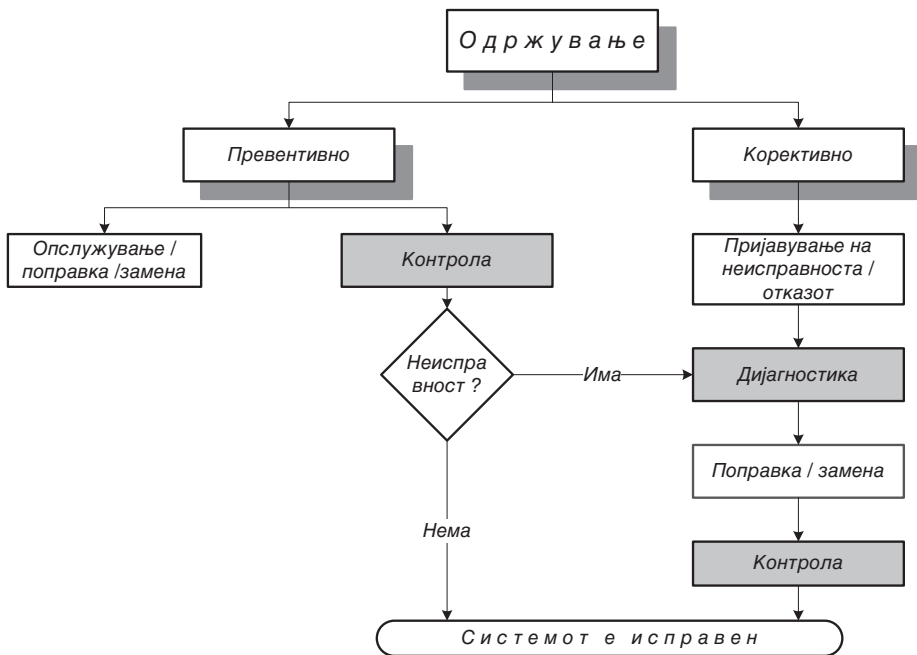
Контролата во рамките на корективното одржување се врши со цел да се одреди квалитетот на извршените поправки на системот врз основа на поставената дијагноза.

Дијагностика е дел од активностите на одржувањето, која што се врши на систем кој што е неисправен или е во отказ. Причините на отказот / неисправноста се откриваат со помош на уредите и методите за дијагнозата. Оваа активност на одржувањето добива особено значење кај сложените, комплексните системи, кај кои откривањето на причините за отказот, во голема мера, може да влијае врз расположливоста на системот (види делот 6).

Во рамките на овие активности присутен е и појмот тест. Тест е опит кој што се врши со цел да се измери, квантифицира или класифицира својството или перформансата на системот. Поради можното влијание на неисправната работа на еден систем врз неисправноста на работењето на друг систем или уред, тестирањето, обично, се врши според одреден редослед. Ваквото систематско тестирање на системите и уредите трае подолго време, но затоа му дава на дијагностичарот покомплексен увид во нивната состојба, а со тоа и можности за попрецизна дијагноза.

2.2. Контрола

Контролата е дел од активностите на одржувањето, со којашто се одредува (контролира) моменталната техничка состојба на системот. Од блок дијаграмот на одржувањето (види сл. 2.1) се гледа присутноста на контролата во превентивното и во корективното одржување.



2.1. Контролата и дијагностиката во системот за одржувањето

Контролата е основна активност во стратегијата на одржувањето според состојба на системот (види т. 7.4). Овој вид на превентивна активност во одржувањето претпоставува постоење на контину-

ирана (постојана) или повремена (периодична) контрола на техничката / работната состојба на системот во текот на времето, со цел да се процени (прогнозира) оптималното време за поправка / ремонт на системот.

Постојана контрола (надзор) за време на експлоатацијата се врши на оние системи / потсистеми чија неисправна работа може да предизвика потешки последици врз нивната техничка состојба или врз околината во која што системот работи. Контролата на работата на таквите системи се врши со мерење на контролирана големина како што е притисок, температура, електричен напон или друга физичка големина, големина која што е индикатор на промените кои што настануваат во системот. Во моментот кога состојбата на системот ќе ги надмине дозволените гранични состојби, контролно - мерниот систем го активира алармот (светлосен, звучен и сл.) или автоматски го исклучува системот од работа. Надежноста на контролно - мерниот систем мора да е многу поголема од надежноста на објектот на контролата. Системите за постојана контрола, кои што се вградени во објектот на контролата, сè уште не се широко застапени, а причините за тоа се од техничка или од економска природа.

Современото превентивно одржување се темели на **повремена контрола** на објектот на контролата. На овој начин се контролираат промените на перформансите на системот во текот на времето, како што е на пример, промената на силата на кочење на системот за кочење на возилото, или составот на издувните гасови на моторот и сл. Доколу овој вид контрола не може да се изврши во текот на работата на системот, таа мора да се врши брзо, со цел неработењето на системот, поради контролата, да биде што е можно пократкотрајно, односно расположливоста на системот да биде што поголема. Овој систем на контрола го сочинуваат: објект на контролата (изворот на информациите), контролно - мерниот уред и корисникот на информациите (контролорот).

Контролорот е основна алка во системот за повремена контрола на системот. Во процесот на контролата контролорот извршува неколку функции:

- го подготвува објектот на контролата за контрола,
- го подготвува контролно - мерниот уред за контрола,
- ги собира и ги анализира информациите од извршените мерења,
- врши субјективна контрола на објектот на контролата,

- донесува одлука (дава предлог) за понатамошна експлоатација или исклучување на системот од експлоатација.

Кај сложените системи, како што е на пример возилото, контролорот ја донесува оценката за состојбата на возилото, врз основа на информациите добиени од контролно - мерните уреди, но и врз основа на резултатите од **субјективната контрола**. Контролорот субјективно ги проценува влијанијата на деформациите, корозијата, истекувањата на гасовите, истекувањата / капењата на течностите, прснатините и др., врз понатамошната експлоатација на системот. На сл. 2.2. е прикажан ендоскоп, уред со којшто се овозможува визиелен пристап на тешко пристапни места за контрола.

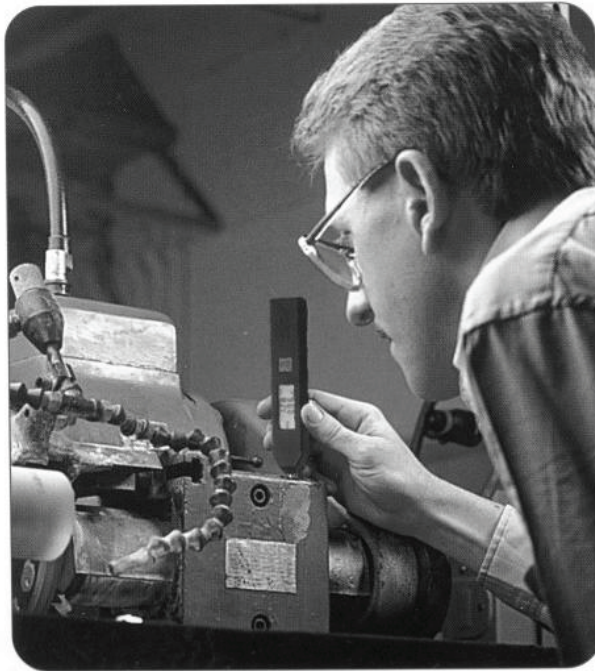


Сл. 2.2. Ендоскоп

Иднината на контролата на посложените и поодговорни системи е во **објективната контрола** - контролата со инструменти (види сл. 2.3). Инструментите за контрола се сè пософистицирани; попрецизни, понадежни, поедноставни за ракување, со автоматски

запис на резултатите од контролата, но и сè поскапи. Благодарјеќи на таквите инструменти, субјективизмот во оценката на состојбата на системот се минимизира, а контролата можат да ја вршат контролори со пониска квалификација и со помало искуство.

Оние перформанси на системот кои не можат да се контролираат со инструменти (објективно) и понатаму ќе се контролираат субјективно. За разлика од објективната контрола, субјективната контрола е поевтина, побрза, не бара речиси никаква опрема, но во голема мера зависи од искуството и квалификуваноста на контролорот.



Сл. 2.3. Контрола на вибрации на машина со преносен (цепен) инструмент

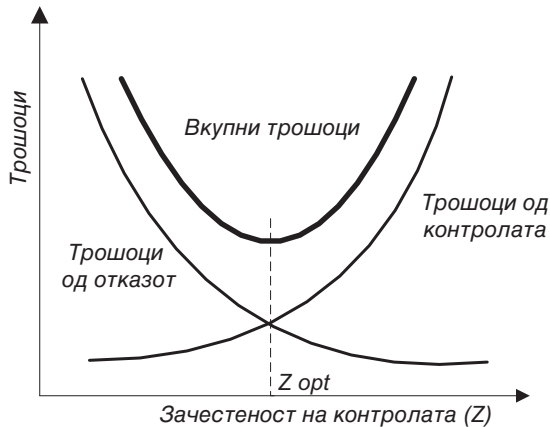
Интервали на контрола. Што се однесува до интервалите - зачестеноста на контролата на системот, одредувањето на оптималната зачестеност на контролата треба да ги земе предвид тежи-

ната на последиците од појава на неисправноста / отказот врз системот, но и трошоците поради неработењето на системот поради контрола како и трошоците од самата контрола.

Со зачестеноста на контролата, се зголемува нивото на контролата врз системот и се намалува веројатноста за појава на непредвидлива (ненадејна) неисправност / отказ, а со тоа и трошоците за нивно отстранување и обратно (види сл. 2.4).

Наспроти погореизнесеното, со порастот на зачестеноста на контролата на системот, поради трошоците кои произлегуваат од самото вршење контрола и евентуалното неработење на системот поради контрола, растат трошоците на одржувањето на системот и обратно (види сл. 2.4)

Вкупните трошоци од одржувањето на системот, од гледна точка на зачестеноста на контролите, се збир на погоренаведените трошоци и тие имаат свој минимум. Минимумот на трошоци се добива при оптималната зачестеност на контролата Z_{opt} (сл. 2.4).



Сл. 2.4. Трошоци на одржувањето во зависност од зачестеноста на контролата. Z_{opt} - оптимална зачестеност на контролата

Зачестеноста на контролите во текот на експлоатацијата на системот не е константна. Во почетокот на експлоатацијата, кога состојбата на ситемот е далеку од границата на неисправноста, зачестеноста може да е помала, а со приближување кон таа граница, зачестеноста треба да е поголема (види сл. 1.2).

2.3. Дијагностика

Дијагностика е дел од активностите на одржувањето, која што се врши на систем кој што е неисправен или е во отказ (види сл. 2.1). Тоа е процес на откривање на причините за отказот / неисправноста врз основа на симптомите на отказот / неисправноста. Со помош на средствата и методите на дијагнозата се откриваат причините на отказот / неисправноста, без да се врши демонтирање на системот или на неговите потсистеми.

Лоцирањето на причината за отказот / неисправноста се врши со помош на дијагностички параметри - симптоми на неисправноста на системот. Со мерењето на дијагностичките параметри (температура, притисок, вибрации, ел. напон, звук и т.н.) и познавањето на начинот на функционирањето на системот, се лоцира изворот на неисправноста.

Дијагностичката процедура почнува откако при контролата на системот, во рамките на превентивното одржување, се открие неисправност во неговата работа или по пријава на ракувачот на системот за постоење на неисправност / отказ во системот (види сл. 2.1)

Контролните мерења кои се вршат во рамките на дијагностиката со помош на дијагностичките уреди овозможуваат брзо и точно лоцирање на причината за неисправноста / отказот на системот. Поради сè поголемата сложеност на современите системи, видот на дијагностичките уреди и системи е сè поразновиден и пософистициран. Освен покажувањата на инструментите, при дијагнозата се полезни и искуставата на дијагностичарите. Сепак, субјективната дијагноза, поради истите причини како и контролата, сè повеќе остапува место на објективната дијагноза - дијагнозата со инструменти.

Од аспект на погодноста за одржување, најпогодни се оние системи чии потсистеми сами манифестираат постоење на неисправност во нив. Но, многу почест е случајот кога причината за отказот или неисправното работење на системот треба да се открие. Учесството на времето на дијагностицирањето и времето потрошено за отстранување на откриениот отказ / неисправноста во вкупната интервенција на одржувањето, за разни системи е различно.

Тој процес треба да е ефикасен и брз со што се скусува времетраењето на неработењето на системот. Тоа е особено важно за сложените системи со електрични и електронски компоненти поради

фактот што времето на откривањето на неисправната електро или електронска компонента (времетраењето на дијаг-нозата) е многу подолго од времето на отклонување на неисправноста, односно од времето потребно за замена на откриената неисправна компонента. Таа состојбата е обратна кај механичките и хидрауличните системи.

Од тие причини во електронско управувачката единица (ЕУЕ) на електронско управуваните системи е вграден потсистем за дијагноза т.н. систем за **он-борд (on-board) дијагноза** Негова задача е да ги контролира сигналите од сензорите и повратните сигнали од извршните органи (актуаторите). Доколку сигналот е надвор од одредени граници, ЕУЕ го алармира ракувачот на системот за постоење на неисправност или автоматски ја запира работата на машината, но истовремено неисправноста се регистрира во меморијата на ЕУЕ.

Отчитувањето на постоечките неисправности во машината, регистрирани во меморијата на ЕУЕ, се врши со уред за дијагноза (скенер) кој со приклучен кабел се поврзува со ЕУЕ. На тој начин податоците од меморијата на ЕУЕ преку приклучниот кабел се пренесуваат кон уредот за дијагноза на чиј екран дијагностичарот ги отчитува неисправните струјни кола во електронски управуваниот систем. По добивањето на ваква информација, дијагностичарот со помош на едноставни електрични мерни уреди брзо ја открива причината за неисправноста.

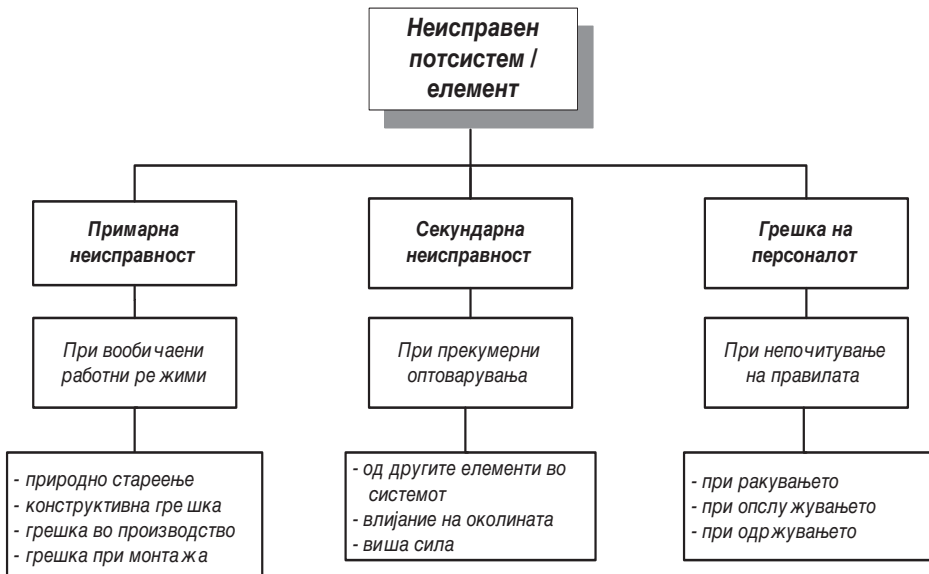
Меѓутоа, при дијагностицирањето на современите комплексни системи се применува и т. н. **оф-борд (off-board) дијагноза** - дијагноза со помош на мерни уреди коишто со кабли, црева или други приклучоци се поврзуваат на карактеристичните места на системот. Такви уреди се осцилоскопи, анализатори на гасови, манометри, вакуум-метри и др.

Дел 3

ПРИЧИНИ ЗА НЕИСПРАВНОСТИ И ОТКАЗИ И ПОСЛЕДИЦИТЕ

3.1. Видови причини

Систем е збир на потсистеми и елементи меѓусебно поврзани на одреден начин со цел да се реализира одредена функција. Функцијата на системот зависи од состојбата на потсистеми и елементите. Меѓутоа, во исти потсистеми и елементи на различни места во системот можат, поради различни причини, да се појават различни видови неисправности или откази. Неисправностите / отказите можат да бидат примарни, секундарни или поради грешки на персоналот (човечки грешки) (види сл. 3.1).



Сл. 3.1. Класификација на неисправностите / отказите според причините

Примарна неисправност во системот се јавува поради причини кои произлегуваат од самиот потсистем / елемент. Неисправноста

се јавува при вообичаени работни режими на системот, режими во кои оптоварувањата се во границите на дозволените, а причините можат да бидат природното стареење или грешките направени од производителот (конструктивни грешки, производни грешки или грешки при монтажа).

Секундарната неисправност, за разлика од примарната, е последица од работа во работни услови кои се надвор од пропишаните услови за нормално работење на потсистемот / елементот. Секундарните неисправности се последица на разни видови преоптоварувања на кои потсистемот / елементите биле или се сеуште изложени од другите потсистеми на системот, околината или персоналот кој што ги управува или ги контролира. Треба да се напомене дека со отстранувањето на изворите за ненормалното работење, автоматски не се враќа работоспособноста на потсистемот / елементот, бидејќи претходните оптоварувања можеле да предизвикаат неповратни оштетувања поради кои што е потребна нивна поправка или замена.

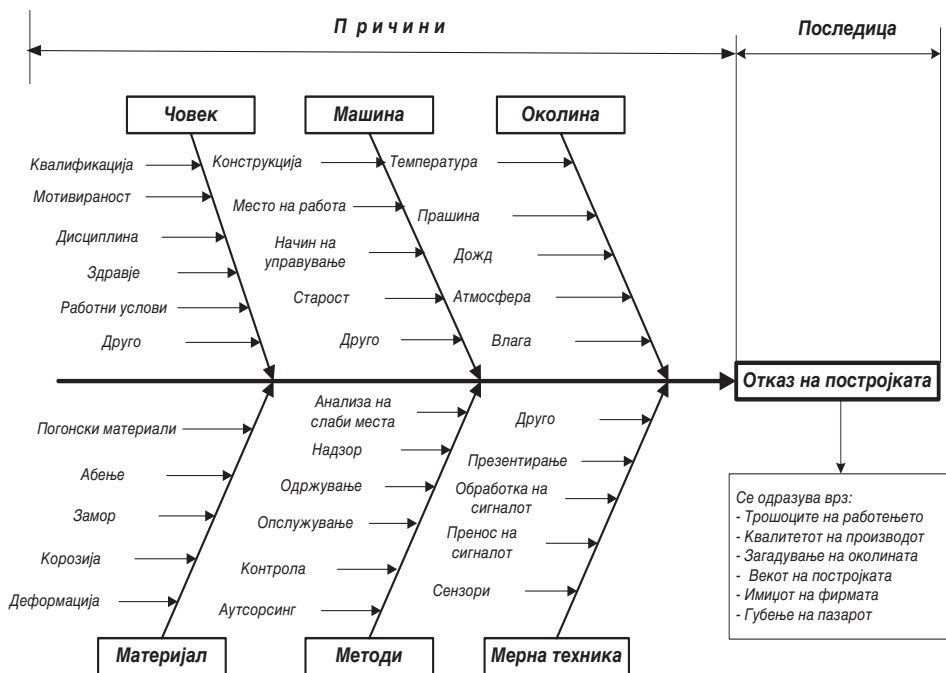
Грешка на персоналот, со пошироко значење, се однесува на причина за појава на неисправност во потсистемот / елементот предизвикана од персоналот и тоа не само поради погрешна команда на операторот на системот, при што се пречекорени конструктивно предвидените оптоварувања наведени во упатството за управување со системот, туку и поради грешка во превентивното одржување (ненавремено или недоволно контролирање и опслужување според пропишаните прописи) или поради грешка во корективното одржување предизвикана од непрописно извршени интервенции при замената или поправката на елементот / потсистемот.

На сл. 3.2. е прикажан широк спектар на можни причини за неисправноста и последиците од отказот или неисправноста на системот / постројката.

3.2. Индиректни трошоци поради отказ / неисправност

Трошоците / штетите настанати поради отказ на постројка / систем спаѓаат во т.н. “индиректни трошоци поради одржувањето“. Овој израз не е сосема соодветен, иако постои корелација помеѓу трошоците настанати поради неисправност / отказ и трошоците директно поврзани со одржувањето, но има оправдување доколку на системот за одржувањето се гледа како на “систем за одбрана од појава на штети”, односно на систем со чија помош се избег-

нуваат или се намалуваат трошоците што индиректно ги прави постројката по настанатата неисправност / отказот.

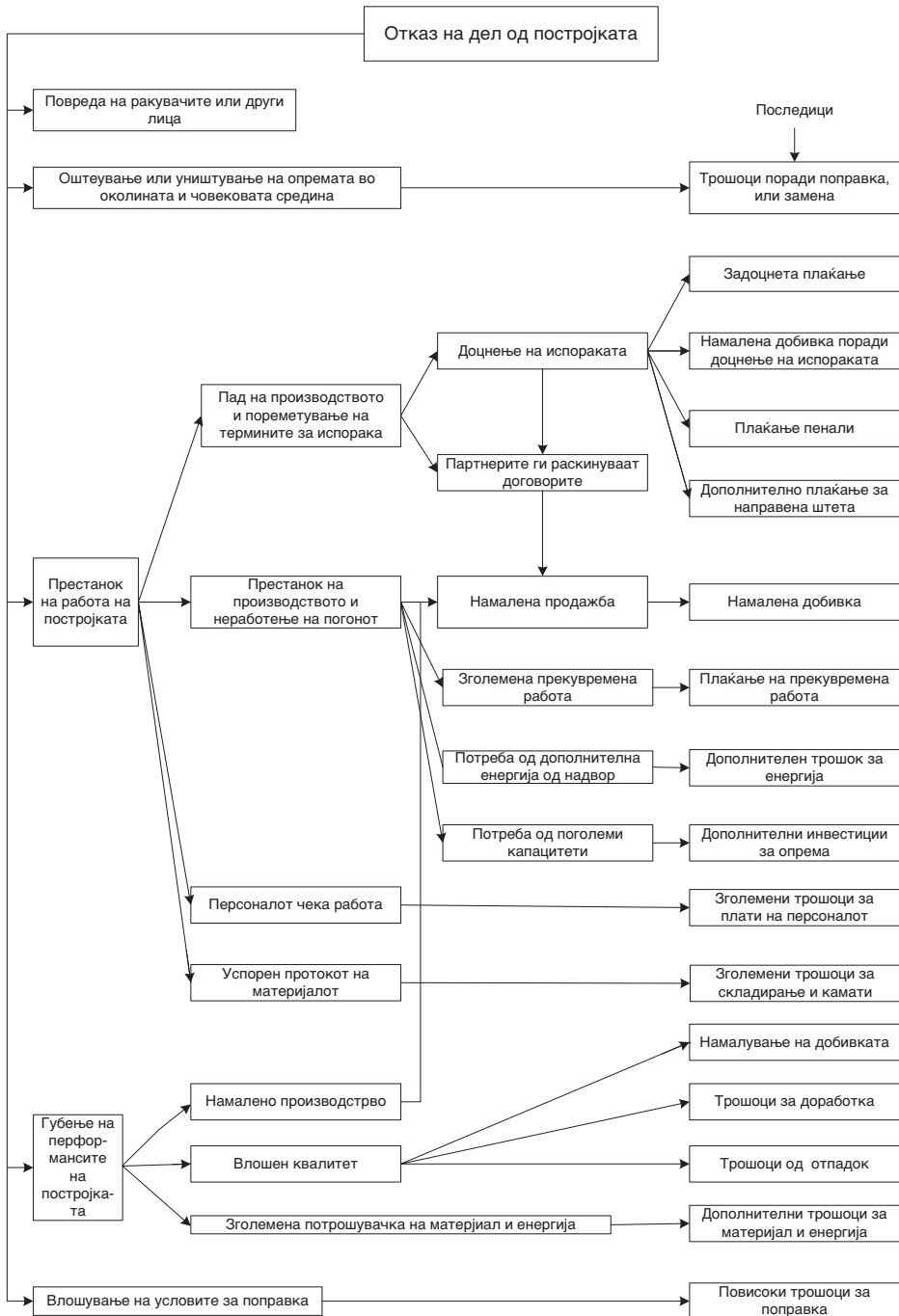


Сл. 3.2. Можни причини за неисправноста и последиците

Доколу на осигурителната компанија се гледа како систем за надоместување на штетите (обештетување), а на одржувањето како на систем за одбрана од штети - евидентна е поврзаноста на овие два система. Од тие причини, осигурителните компании се заинтересирани за надежната работа на системот и за системот за одржувањето насочено на надежноста на системот.

Трошоците настанати поради отказ на постројката зависат од неколку влијателни фактори кои кај различни претпријатија имаат различни последици. Во многу фирми се користи вообичаениот метод на пресметка на трошоци поради отказ на машината, според кој времето во отказ се множи со цената на машинскиот час. Тој метод важи само во мал број случаи, бидејќи зема предвид само една пресметковна ставка од вкупните трошоци.

3 - Причини за неисправности и откази



Сл. 3.3. Видови трошоци поради неисправност / отказ на постројка

Во продолжение се дадени неколку можни видови на трошоци поради отказ / неисправност, кои се независни од работниот час на постројката (види сл. 3.3), а тоа се:

- трошоците поради направени штети во околината,
- трошоците поради неподготвени активности за одржување / поправки (во споредба со планираните активности во планското одржување),
- дополнителните трошоци (пенали) поради неисполнување на испораките на производите,
- трошоци поради намалениот степен на искористеност на постројката (намалената расположливост).

Квантитативната вредност на стварните индиректни трошоци поради отказ на постројката тешко се одредуваат во практиката.

Дел 4

НАДЕЖНОСТ НА СИСТЕМИТЕ

4.1. Вовед

Зачетоците на теоријата на надежноста и некои од термините за надежноста датираат од XIX век. Надежноста, преку теоријата на веројатноста и статистиката, најнапред почнале да ја применуваат осигурителните компании при пресметките на премиите за животното осигурување на лицата. На пример, термините “интензитет на смртноста” или “стапка на ризикот”, од жаргонот на осигурителните компании, кореспондираат со терминот “интензитет на отказите” во надежноста / ненадежноста на техничките системи. Денес надежноста се смета за една од најважните карактеристики на квалитетот на техничкиот системот. Таа карактеристика на техничкиот системот, заедно со погодностите за одржување на системот, значително влијае врз неговата расположливост (види т. 6.1).

4.2. Надежност и ненадежност на системот

Систем е збир на меѓусебно поврзани компоненти и потсистеми со цел да се реализира неговата функција со дефинирани перформанси. Од аспект на одржувањето, техничките системи можат да бидат поправливи или непоправливи. Непоправливите системи се оние за кои не е предвидена поправка. Такви системи на пример се светилките, семеринзите, клинестите ремени и други видови слични производи за кои производителот не предвидува поправка, поради што нивната понатамошна употреба престанува во моментот кога во нив ќе се појави неисправност или отказ.

Меѓутоа, поголемиот дел од техничките системи (производи) се така конструирани за да можат, по појавата на неисправноста / отказот, да се поправат. Тоа се т.н. поправливи системи. Таквите системи, во текот на експлоатацијата со активностите на одржувањето, со поправките или ремонтите, од неисправна состојба или од состојба во отказ се враќаат во исправна состојба (во состојба во која ги исполнуваат техничките барања).

Надежноста (*reliability* - англиски; *Zuverlässigkeit* – германски; *надежностъ* – руски; *поузданост* - српски, хрватски) се дефинира преку веројатноста дека производот ќе може постојано да ја извршува својата функција под одредени услови до одреден временски период.

Зголемена надежност значи помалку неисправности и откази на системите во текот на работењето, помалку интервенции за нивното одржување, а според тоа, помалку застои и губитоци во работењето - поголема расположливост на системот. Појавата на неисправност или отказ во системите како што се на пример возилата, авионите, електричните централи, воената опрема и техника и во многу други современи технички системи, може да има катастрофални последици врз здравјето и животите на луѓето и врз материјалните добра. Надежноста на производот ќе биде објаснета преку проценката на надежноста на еден производ, со следниов пример.

Пример: Треба да се процени надежноста на редукторот од одреден производител, од партијата редуктори произведени под исти услови се зема репрезентативен извадок. Извадокот е репрезентативен, доколку секоја единка (примерок) од партијата на производот чија што надежност се проценува, има еднакви шанси да биде избрана во извадокот.

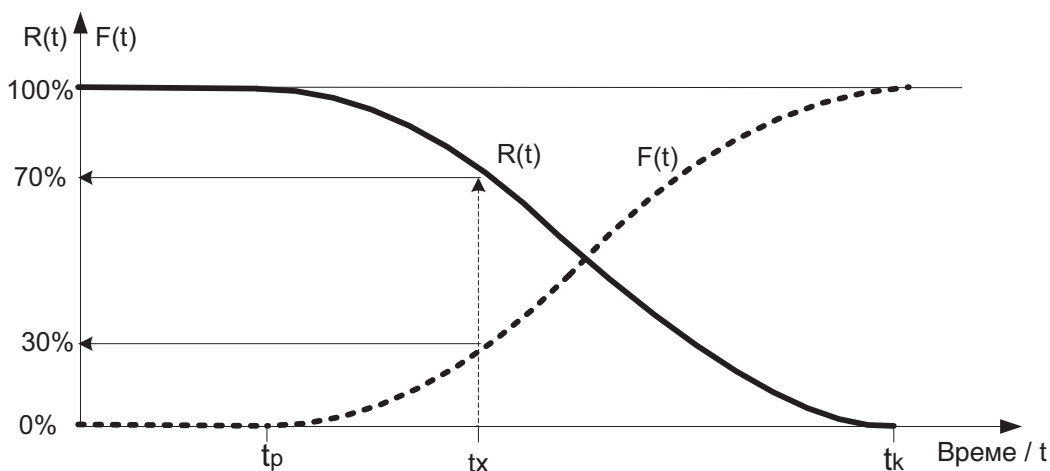
Нека извадок од 100 редуктора од одреден производ производител, под одредени услови на работа, се пуштаат во употреба (експлоатација). Сите редуктори нема да откажат во исто време, туку некои од нив ќе откажат порано некои подоцна. Се бележи времето на работа до отказ на секој редуктор. Редукторите кои се во отказ не се поправаат поради што бројот на исправните редуктори од извадокот во текот на времето се намалува, бидејќи не се врши надополнување на извадокот со исправни редуктори, на местото на оние кои што откажале. Намалувањето трае до моментот додека откажат сите производи од извадокот, сè додека нема повеќе “преживеани” редуктори во извадокот. Времињата до отказите на одделните примероци во извадокот се различни случајни големини, чиј број е еднаков на бројот на примероците во него. Во овој случај тоа се 100 регистрирани времиња.

Ако до некое време во експлоатација t_x , од 100-те редуктори откажале 30, а останатите 70 се исправни (го “преживеале” моментот t_x), тогаш може да се каже дека надежноста на редукторот $R(t)$, во дадените услови на работа, до моментот t_x

иснесува $R(t_x) = 70/100 = 0,7 = 70\%$, а ненадежноста $F(t_x) = 30/100 = 0,3 = 30\%$ (види сл.4.1). Од тука произлегува општата релација:

$$R(t) + F(t) = 1 = 100\%$$

Врз основа на податоците за времето на отказот на извадокот од 100-те редуктори, за партијата редуктори од која што е земен извадокот може да се каже дека надежноста на редукторите до моментот t_x , под дадените услови на работа, е 70%. Со други зборови, доколку се набави редуктор од таа партија производи, веројатноста тој да откаже до моментот t_x е 30%, а веројатноста дека ќе го “преживее” моментот t_x е 70%.



Сл. 4.1. Промена на надежноста $R(t)$ и ненадежноста $F(t)$ во текот на времето

Со оглед на тоа дека промената на надежноста / ненадежноста е добиена од голем извадок (од извадок од 100 редуктора), со голема доверба може да се процени дека сл. 4.1 се однесува и на надежноста на основната популација редуктори. Од сл. 4.1 може да се заклучи следново:

- До времето t_p , веројатно, нема да откаже ниту еден редуктор (надежноста $R(t_p) = 100\%$, а ненадежноста $F(t_p) = 0\%$). Треба да се напомене дека времето t_p е време од почетокот на работата на новите редуктори до појава на отказот на најненадежниот (“најслабиот”) редуктор. Тоа време е многу подолго од она прикажано на сликата

- Количеството на “преживеаните” редуктори се намалува во текот на времето на работење t , што укажува на фактот дека надежноста на производот опаѓа во текот на времето, а ненадежноста расте,
- До времето t_k сите редуктори ќе бидат во отказ (надежноста $R(t_k) = 0\%$, а ненадежноста $F(t_k) = 100\%$). Најнадежниот (редуктор исправно ќе работи до ова време.

Нека друга партија редуктори од истиот производител или редуктор од друг производител, има надежност $R(t_x) = 90\%$. За него би можело да се каже да веројатноста на безотказната работа на тој редуктор е поголема за 20% во споредба со првиот, за истото време во работа t_x и при исти услови на работа. Со други зборови, тој е понадежен од првиот.

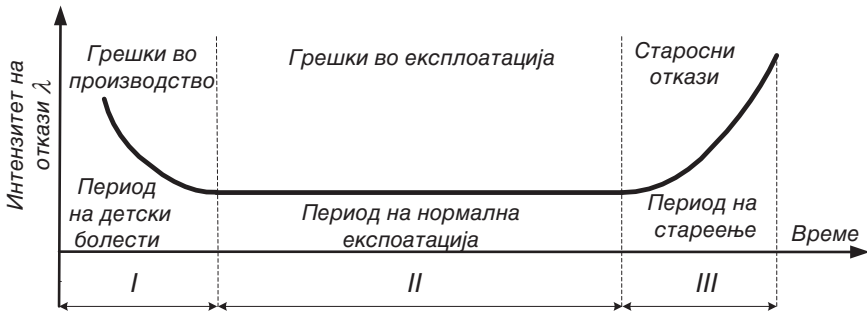
Времето до отказот на производот изразена во часови е најчеста случајна променлива (на пример: часови летење на авион, работа на механизациона или алатна машина). Но, во зависност од производот (системот или потсистемот), случајната променлива може да биде различна: поминат пат (кај возилата), зачестеноста (фреквенцијата) на употребата на производот (врата на возилото, стојниот трап на авионот и сл.).

Теба да се напомене дека количеството, надежноста и начинот на поврзувањето на компонентите во системот (паралелно или редно) имаат директно влијание врз надежноста на системот.

4.3. Интензитет на отказите (интензитет на ризикот)

Параметар преку којшто се проценува надежноста на неоизводите е интензитетот на отказите. Се обележува со грчката буква λ (ламбда). За полесно разбирање на поимот интензитет на отказите, треба да се каже дека овој параметар кореспондира со изразот “интензитет на смртноста” којшто го користат осигурителните компании при пресметка на премиите за животното осигурување на лицата. *Интензитетот на отказите (се нарекува и “интензитет на ризикот”) ја покажува промената на темпото (брзината) на отказите во текот на времето. Брзината на отказите, слично на брзината (темпото) на движењето на возилата која се изразува во километри на час, во зависност од системот на којшто се однесува, може да се изрази во откази на единица време (откази на час, откази на милион часа), откази на поминати километри или работни циклуси и сл.*

Брзината на возилото во текот на совладувањето на одредена маршрута е променлива. Слично е и со интензитетот на отказите на производите / луѓето. Интензитетот на отказите на производите, односно смртноста на луѓето се менува во текот на нивниот животен век. Општиот изглед на промената на интензитетот на отказите со времето на експлоатацијата (времето t) на системот е прикажана на сл. 4.2. Поради нејзиниот изглед оваа крива е позната под името „**крива на када**” (*bath curve*).



Сл. 4.2. Промена на интензитетот на отказите во текот на времето - „**крива на када**”

Во кривата на кадата постојат три карактеристични периода. Периодот III се однесува на производи кај којшто отказите се јавуваат исклучиво поради стареење. Во тој периодот се јавуваат т. н. **старосни откази** поради:

- абење,
- замор на материјалот,
- корозија,
- старосни промени во материјалот,
- несоодветно одржување и сл.

Меѓутоа, на периодот на стареење, во општ случај, му претходат два карактеристични периода на експлоатација на производот: периодот I – периодот на т.н. “детски болести” и периодот II - период на нормална експлоатација.

Периодот I - периодот на т.н. “**детски болести**”, е карактеристичен за почетокот на експлоатацијата (користење) на производот. Во тој период се јавуваат откази / неисправности кои се

карактеристични за почетокот на работењето на производот, а се последица од:

- грешки при проектирањето (конструктивни грешки),
- грешки во процесот на производство,
- грешки при монтажа,а,
- слабата контрола,
- грешки при складирањето или транспортот,
- човечки грешки и сл.

Со други зборови, генерално, тоа се грешки на производителот на системот и од тие причини, времетраењето на овој период треба да се совпадне со гарантниот период кој што производителот го дава за производот, односно со периодот во којшто тој ги сноси сите последици од појавениот отказ / неисправност поради негова вина.

Овој период ќе биде со помалку откази / неисправности или воопшто ќе го нема, доколку производителот воведо строга контрола во текот на животните фази на производот пред тој да биде пуштен во експлоатација (продаден).

Периодот II е најдолгиот период во вкупниот век на експлоатација на производот. Тоа е период на **нормална експлоатација** каде се можни откази / неисправности предизвикани од:

- преоптоварување,
- лошо ракување,
- неправилно опслужување,
- вандализам,
- “виша сила” и сл.

Во “кривата на кадата” која се однесува на механичките системи, каков што е редукторот (види го примерот во т. 4.1.1.), доколку не постојат грешките карактеристични за периодот I и II, постои само периодот на стареење (периодот III). За користењето на “кривата на кадата” при изготвување на програмата за превентивно одржување на системот види т. 8.2.2.

Дел 5

ПОГОДНОСТ ЗА ОДРЖУВАЊЕ

5.1. Вовед

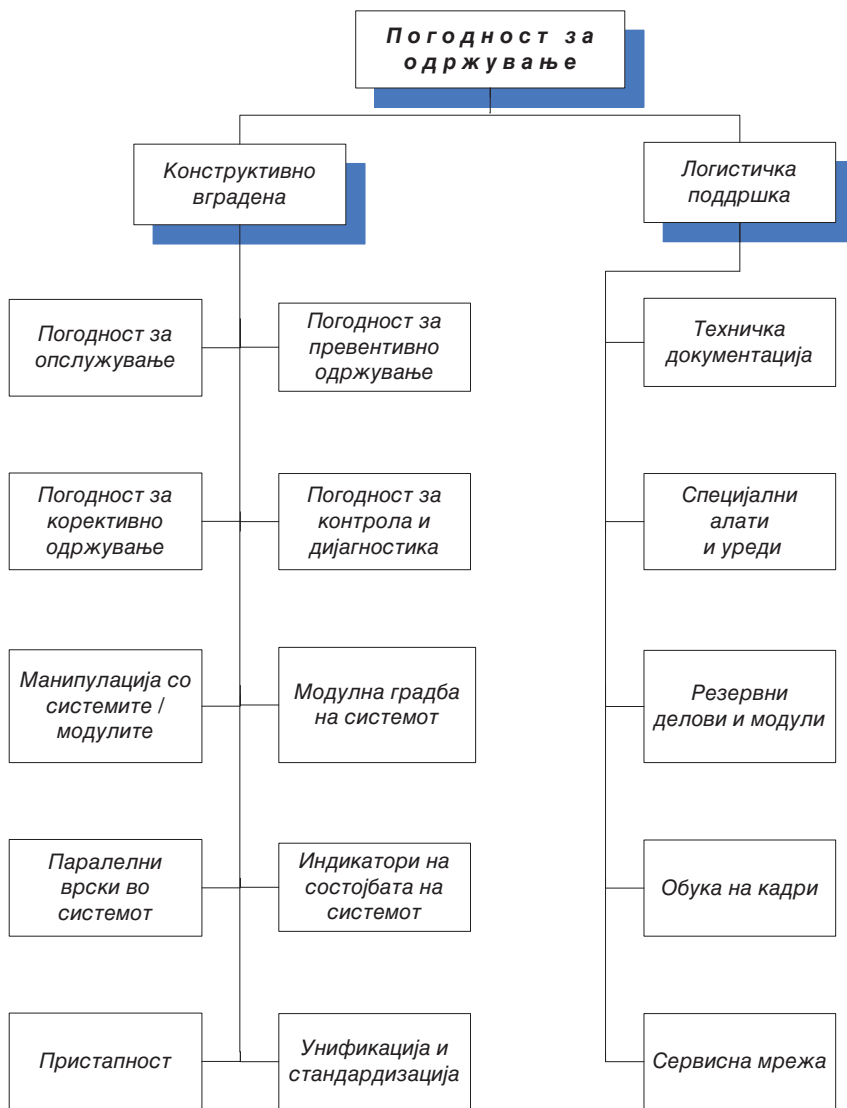
Погодност за одржување (*maintainability*) е еден од факторите којшто, покрај надежноста, има големо влијание на расположливоста на системот. Неисправностите / отказите во системот можат да се случат без оглед на нивото на неговата надежност. Меѓутоа, времето на неработењето на поправливиот систем поради одржување, односно времето потребно за одржување на неговите перформанси во пропишаните граници и времето потребно за негово враќање во тие граници по настанатата неисправност или отказот, зависи од нивото на неговата погодност за одржување.

Погодноста за одржување може да се дефинира како *својство на системот да биде одржуван со што е можно малку вложен труд (човек - час) и со минимална логистичка поддршка на одржувањето*. Со други зборови, систем погоден за одржување се смета оној систем којшто бара краткотрајни прекини на работата поради одржување и мали трошоци за одржување.

5.2. Погодност за одржување на систем

5.2.1. Вовед

Погодноста за одржување на еден систем е вградена (инхерентна) карактеристика на системот, а се осмислува во фазата на неговото конструирање и развојот. Меѓутоа, расположливоста на системот зависи и од логистичката поддршка на одржувањето која што производителот на системот му ја овозможува на корисникот на системот. Во продолжение се дадени елементите на погодноста за одржувањето: конструктивно вградените погодности и логистичката поддршка на одржувањето (види сл. 5.1).



Сл. 5.1. Елементи на погодноста за одржување

5.2.2. Елементи на конструктивно вградените погодности за одржување

Погодност за опслужување. Под погодност за опслужување се подразбира “лесно” извршување на операциите на опслужувањето на системот: чистењето и конзервирањето (пристапноста кон

внатрешните и надворешните површини за рачно или за машинско чистење / конзервирање), подмачкување, промена и долевање масло или течности за ладење, гориво и др., испуштање кондензат од пневматската инсталација, замена на ситни елементи, подесување и слични операции на опслужувањето на системот.

Модуларна градба на системот. Модуларната градба на системот овозможува замена на модулите (најмалите заменливи склопови) без да се демантираат останатите делови на системот. За систем составен од повеќе модули, модуларната градба е компромисно решение помеѓу надежноста на системот и погодноста за негово одржување. Надежноста на системот со модулна градба е намалена поради постоење на спојните места помеѓу модулите. Генерално, веројатноста за замена на модулите со мала надежност е поголема поради што нивните споеви со останатите модули на системот треба да се погодни за лесно и брзо раздвојување / спојување (демантирање / монтирање). Сепак, техничарите треба да се обесхрабрат откривањето на неис-правниот модул во системот (дијагнозата) да го вршат со замена со нови модули, наместо тоа да го направат со спроведување на пропишаната процедура за дијагностика. Треба да се има предвид и тоа дека, во општ случај, понадежните споеви меѓу модулите потешко се раздвојуваат / спојуваат.

Големите модули најчесто се поскапи, па затоа чувањето скапи модули во резерва врзува поголеми финансиски средства на фирмата.

Манипулација со системот / модулите. За полесна манипулација со потешките и големогабаритните системи / модули, треба да се предвидат куки, рачки, ушки и сл. Со така опремените системи / модули се олеснува нивното подигање / спуштање односно влечење и транспортирање. При манипулацијата со потешките системи / модули се користат вообичаените или специјалните уреди за внатрешен или надворешен транспорт (кранови, дигалки, вилушкари, возила и сл.). Мануелна манипулација се предвидува за полесните модули. При таквата манипулација не треба да се ангажираат повеќе од две лица. За да не дојде до повреди на персоналот при манипулацијата со модулите, тие не треба да бидат со остри рабови, шпицеви и сл.

Пристапност. Пристапноста на системот се цени според големината на просторот за непречена замена на неговите модули, нивно превентивно одржување (на пример, замена масло за подмачкување, подесување и сл.), контрола и дијагностицирање без

притоа да бидат оштетени останатите делови од системот. Елементите / модулите со мала надежност треба да бидат лесно пристапни - лесно заменливи. Под непречена замена (демонтирање / монтирање) се подразбира можноста техничарот, со потребниот алат, да создаде доволно потребна сила за извршување на тие операции, односно местата за одржување да му бидат во просторот на неговиот нормален дофат.

Пристапноста кон елементите на системот и нивниот облик влијае врз можноста за негово рачно или машинско миене и чистење. Ова особено се однесува на теренските возила, земјоделската и градежната механизација.

Подолготрајните операции на одржувањето, техничарот не би требало да ги извршува во нелагодна положба: клечење, лежење или во наведната состојба. Кај возилата и другата мобилна механизација тоа се избегнува со користење на соодветни дигалки или канали за одржување. Автодигалките му овозможуваат на техничарот да го подигне возилото на онаа височина на која тој најлесно ќе може да ја изврши саканата операција.

Местото за одржување треба да е добро осветлено (со фиксно или со подвижно светло), заштитено од високи електрични напони, жешки места, извори на вибрации, гасови, подвижни делови (ремени, ременици) и сл.

Треба да се напомене дека техничарите задолжени за одржување на системот не се воодушевени кога треба да се изврши превентивна операција на одржување на тешкопристапните модули и модулите незаштитени од напреднаведените потенцијални опасности. Поради тоа, таквите модули, честопати, се делумно или воопшто не се одржувани според планот за превентивно одржување.

Погодност за превентивно одржување. Расположливоста на системот се зголемува со зголемување на интервалите (поминатите километри, работните часови, циклусите и сл.) помеѓу предвидените превентивни одржувања и намалување на бројот на потребните операции во рамките на превентивните одржувања.

Оваа погодност е во врска со долготрајноста (потребата за замена) на маслата и мастите за подмачкување и останатите флуиди, гумените материјали и сл., како и со намалената потреба за контрола и подесување (нагодување) на елементите на системот за одредени услови на експлоатација.



Сл. 5.2. Автоматско самоподмачкување со маст

Со вградувањето на системите за самоконтрола и механизмите за самоподесување (самонагодување) или самоподмачкување (види сл. 5.2) во поедините модули во системот, бројот на операциите на превентивното одржување значително се намалува.

Превентивните активности коишто носат со себе ризик од појава на неисправност при вршењето на интервенциите на одржувањето, треба да се сведат на минимум. Тоа се, на пример, превентивни активности кои бараат исклучување на системот од работа. Самото исклучување на системот од работа, може да предизвика функционални грешки во системот, но такви грешки се можни и при рестартирање на системот по извршената контрола, подесувањето подмачкувањето или замена на елемент или склоп на системот.

Погодност за корективно одржување Во елементите на погодноста за корективно одржување се вбројуваат напреднаведените: модулната градба на системот, погодноста за манипулација со ситемот / неговите модули и пристапноста до нив. Во рамките на активноста на корективното одржување спаѓа откривањето на неисправните модули / елементи на системот - дијагностиката, како и контролата на системот по извршената поправка.

За да се оневозможат грешки при замена на модулите и елементите на системот треба да постои единствен начин на нивно меѓусобно спојување. За идентификацијата на функцио-налните целини на системот се користат бројки, разни симболи, бои и сл.

Паралелни врски во системот. Системите со паралелно поврзани модули се понадежни системи. Паралелно поврзаниот модул може за време на одржувањето да се исклучи, а тоа да не влијае на расположливоста на системот. Сепак, паралелните врски ја зголемуваат цената, тежината и габаритните димензии на системот, а освен тоа со нив се зголемува потребата за пре-вентивно и корективно одржување и количеството на потребните резервни делови.

Индикатори на состојбата. Индикаторите на состојбата ја олеснуваат контролата и дијагнозата на појавената неисправност / отказ во системот на тој начин што вршат постојана контрола, особено на оние системи / потсистеми (модули) чија што неисправна работа може да предизвика потешки последици на нивната техничка состојба или на околината во која што системот работи. Контролата на работата на овие системи се врши со постојано мерење на физичката големина која што е во директна врска со промените кои во текот на работењето настануваат во системот / потсистемот (притисок, температура, електричен напон и сл.).

Индикаторите на состојбата визуелно ја покажуваат состојбата на системот / потсистемот преку инструмент со стрелка и обоени полиња, на пример, за исправна состојба - зелено поле и неисправна состојба - црвено поле. Некои видови индикатори, во случај на неисправна состојба, активираат аларм (светлосен, звучен и сл.), или, пак, системот автоматски го исклучуваат од работа.

Кај софистицираните системи, како што е, на пример, системот за спречување на блокирањето на тркалата кај возилата при кочење (ABS - системот), постои период на самоконтрола на системот. По стартување на моторот на возилото, индикаторската светилка на инструмент таблата се пали и свети за време на самоконтролата. Таа ќе се изгасне доколку системот е исправен, а продолжува да свети при постоење на неисправност во него.

Индикаторите на состојбата на системите мораат да бидат понадежни од надежноста на системот / потсистемот на којшто се поставени.

Погодност за контрола и дијагностика. Контролата и дијагностиката се дел од активностите на одржувањето, кои што се вршат со цел да се откријат неисправностите и причините за неисправностите во системот. Откривање на причината за неисправноста се врши со помош на дијагностички параметри - симп-

томи на неисправноста на системот (температура, притисок, вибрации, ел. напон и сл.). Дијагностиката треба да е ефикасна и брза со што се скусува пасивното време на поправката на системот / потсистемот. Во принцип постојат два вида дијагнози: *on-board* и *off-board* дијагноза.

Системот за *on-board* дијагноза е дел од електронски управуваниот (мехатронскиот) систем, кој ги контролира електричните сигнали од сензорите и извршните органи (актуатори) со кои електронската управувачка единица (ЕУЕ) го управува системот. Во случај на неисправност на кој било електричен сигнал во системот поврзан со ЕУЕ, во меморијата за самодијагноза на електронската управувачка единица, се меморира изворот на неисправниот електричен сигнал. Постоенето на неисправност во системот, ЕУЕ го сигнализира (алармира) со светлосен или звучен сигнал. Отчитувањето на причината за неисправноста од меморијата за самодијагноза на ЕУЕ се врши со посебен уред кој за време на дијагностицирањето се приклучува на ЕУЕ. Системот за самодијагноза мора да бидат понадежни од надежноста на системите чија што работа ја контролираат.

Off-board дијагноза се врши со посебни мерни уреди кои се приклучуваат на неисправниот систем на местата каде што се мери дијагностичкиот параметар. Типичен пример на ваков уред за дијагноза е мото-тестерот. Мото-тестерот со посебни електрични кабли, црева и други приклучни елементи се поврзува со моторот и преку анализата, на пример, на електричните сигнали, составот на издувните гасови и др. се откриваат причините за неисправноста. Погодноста на системот за користење на овој вид дијагноза се цени според приспособеноста на системот на него да се регистрираат повеќе разновидни симптоми на неисправноста (со што поточно се откриваат изворите на неисправноста), според пристапноста и едноставноста на местата за приклучување на уредите за дијагноза на системот и според едноставноста за ракување на потребните дијагностички уреди.

Унификација, стандардизација. Унификација и стандардизација на модулите и елементите вградени во системот ја намалува критичноста во снабдувањето со резервни делови. Со унифицирање на градбата на системот со паралелни врски, можно е користење на делови од неактивна паралелна врска или неактивен систем, за поправка на некој активен дел од системот. ”Канибализмот” е начин со кој се овозможува модулот кој е во

работа да се комплетира со елементите на модулите коишто не се во работа. Таквиот начин на снабдување со модули и елементи не би требало да биде вообичаена практика во одржувањето.

Стандардните резервни делови се поквалитетни и полесно достапни на пазарот, со што се намалува пасивното време на поправката, а се зголемува расположливоста на системот. Распожливоста на системот се зголемува и со добриот избор на асортиманот на резервните делови и модули во магацинот, одржувањето на нивната надежност во зависност од условите на складирањето, лесното препознавање, лесното манипулирање и сл.

5.2.3. Логистичката поддршка на одржувањето

Под логистичка поддршка се подразбира користење и организирање на потребните ресурси со цел системот да работи и да се одржува на задоволително ниво на расположливост и прифатлива цена на животниот циклус.

Логистичката поддршка од производителот на системот во одржувањето на системот е основна логистичка поддршка на која треба да смета корисникот на системот. Од успешноста на користењето на оваа поддршка, во голема мера зависи квалитетот на одржувањето, односно нивото на расположливоста на системот. Нивото на логистичката поддршка од производителот зависи од неговите потенцијални можности и често пати е во корелација со ремето кое што го има на пазарот.

Треба да се напомене дека постојаната и тесната соработка меѓу производителот и корисникот на техничкиот систем може да придонесе за подобрување на погодноста за одржувањето. Од тие причини, во раниот стадиум на развојот и подоцнежното подобрување на квалитетот на системот, одржувачите (корисниците) на системите треба да бидат инволвирани од страна на производителите на системите.

Показателите на погодностите за одржувањето кои се во врска со логистичката поддршка, дадени на сл. 5.1, доволно јасно зборуваат за себе. Во продолжение, сепак, ќе стане збор за некои нивни специфичности.

Прирачник за одржување. Основна цел на прирачникот за одржување е да ги овозможи сите потребни информации и податоци

потребни за извршување на задачите на одржувањето на системот. Според обемот и содржината, прирачникот треба да биде прилогоден на потребите на неговите корисници.

Доколку прирачникот, на пример, е наменет за лица задолжени за одржување на повеќе системи лоцирани на места оддалечени од централната работилница за одржување (на повеќе локации), прирачникот треба да содржи инструкции за вршење интервенции, како што се: рутинска контрола, дијагноза до ниво на модули и инструкции за замена на модулите на системите. Прирачникот треба да содржи кус општ опис на системот, без детали кои би ги навеле одржувачите на теренот да го работат она што не е нивна задача. Тие треба да ги користат инструкциите за благовремено снабдување со потребните резерви модули и инструкции за употреба на преносните (портабл) уреди за контрола и дијагностика.

Тимот за превентивно одржување, кој обично е стационаран во централната работилница за одржување врши редовни замени / подесувања на елементите на системот според однапред строго одреден план за превентивно одржување (по одреден број поминати километри, часови работа, календарско време и сл.). Според тоа, во прирачникот наменет за персоналот задолжен за превентивно одржување, процедурите за овој вид одржување треба да бидат детално опишани. Доколку во текот на рутинските превентивни интервенции на системот се забележат одредени неисправности, проблемот се насочува кон корективното одржување. На иницијатива на тимот за превентивно одржување се вршат евентуални корекции на интервалите за превентивно одржување на системот (измена на прирачникот за одржување).

Персоналот во централната работилница за одржување го сочинуваат високоспецијализирани искусни лица. Тие може да интервенираат и на терен доколку треба да се реши некој посложен случај; покомплексна контрола или дијагноза. Дијагнозата која ја вршат е на ниво на елементи. Прирачникот за нив е пообеман, бидејќи треба да содржи покомплексни информации за системот. Опремата која ја користат е пософистицирана во споредба со онаа која ја користат теренските екипи.

Во централната работилница тимот од занаетчи и техничари врши поправка или ремонтирање на неисправните модули вратени од теренот. Тоа се врши со специјална опрема и машини, а по извршената интервенција се проверува квалитетот на извршената

работа. Прирачникот за ваков вид операции треба да е изготвен според природата на работите на поправката или ремонтирањето. Доколку е потребно да се изработат одредени елементи, потребни се работилнички цртежи за нив.

Групата за менаџирање со одржувањето врши ажурирање на прирачниците со сите евентуални измени направени во процедурите на одржувањето. Менаџментот ја следи промената на расположливоста на опремата (надежноста на одделни модули или елементи и времетраењето на поправките) во текот на времето, потребата од резервни делови, модификациите на системот и сл.

Специјален алат и опрема. Производителот на системот изготвува алат и опрема со кои ќе овозможи безбедно, квалитетно и ефикасно одржување на системот (види сл. 5.3 и 5.4). Современите системи се комплексни и софистицирани поради што специјалниот алат и опремата се клучни средства за одржување на расположливоста на системот на задоволително ниво. Видот на специјалниот алат и опремата, слично на напред наведените барања за прирачниците за одржувањето, треба да бидат според потребите на одржувачите на различните нивоа на одржување.

Обука на кадри. Комплексноста и софистицираноста на современите системи и покрај поседување прирачници и специјална опрема и алат, без обука на одржувачите, го отежнува одржувањето. Одржувањето на системот, без некој облик на обука, вклучувајќи ги обуките за освежување на знаењата, е тешко изводливо или дури и невозможно.

Сервисна мрежа. Разгранета сервисна мрежа на производителот на системот и добро опремените сервисни работилници, снабдени



Сл. 5.3. Специјален алати за демонтање лежишта

со потребните резервни делови и со обучени кадри, го зголемуваат рејтингот на фирмата – производителот кај корисниците на системот.



Сл. 5.4. Опрема за ласерско центрирање оски на две вратила

5.2.4. Проценка на погодностите за одржување на системот

За да се добие релевантна процена на погодноста за одржувањето на системот, потребно е да се анализираат повеќе фактори со различно влијание врз компонентите на погоноста за одржување. Со оглед на тоа што влијателните фактори на погодноста за одржување се физички немерливи големини, проблемот се решава со примена на експертни проценки, кои се темелат на искуството и знаењата на специјалистите за одредени системи.

Со цел да се добие квантитативен показател за погодноста за одржување, најчесто се применува принципот на проценувањето со помош на индекси (рангови). Индексите се доделуваат според поголем број критериуми, а во конечното оценување се зема предвид релативната важност на одделните критериуми. Објективно и еднозначно оценување на погодноста за одржување, ја отсликува состојбата на техничкиот систем од аспект на погодноста за одржување и овозможува споредување на слични технички системи.

Врз основа на напредизнесеното, општите критериуми за процена на погодноста за одржување на еден сложен механички систем,

како што е моторно возило, градежна машина, земјоделска машина и сл., би можеле да бидат оние прикажани на сл. 5.1. Кога ќе се изврши рангирање (индексација) на сите презентирани фактори, земајќи ја предвид нивната важност, рангот (индексот) на погодноста за одржување на системот се добива како збир на ранговите од одделните критериуми (фактори). Индексот (рангот) на погодноста за одржување е показател (оцена) за погодноста за одржување на системот и може да служи за споредување на погод -

Пристапност	Дијагноза	Обученост	Алат	Подесување	Ранг
Елементот е видлив / пристапен	Погодно за дијагноза (неисправноста се гледа)	Не е потребна обука	Не е потребен	Самоподесување	1
Елементот е видлив / непристапен	Неисправноста логички се открива	Општа обука	Вообичаен механичарски	Се подесува еден елемент (без алати)	3
Нејасно видлив / непристапен (потребен специјален алат)	Погодно за дијагноза (се појавуваат повеќе јасни симптоми)	Стручна обука	Посебни алати (мулти-метар, микро-метар....)	Се подесува еден елемент (со алати)	5
Нејасно видлив непристапен (нелагодна положба при работа)	Тешко се открива (нема јасни симптоми)	Специјална обука	Специјални алати (од алатница)	Се подесуваат повеќе елементи (со алати)	7
Нејасно видлив непристапен (потребна опрема/помошник)	Не се открива (нема симптоми на неисправност)	Посебна технолошка обука	Опрема од производителот (софистициран скенер, тестер)	Се подесуваат повеќе елементи (со посебна опрема)	9

Рангирање на показателите на погодноста за одржување (пример)

носта за одржување на одреден систем со погодноста за одржување на други слични ситеми.

Во напредприкажаната табела е даден пример за рангирање на показателите на погодноста за одржување. На комбинациите од поповолните показатели на погодноста за одржување им се доделуваат пониски рангови и обратно.

Дел 6

РАСПОЛОЖЛИВОСТ НА СИСТЕМОТ

6.1. Вовед

Во текот на експлоатацијата системот се наоѓа или во исправна состојба или е во застој поради планирани или непланирани интервенции на одржувањето. Системот стартува во експлоатација како нов (исправен), но во текот на експлоатацијата, било поради корективни активности, било поради планирани превентивни активности на одржувањето, тој се исклучува од работа.

Времетраењето во исправната работа и времетраењето на непланираните интервенции на одржувањето на поправлив систем, во текот на неговата експлоатација, не може однапред да се предвиди - тоа е случајна големина. Од тие причини, степенот на спремноста (подготвеноста) на системот да биде во оперативна состојба во кое било време, се изразува со одредено ниво на веројатност.

Расположливоста (*availability*) се обележува со $A(t)$, а се дефинира како веројатност дека системот ќе работи исправно кога е потребен за користење, или со други зборови, расположливоста е веројатност дека системот не е во отказ или на него не се вршат активности на одржување кога е потребно да се користи.



Сл. 6.1. Депендабилност и параметри на расположливоста на поправливи системи

Депендабилност (*dependability*), според ISO 9000:2001, е заеднички термин со којшто се опишува расположливоста на перформансите на системите (производите) и факторите кои влијаат на депендабилноста (расположливоста): надежноста, погодноста за одржување и логистичката поддршка на одржувањето (сл. 6.1).

Депендабилноста, генерално, би можело да се дефинира како наука за неисправностите. Според тоа, предмет на депендабилноста се неисправностите од аспект на нивната проценка, прогнозирањето, начинот на нивното откривање и контрола.

6.2. Расположливост на непоправливи и поправливи системи

Како што веќе беше речено, техничките системи можат да бидат поправливи и непоправливи. Непоправливите системи (производи), се системи за кои не е предвидена поправка. Нивната расположливост завршува со појавата на отказот во текот на работење или неработењето (складирањето). Оттука може да се заклучи дека расположливоста на непоправливите системи е еднаква на нивната надежност:

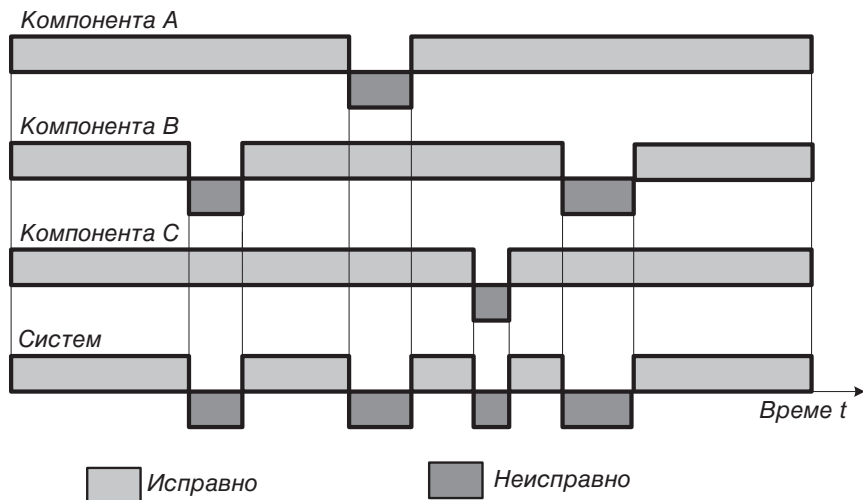
$$A(t) = R(t)$$

Поправливи се оние системи / потсистеми (компоненти) кои во текот на експлоатациониот период, со активностите на одржувањето, можат да бидат повеќе пати поправани или ремонтирани. Временската слика на состојбите на поправлив систем / компонента е прикажана на сл. 6.2. Систем / компонента со поголема расположливост, за одредено време во експлоатација, во просек има подолги периоди на исправна работа (периодите t_1 , t_2 , t_3 ...) од системот со помала расположливост, за истиот тој временски период.



Сл. 6.2. Временската слика на состојбите на поправлив систем / компонента

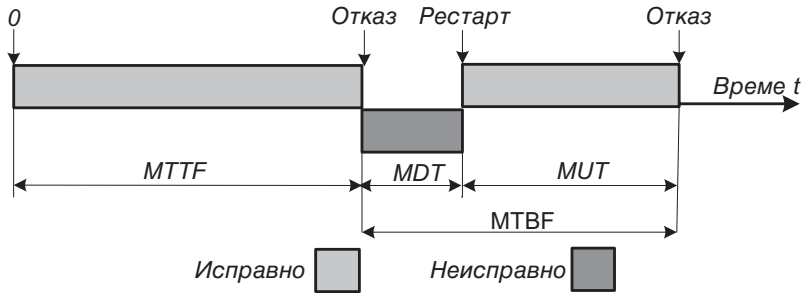
На сл. 6.3. прикажана е промената на временската слика на состојбите на систем од три сериски (редно) поврзани независни компоненти А, В и С. Бидејќи се работи за сериски (редно) поврзани компоненти, секој отказ на која било компонента предизвикува застој во работата на системот. Од тие причини, расположливоста на системот во текот на одредено време на работа ќе биде помала од расположливоста на која било компонента во системот.



Сл. 6.3. Временска слика на состојбите на систем составен од три сериски поврзани независни компоненти А, В и С

6.3. Карактеристични времиња во текот на експлоатација

Времето на експлоатација на поправливите системи се состои од периоди на исправно работење и неисправно работење или откази. Системот стартува како исправен (види сл. 6.4), но порано или подоцна во текот на работата, поради разни причини, неговите технички карактеристики отстапуваат од пропишаните, поради што тој работи неисправно или е во отказ. За отстранување на неисправноста или отказот на системот се преземаат одредени активности на одржување, по кои тој повторно се враќа во исправна состојба (се рестартира).



Сл. 6.4. Средни времиња $MTTF$, MDT , MUT , $MTBF$

Циклусите, исправен - неисправен (во отказ), наизменично се менуваат до крајот на работниот век на системот. Во текот на тој век постојат карактеристични периоди што влијаат на расположливоста на системот во текот на времето. Во комуникациите меѓу техничките лица, за тие периоди, се користат англиските кратенки, а тие се:

MTTF (mean time to failure) - средното време на работење на производот до отказ. Станува збор за работниот период на системот/компонентата од почетокот на работа до појава на првиот отказ / неисправност (види сл. 6.4). Од моментот на пуштање во работа до појава на отказот производот ги задоволува сите технички карактеристики, т.е. тој работи надежно. Од тие причини, кај непоправливите производи, овој период е воедно и период на расположливоста на производот.

MDT (mean down time) – средно време на неработење поради одржување (*downtime*). Структурата на ова време е многу разновидна, а воглавно зависи од тоа дали застојот на системот е поради планирани или непланирани активности на одржување (види сл. 6.6). Во рамките на овој период е дефинирано и времето *MTTR (mean time to repair)* – средно време на поправка / замена; време потрошено директно на машината поради корективни одржувања, без доцнењата поради логистичката поддршка на одржувањето.

MUT (mean up time) - средно време на работа по рестартирањето на системот. Ова време се разликува од $MTTF$. Доколку системот е поправен, а притоа поголемиот дел негови компоненти не се поправани / заменети, времето по рестартот, на така поправен систем до следниот отказ, е време карактеристично за MUT . За

разлика од него, МТТФ се однесува на време на работа до првиот отказ на системот чиј поголем број компоненти се поправени / заменети (системот е ремонтиран) пред да биде рестартиран.

MTBF (mean time between failures / faults) - средно време меѓу сукцесивни неисправности / откази на системот. Кумулативен период помеѓу два отказа во текот на одреден период на работа на системот, поделено со број на отказите во текот на тој период. Тоа е проценка за МТБФ за периодот на работа T , а се одредува според изразот:

$$MTBF = \frac{T}{k}$$

Каде што е k – број на неисправности / откази во текот на дефинираниот период T . Овој израз треба внимателно да се користи, бидејќи тој не дава точни резултати доколку интензитетот на отказите во периодот T не е константен (доколку периодот T не се однесува за периодот на нормалната експлоатација - периодот II на сл. 4.2). За тој период, којшто се карактеризира со константен интензитет на откази ($\lambda = const$), се користи и изразот:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

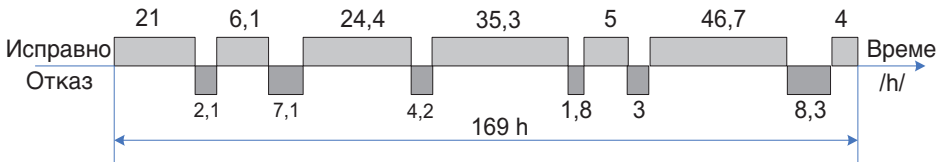
МТБФ е збир на средно време на неработење поради одржување MDT и средното време на работа MUT во текот на времето T . Тоа сликовито е прикажано на сл. 6.4.

$$MTBF = MDT + MUT$$

МТБФ, како и МТТФ, е показател на надежноста на производот. Се користи при пресметките на трошоците на одржувањето во рамките на работниот век на производот.

Среден животен век. Се дефинира како средно време до отказ поради истрошување на потенцијалните резерви на производот. Разликата меѓу средниот животен век и МТБФ, односно МТТФ, е во тоа што МТБФ и МТТФ можат да бидат одредени за кој било временски интервал, (на пример, може да бидат ограничени само на делот од кривата на када со константен интензитет на откази). Средниот животен век, за разлика од нив, мора да го вклучи и периодот на кривата од кадата кој што се однесува на периодот на стареење.

Пример - 1: На одреден систем, по 169 часа работа се случиле 6 отказа. Промената на состојбата на системот е дадена на сл. 6.5. Колкав е интензитетот на отказите и средното време на работа помеѓу отказите под претпоставка дека функцијата на густината на распределбата на отказите е експоненцијална ?



Сл. 6.5. Промена на состојбата на поправлив систем

Интензитетот на отказите е:

$$\lambda^* = \frac{N_f}{t_f} = \frac{6}{169} = 0,036/h$$

Средното време на работа помеѓу отказите е:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,036} = 27,78 \text{ часа}$$

Пример - 2: Во текот на 7 години, 28 регулатори биле во отказ 33 пати. Просечно време на поправката / замената е $MTTR = 18$ часа. Колкаво е просечното време на исправна работа ($MTBF$) ?

$$MTBF = \frac{(28 \text{ рег.} \times 7 \text{ год.} \times 8760 \text{ h/год.}) + (33 \text{ отк.} \times 18 \text{ h})}{33 \text{ отк.}}$$

$$MTBF = \frac{1716960 + 594}{33} = 52047 \text{ h}$$

$$MTBF = 52047 \text{ h} / 8760 \text{ h/год.} = 5,94 \text{ год.}$$

6.4. Показатели на расположливоста

Во општ случај, расположливоста (A) се одредува како однос на средното време на исправното работење спрема збирот на времето на исправното работење и времето на застоите во текот на одреден временски период:

$$A = \frac{\text{Средно време на исправна работа}}{\text{Сред. време на исправна работа} + \text{Сред. време на застои}} / \%$$

Со цел да се истакнат поедините влијанија врз расположливоста на системот во одреден временски период, постојат повеќе показатели на расположливоста: постигната расположливост, вградена расположливост и оперативна расположливост.

Постигната расположливост (*Achieved availability*) е показател за губитокот на оперативното (продуктивното) време на одреден систем исклучиво поради активностите на превентивното одржување (види сл.6.4). Порастот на времето на застојот на системот поради логистичката поддршка на превентивното одржување не се зема во предвид. Постигната расположливост се одредува според изразот

$$A_a = \frac{MTBMA}{MTBMA + MMT} / \%$$

MTBMA (*Mean time between maintenance actions*) - Средно оперативно време помеѓу акциите на превентивното одржување

$$MTBMA = \frac{\text{Вкупно продуктивно време}}{\text{Број акции на одржување}} \text{ / часови/}$$

MMT (*Mean maintenance time*) - Средно време на застоите на системот поради превентивни одржувања.

$$MMT = \frac{\text{Вкупно време за одржување}}{\text{Број на акции на одржување}} \text{ / часови/}$$

Со постигната расположливост се проценува погодност за одржување на системот, од аспект на зачестеноста и обемот на превентивните одржувања.

Вградена расположливост (*Inherent availability*) е показател на расположливоста на системот при што се земени во предвид времињата на неработењето на системот поради отстранување на непланираните застои за корективно одржување на машината (види сл. 6.6), а игнорирани се доцнењата поради логистичката поддршка на одржувањето.

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} / \%$$

MTBF (mean time between failures) - средно време меѓу сукцесивни неисправности / откази на системот, изразено во часови. За анализа на податоци тоа е:

$$MTBF = \frac{\text{Вкупно време на исправна работа}}{\text{Број на откази}} \text{ /часови/}$$

Средното време на исправна работа се добива од временската слика на состојбата на машината (види сл. 6.4).

MTTR – Mean time to repair – средно време на поправки потрошено директно на машината поради корективни одржувања (види сл. 6.4), без доцнењата поради логистичката поддршка на одржувањето

$$MTTR = \frac{\text{Вкупно време на поправки}}{\text{Број на поправки}} \text{ /часови/}$$

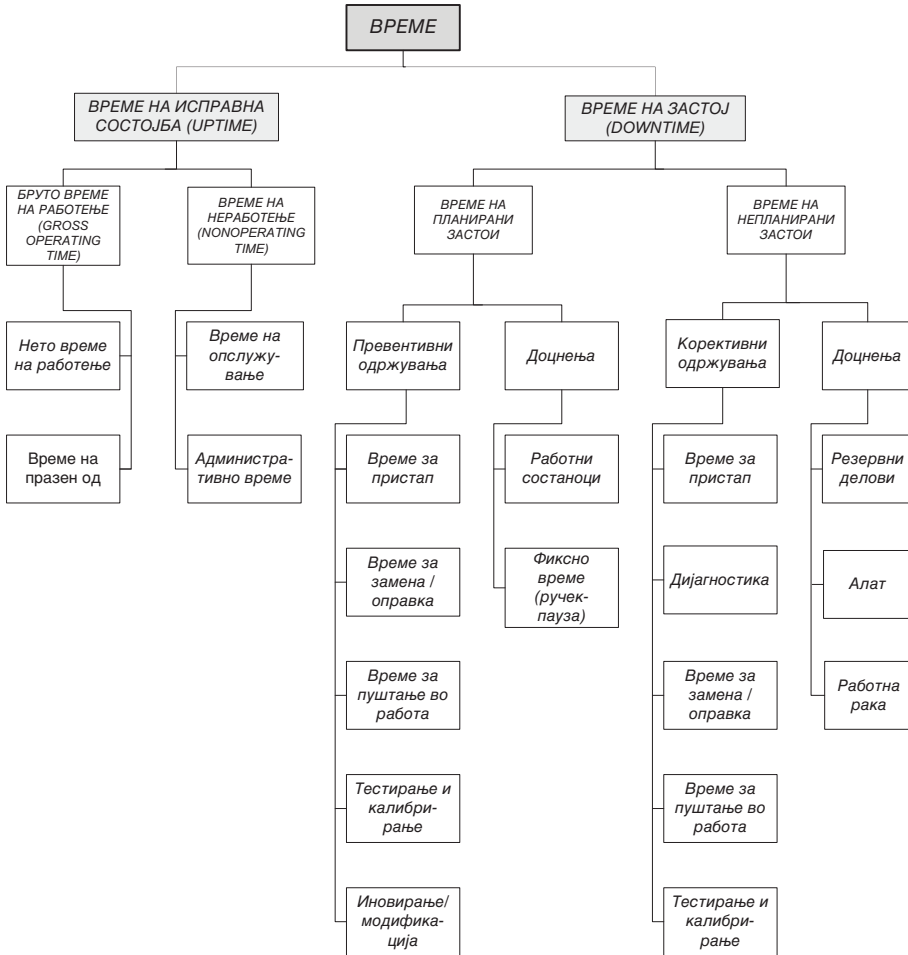
Преку вградената расположливост се цени надежноста на машината и нејзината вградена погодност за одржување.

Оперативна расположливост (*Operational availability*) го покажува процентуалното учество на времето на неработењето на машината поради одржување (*restore time*) во оперативното време (*operating time*). *Restore time* се однесува на временскиот интервал од престанокот на работата на машината поради отказ до нејзиното повторно пуштање во работа, односно времето потрошено директно на машината плус логистичките доцнења.

$$A_o = \frac{\text{Оперативно време}}{\text{Оперативно време} + \text{Време на одржување}} \text{ \%}$$

Од погоренаведените видови на расположливости на системот, производителот на системот може да влијае врз постигнатата и вградената расположливост.

Корисникот на системот, при вреднување на системот, треба да води сметка за двата први погоренаведени вида расположливости, но тој, во текот на експлоатацијата, може да влијае само на неговата оперативна расположливост.



Сл. 6.6. Состојби во текот на експлоатацијата на системот

Стандардите за оперативната расположливост се обично околу 95%, што значи дека системот во текот на 10 часа е расположлив 9,5 часа. Пример за екстремно висока расположливост е расположливоста на воените комуникациски системи, која достигнува вредност од 0,9998 (99,98 %); што, со други зборови значи, дека овие системи во текот на една недела можат да бидат вон употреба 2 минути.

Дел 7

СТРАТЕГИИ ВО ОДРЖУВАЊЕТО

7.1. Вовед

Стратегии во одржувањето се усвоени правила со кои се одредува кои системи / потсистеми, кога и со какви видови активности на одржувањето ќе се одржуваат во текот на експлоатацијата. Изборот на стратегијата (методот) на одржувањето може да биде направен според различни критериуми. Во зависност од задачата која што системот треба да ја исполни во текот на експлоатацијата, критериумите за избор на стратегијата на одржувањето можат да бидат фокусирани на:

- расположливоста на системот,
- цената на неговото одржување,
- надежноста,
- ризикот при работењето,
- загадувањето на животната средина или др.

Кај сложените системи, најчесто, изборот на стратегијата е компромисен оптимум на некои од погоренаведените критериуми.

Менаџирањето со процесот на производството, одржувањето и нивната логистичка поддршка е комплексна и сложена задача, во чие решавање треба да земат учество разни структури на претпријатието. Од тие причини изборот на стратегија на одржувањето зависи од видот на претпријатието и треба да е резултат на тимска активност на менаџерскиот тим. Не постои единствена стратегија на одржување која би можела да се примени насекаде успешно.

Стратегијата на одржувањето, генерално, треба да се состои од оптимална примена на различните видови одржувања:

- реактивно - корективно одржување,
- одржување според времето на експлоатацијата,
- одржување според состојбата и
- од откривање на скриени неисправности.

Која машина или опрема на кој начин треба да се одржува се одредува по извршена поединечна анализа.

7.2. Реактивно - корективно одржување

Стратегијата на овој вид одржување е во текот на експлоатацијата на системот, освен основните операции на опслужувањето како што е чистењето, подмачкувањето, подесувањето и др., да не се вршат никакви поправки се додека системот не откаже, или со други зборови: доколку машината не е во отказ, таа не се одржува. Филозофијата на реактивното - корективното одржување е да не се трошат средства за одржување додека системот поради отказ не престане да работи. За враќање на системот во исправна состојба, оваа стратегија на непланско одржување бара одржувачите да бидат подготвени да реагираат на сите можни откази на системот. Времето на неработење на системот поради непланирана интервенција во одржувањето е многу подолго во споредба со планираната интервенција во одржувањето (види сл. 10.6). Последиците од ваквиот начин на одржување се:

- високи трошоци за залихи на резервни делови,
- трошоци за прекувремена работа за одржување,
- мала расположливост на системот.

Сепак, примената на реактивно - корективно одржување може да биде оправдана кај систем:

- чие неработење нема големи последици врз производството, сигурноста и човековата околината,
- кај систем што брзо се поправа,
- доколу е тој компонента на систем со паралелни врски, или
- работи со високо ниво на надежност во текот на долг период на експлоатација.

Во тој случај, работењето до отказ може да биде осмислена стратегија во одржувањето на системот.

7.3. Одржување според времето во експлоатација

Одржувањето според времето во експлоатација (*time-directed maintenance*) е метод на одржување кој се темели на тоа, одре-

дени компоненти од системот, без оглед на нивната моментална состојба, превентивно да се поправаат / ремонтираат или заменуваат по одредено време (часови, поминати километри, работни циклуси и сл.) во експлоатација.

Во минатото, практично, превентивното одржување се темелеше врз претпоставката дека опремата треба, во текот на работниот век, неколку пати повремено да се освежува (поправа / ремонтира) пред да се отпише. Денеска се напушта таквото мислење, меѓутоа, и понатаму во многу случаи се пропишуваат превентивни интервенции по однапред дефинирано време на работа, чија цел е да се спречи или да се забави појавата на неисправност на системот. Некои од активностите на одржувањето според времето во експлоатација на системот се многу комплексни и скапи, како на пример ремонтирање мотор со внатрешно согорување (види сл. 6.5), а пак некои многу евтини и едноставни, како што се: подсушувањата, промената на маслото за подмачкување или филтерот за масло и сл.

Генерално, планирана интервална интервенција врз компонентата на системот има оправдување во следните случаи:

- кога станува збор за компонента чија неисправна работа или отказ е поврзана со ризик во работењето на системот (прекин на производство, сигурност на персоналот или последици врз околината);
- кога е позната трајноста на компонентата, а големиот дел од останатите компоненти на системот, до моментот на интервенцијата, се во добра функционална состојба, или
- кога не е предвидена, односно, не постои можност за контрола на компонентата во текот на експлоатацијата (види сл. 13.1).

За да бидат што помали трошоците за одржување и трошоците поради отказ на постројката, како и дополнителните трошоци, би требало интервалите на превентивното одржување да се прилагодат на стварните потенцијални резерви на компонентите на системот предвидени за превентивна поправка / замена. Намалувањето на таквите трошоци би бил сведен на минимум, кога поправката / замената на компонентите би се извршила “5 минути” пред појава на отказот / неисправноста во нив. Со раната поправка / замена на компонентите остануваат неискористени нивните потенцијални резерви (резерви за абење, или резерви на структурни промени во материјалот до појава на отказ поради замор, стареење, корозија). При задоцнета поправка / замена на

компонентите, некој од нивните потенцијални резерви целосно се искористени, поради што тие откажуваат за време на работењето, а со тоа се појавува и потенцијална опасност од оштетувања на соседните компоненти / склопови во системот.

Кај овој метод на превентивно одржување треба да се одреди оптималното време на работење на системот помеѓу две одржувања односно временскиот интервал од една до друга планирана активност. Таа важна задача се усложнува поради следниве нешта поврзани со отказите:

- различното средно време меѓу отказите на компонентите на системот;
- различната дисперзија на времето на работењето до појава на отказ;
- лоша документација (информација) за настанатите откази во минатото;
- недоволен број статистички информации за отказите.

За планирање на одржувањето и изборот на стратегијата (периодичноста) на одржувањето за одредена компонента на системот, од есенцијална важност е имањето информации / документацијата за отказите во изминатиот период на експлоатација на системот, а со тоа и познавањето на статистичката распределба на густината на времето на работа до откази (средната вредност и дисперзијата на времето на отказите).

Меѓутоа, голем дел од компонентите на еден систем имаат различна трајност до појава на неисправност / отказ, поради што извршувањето на активностите на одржувањето на системот би требало да се извршуваат во различни временски интервали.

За планирањето на интервалот на превентивното одржување на системот, освен средното време меѓу отказите, потребно е, за секој критичен елемент на системот, да е позната и дисперзијата на време на работењето до појава на отказ. Во случај да треба да се спречи појава на непланирани откази, интервалот на одржувањето се одредува според времето кога компонентите пред-видени за превентивна поправка / замена, имаат одредени потенцијални резерви до појава на отказ. Тоа време, зависно од дис-перзијата (растурањето) на појавите на отказите, може да биде многу покусо од средното време меѓу отказите. Големата дисперзија на времињата до отказ е карактеристично за компонентите со неизедначен квалитет.

Податоците од производителот на новите системи најчесто не се доволни за оптимално планирање на интервалите на одржувањето во одредени услови на експлоатација на системот. Од друга страна, најголемиот број фирми немаат воведено информациски систем за следење на отказите во одделните постројки, што дополнително го усложнува евентуалното корегирање на превентивното одржување според времето во експлоатација препорачано од производителот.

На ова се надоврзува и проблемот со недоволниот број статистички податоци за отказите на одделните компоненти. Со мал извадок не можат да се добијат квалитетни статистички показатели, а причина за тоа, најчесто, се:

- неможноста во кус временски период да се соберат податоци за поголем број идентични компоненти,
- системот не се експлоатира интензивно, поради што не можат да се откријат потенцијалните причини за отказите.

Доколку интервалот на превентивното одржување на системот би се прилагодувал исклучиво на минималните потенцијални резерви на одделните компоненти на системот предвидени за поправка / замена, тоа, според напредизнесеното, би предизвикало чести запирања на работата на системот поради интервенциите за нивното одржување. Со ваквиот период кон периодичното превентивно одржување, поради бројните застои во работењето предизвикано од честите превентивни активности на одржувањето, би се намалила погодноста за одржување на системот и расположливоста.

Од тие причини, при одредување на интервалот на превентивното одржување на системот, се врши групирање на повеќе превентивни операции на различни компоненти чии потенцијални резерви се приближно исти и тие истовремено се извршуваат. Поради фиксниот интервал за превентивно одржување на системот и групирањето на активностите во него, некои компоненти од системот, во моментот на замена или поправка ќе бидат со помали, а некои со поголеми потенцијални резерви. Поради тоа, а и поради почестите интервенции во текот на работниот век на системот, периодичното одржување, генерално, е поскапо од одржувањето според состојбата (види т. 11.4)

Интервенциите на превентивното одржување, и покрај тоа што се извршуваат според стандардни процедури, кријат потенцијален ризик од грешки при нивното извршување, поради што е можно оштетување на делови од системот кои работат исправно.

Треба да се истакне дека, генерално, времето на неработење на системот поради планските одржувања е покусо, а работата се извршува под поповолни околности, во споредба со активностите на непланското (корективното) одржување што, секако, поволно се одразува врз расположливоста на системот, но и релаксираноста на персоналот за одржување (види сл. 6.6).

Периодичното одржување може да биде економично во случај на:

- периодичната замена на работните течности во системот,
- чистењето / замената на филтри доколку не е можна контрола на нивната состојба,
- замена на компоненти чија цена на одржување е значително пониска од висината на трошоците или последиците од нивниот отказ.

Оптималниот (најекономичниот) интервал за превентивните интервенции на одржувањето на компонентите на системот може да се одреди преку информациите добиени при одржувањето според состојбата (види т. 11.4).

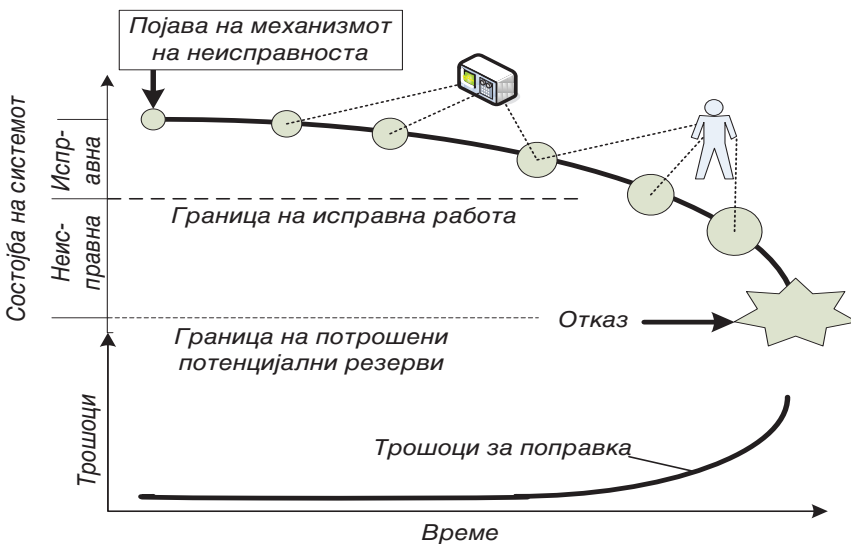
7.4. Одржување според состојбата

Одржување според состојбата (*condition-directed maintenance; predictiv maintenance*) е вид превентивно одржување кое се состои од континуирана или периодична контрола на техничката / работната состојба на системот во текот на времето со цел да се открие (прогнозира) максималниот интервал помеѓу поправките, замените или ремонтите на системот или компонентата на системот.

Наместо планирање на одржувањето според резултатите од статистичкото следење на појавата на отказите / неисправностите, со овој вид одржување актуелното време на работа на системот до отказ / неисправност се одредува со директно контролирање на перформансите, ефективноста и останатите индикатори на состојбата на системот или неговите компоненти.

На тој начин, максимално се искористуваат потенцијалните резерви на системот / компонентите и се минимизираат трошоците на одржувањето. Со следењето на промената на состојбата на системот во текот на експлоатацијата, менаџментот на фирмата има увид во неговата моменталната состојба, а со тоа се овозможува:

- планирање на одржувањето според актуелната (моменталната) техничка состојба на системот;
- планирање на одржувањето според производната ангажираност на системот во производниот процес на фирмата;
- минимизирање на неисправностите / отказите и одржување на системот на прифатливо техничко ниво;
- откривање на проблемите во работењето на системот пред тие да станат сериозни;
- зголемување на расположливоста на системот;
- контрола врз квалитетот на производот, односно на системот за производство;
- минимизирање на залихите на резервни делови;
- планирање на трошоците и времето за одржување (поради веќе однапред планираните стандардни процедури за одржување);
- увид во безбедното и еколошкото работење на системот;
- реализирање на поголем профит.



Сл. 7.1. Промена на состојбата и на трошоците за поправка на системот во текот на времето

Одржувањето според состојбата се темели на претпоставката дека промената (деградацијата) на состојбата на системот / елементот не настапува нагло, туку се развива постепено во текот на времето и е проследена со симптом на неисправноста чиј интензитет е во корелација со степенот на деградацијата на системот / елементот.

Постепената промена на состојбата од исправна во неисправна, генерално, е карактеристична кај механичките и хидрауличните системи, додека кај електричните и електронските системи таа промена е нагла и непредвидлива, поради што тие не можат да се одржуваат на овој начин.

Промена на состојбата на системот во текот на времето е прикажана на сл. 7.1. Од неа се гледа да деградацијата на состојбата (перформансата) на системот почнува со појавата на механизмот на неисправноста. Од тој момент се појавува еден или повеќе симптоми на неисправноста кои се во директна или индиректна корелација со промените во системот. Симптоми на неисправноста можат да бидат: температура, притисок, изабеност, вибрации, звук и др. Интензитетот на симптомите на неисправноста се менува со времето на експлоатацијата на системот. Во почетокот тие се слаби и можат постојано да се регистрираат со вградени (*on-board*) системи, или повремено, со портабл (*off-board*) уреди за контрола. Подоцна, кога нивниот интензитет ќе се зголеми, може да ги регистрира ракувачот и / или техничарот за одржување на системот.

Во текот на деградацијата на системот, по одредено време во експлоатација, се пречекорува границата на исправноста и од тој момент системот работи неисправно - се наоѓа во состојба во која што целосно не ги исполнува зададените функции според техничките барања (не ги исполнува пропишаните технички норми на работење). Неисправен произведен систем, на пример, со пречекорување на границата на исправноста, произведува неисправни (шкарт) производи.

Кај одредени системи вградени се контролни системи т.н. индикатори на состојбата, кои во близината на границата на исправноста, со визуелен или звучен аларм го предупредуваат ракувачот на близината на границата на исправноста или, пак, системот автоматски го исклучуваат од работа (види т. 5.3).

Доколку, по пречекорувањето на границата на исправноста, системот не престане да работи, во општ случај, неговата деградација се интензивира сè до моментот додека не се потрошат неговите

потенцијални резерви, по што настанува отказ; состојба во која што системот не може да ги извршува зададените функции. Со зголемувањето на интензитетот на промените во системот трошоците за неговата поправка драстично растат (види сл. 7.1).

Пример: Во продолжение, преку пример, што се однесува на одржување на автомобилски пнеуматик, ќе бидат илустрирани сите три напред изнесени видови одржувања.

Нагазната површина на пнеуматикот, поради опасноста од појава на аквапланинг (губење на контактот помеѓу пнеуматикот и патот при поголеми брзини на движење на возилото на пат покриен со вода), се произведува изжлебена со шара. Жлебовите се со одредена длабочина, но на неколку места по обемот долж широчината на пнеуматикот, жлебовите се поплатки за 2 mm. Тие места, на бочната страна на пнеуматикот, се означени со *TWI (Tread Wear Indicator)* и се индикатори за максимално дозволената изабеност на шарата на пнеуматикот.

Длабочината на шарата, поради абеењето во текот на експлоатацијата, се намалува. Кога нејзината длабочината ќе ја достигне вредноста 2 mm, на местата означени со *TWI*, ќе се појават голи површинки без шара. Тогаш, според прописите за безбедноста во сообраќајот, таков пнеуматик мора да се замени со нов.

Производителите на пнеуматиците не препорачуваат замена на пнеуматикот по одреден број поминати километри, на пример по 30000 km. Тие не можат точно да го прогнозираат интензитетот на неговото абеење, бидејќи тоа зависи од многу фактори, но препорачуваат *превентивно одржување според времето на експлоатација*. Таквото одржување се состои од повремени превентивни контроли и подесувања на притисокот во пнеуматикот и контроли на геометријата на тркалата, а се врши со цел пнеуматикот да има што подолг работен век. Сепак, не постои ниту една превентивна мерка со која би се спречило случајното дупнување на пнеуматикот од страна тело на патот. За да се поправи дупнатиот пнеуматик, се врши *реактивно - корективно одржување* - неплагирано, лепење на пнеуматикот.

Со повремено мерење на промената на длабочината на шарата на пнеуматикот во текот на експлоатацијата може, за одредени експлоатациони услови, да се нацрта промената на длабочината на шарата во зависност од поминатите километри. Повременото регистрирање на промената на длабочината на шарата во текот на експлоатацијата на пнеуматикот е всушност активност на *одржување според состојбата*. Врз основа на таа активност може да се

прогнозира бројот на поминати километри до појава на индикаторот за абење (границата на исправноста - види сл. 7.1), односно времето на неговата замена.

Според следењето на изабеноста на одреден пнеуматик во одредени услови на експлоатација, може да се процени поминатиот пат до достигнување на границата на исправноста. Таквиот податок, согласно методот “одржување според времето на експлоатација” може да се усвои да биде период за замена на пнеуматикот. На тој начин, повремениите контроли вршени во рамките на методот “одржување според состојбата” се заменуваат со интервална замена на пнеуматичите според методот “одржување според времето на експлоатацијата”.

Доколку експлоатацијата на пнеуматикот продолжи и по појавата на индикаторите за неисправноста (по пречекорување на законски одредената границата на исправноста), тој ќе продолжи да се аби сè до моментот на појава на отказот поради изабеноста.

7.5. Откривање на скриени неисправности

Во големите и комплексните системи или производни погони, речиси секогаш постојат неколку уреди, а можно е и цели потсистеми или системи, во кои може да се појави неисправност, а при нормалното работење никој не знае дека неисправноста постои. Тоа се т.н. “скриени” неисправности или откази.

Места за потенцијална појава на скриена неисправност се резервните (паралелните) системи, системи за заштита од несреќи и уреди кои ретко се користат.

Секако, скриените неисправности се непожелни, бидејќи можат да предизвикаат инцидентни ситуации со голем ризик. Таков е случајот, на пример, со вентил кој долго време бил отворен (или затворен), а кога треба да се активира се констатира дека поради скриена неисправност не може да се затвори, односно отвори. Или на пример, резервен агрегат за струја кој не може да се вклучи поради скриена неисправност на склопката за вклучување - исклучување.

Во случај на постоење на скриена неисправност, не е можна промена на одржувањето според состојбата, бидејќи таквата неисправност, при редовните контроли на работата на системот не се открива. Можните скриени неисправности, најчесто, не се опфатени со редовните контроли. Веројатноста на појава на скриената неисправност / отказот чии последици се поврзани со сигурноста и

загадувањето на човековата околина, со посебни мерки за контрола на состојбата, мора да се сведе на најмала можна мерка. Сепак, треба се проанализира дали таквите мерки се технички изводливи и дали се исплатливи. Во случај да е тоа неможно и неисплатливо, се преземаат мерки на редовно зачестено откривање и отстранување на скриените откази. Тоа значи "скриените" функции во системот редовно повремено да се контролираат, а зачестеноста на контролата зависи од нивото на надежноста и посакуваната расположливост на системот.

Дел 8

СОВРЕМЕНИ ПРИСТАПИ КОН ОДРЖУВАЊЕТО

8.1. Вовед

Со цел да се постигне максимална расположливост на машините и опремата, да се минимизираат застоите поради нивно одржување, да се добие производство со нула грешки (без шкарт или потреба од доработка), а како резултата на тоа да се зголеми продуктивноста и профитот на фирмата, воведени се современи стратегии за зголемување на ефикасноста на одржувањето.

Во продолжение ќе биде изнесен концептот, а поради ограничениот простор накусо, и постапките за реализирање на два современи пристапи кон превентивното одржувањето:

- одржување насочено кон надежноста (*Reliability Centered Maintenance – RCM*) и
- тотално продуктивно одржување (*Total Productive Maintenance - TPM*).

Постигнатите резултати во работењето добиени во голем број фирми во светот кои ги вовеле современите начини на одржувања, ги охрабруваат и останатите компании да го напуштат класичниот начин на одржување и постепено да ги исполнуваат условите за воведување на погоре наведените проактивни превентивни одржувања.

Воведувањето на одржувањето насочено кон надежноста (ОНН) и тоталното продуктивно одржување (ТПО), се врши во неколку фази (чекори). Тоа е тимска работа, која бара поддршка, знаење и дисциплина од инволвираните во реализацијата на зацртаните цели на одржувањето, а со тоа и на целите на фирмата.

8.2. Одржување насочено кон надежноста (ОНН)

8.2.1. Вовед

За разлика од традиционалниот начин на дефинирање на превентивното одржување чија задача е да се сочуваат компонентите на системот, задачата на програмата за превентивно одржување, според ОНН, е *сочувување на функцијата на системот преку сочувување на надежната работа на компонентите на системот од кои што зависи неговата функција*. На тој начин трошоците за одржувањето се намалуваат, а расположливоста на системот се зголемува.

Идејата за воведување одржување насочено кон надежноста е промовирана во фабриката за производство на авиони Боинг (Boeing) во Сиетл (Seattle). За секој авион, од одредена државна институција, треба да се добие сертификат со кој се одобрува програмата за превентивно одржување на леталото. Без такво одобрение авионот не може да се продава.

Со појавата на новиот комерцијален авион Боинг 747, познат под името “Jumbo-Jet”, во 1969 год.; авион со широк труп на два ката (double deck) којшто во вообичаената изведба може да превезува 416 патника (три пати повеќе од капацитетот на неговиот претходник, авионот Боинг 707), се покажало, дека неговата програмата за превентивно одржување, направена според традиционалниот начин на превентивно одржување, да е речиси трипати пообемна од програмата за превентивното одржување на Боингот 707. Станало очигледно дека со такво обемно превентивно одржување, новиот авион не може профитабилно да се експлоатира. Таквата состојба ги поттикнала производителите на комерцијални авиони да размислуваат за нова стратегија на превентивно одржување - за одржување насочено кон надежноста (ОНН). Стратегија на одржување промовирана од авиоиндустријата, е прифатена и во останатите индустриски гранки.

8.2.2. Програма за превентивно одржување за ОНН

Поентата на стратегијата за одржувањето насочено кон надежноста е сочувување на функцијата на системот преку сочувување на надежната работа на компонентите на системот од кои што зависи неговата функција. Се поаѓа од фактот да некои компоненти од системот се поважни за функцијата на системот од другите.

Стратегијата на овој вид одржување се темели врз т. н. “Анализа на можните неисправности и последиците” и теоријата на “кривата на када”, за која веќе стана збор во т. 4.1.2.

Анализа на можните неисправности и последиците е метод за систематско откривање на можните неисправности во компонентите и проценка на нивните последици врз самата компонента, потсистемот и системот. Анализата е широко прифатената под кратенката FMEA анализа (*Failure Mode and Effect Analysis* – англиски ; *Fehler Möglichkeiten und Einfluß Analyse* - германски). Генерално, таа се користи при:

- откривањето на оние можни (потенцијални) неисправности кои значително се одразуваат на надежноста, погодноста за одржување, расположливоста и сигурноста на системот;
- проценувањето на ефектите на секоја можна неисправност на компонентата врз функциите на самата компонента, потсистемот и системот.

“FMEA - анализа” е основна алатка при изготвувањето на програмата за превентивното одржување според ОНН. Таа, генерално, е прифатена како најдобра алатка која се користи во инженерството на надежноста. Прво се прави т.н. FMEA анализа на системот. Анализата се прави со цел да се откријат потенцијалните (можните) неисправности во компонентите на системот и нивниот ефект врз работењето на самата компонента, на системот или на соседните системи. Системската FMEA е од особен интерес за одржувањето на системот и откривањето на неговите слаби места кои би можеле да ја загрозат неговата исправна работа или исправната работа на соседните системи во текот на експлоатацијата.

Откако со FMEA анализата на системот ќе се откријат оние компоненти чии можни неисправности значително се одразуваат на расположливоста, надежноста, погодноста за одржување и сигурноста на системот, се врши нивна систематска квалитативна FMEA анализа на конструкцијата и FMEA анализа на процесот. Притоа се анализираат потенцијалните грешки кои можат да бидат направени при конструирањето, при производството, монтажата или одржувањето, а коишто можат да влијаат на надежната работа на критичната компонента. Со квалитативната анализа се оценува веројатноста дали потенцијалната неисправност / отказ ќе се случи, каква е тежината на последиците од неа и каква е веројатноста за нејзиното откривање.

После сите погоренаведени анализи и оценувања, се врши конечен избор на критичните компоненти и се предлага стратегијата за нивно превентивно одржување. Предлогот за стратегијата на превентивното одржување се прави врз основа на интензитет на отказот на критичната компонента во текот на времето на експлоатацијата т.е. врз основа на нејзината “крива на када”.

Од општиот облик на кривата на када (види сл. 4.2), по истекнувањето на периодот на раните откази (детските болести), воочливи се две области со различен интензитет на откази (λ): периодот со константно λ (периодот на нормална експлоатација, кога појавата на отказите се случува ретко и периодот на откази кога е зголемен интензитетот на отказите поради поинтензивно абење, заморот или старосните промени на материјалот.

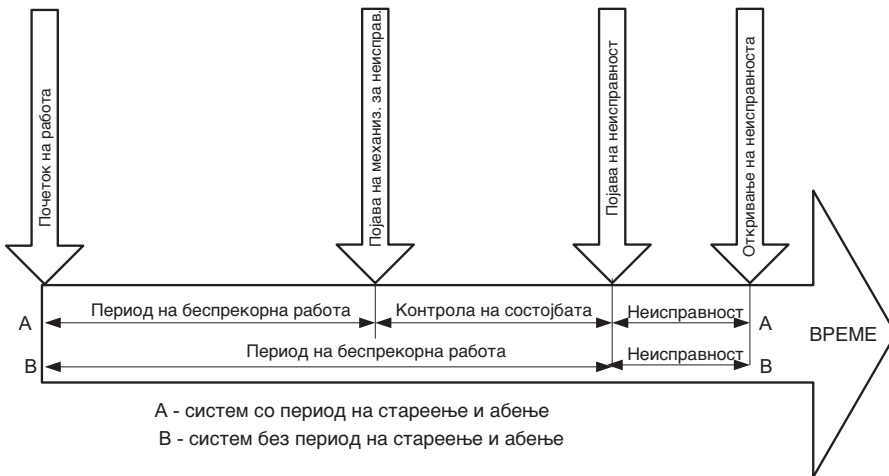
Меѓутоа, кај некои системи / компоненти, како што се електричните и електронските, не постои период на стареење и неисправностите се појавуваат неочекувано, без претходно манифестирање на механизмот на појавата на неисправноста. “Кривата на кадата” за таквите системи / компоненти е без периодот на стареење.

Во периодот на нормална експлоатација (λ - константно), системот работи беспрекорно, како да е нов, и нема потреба од какви било превентивни интервенции, а поправките се сведуваат на отстранување на случајните неисправности настанати поради преоптоварување или грешка при ракувањето, односно на активности на корективно одржување. Корективното одржување во тој период, поради малиот интензитет на неисправности / откази, е ретко потребно.

Пред појавата на неисправноста постои момент кога се појавува механизмот на неисправноста кој, во понатамошниот период на експлоатацијата доведува до неисправност или отказ на системот, состојби, кои со превентивното одржување треба благовремено да се спречат. Се разбира, ова се однесува на механичките системи, кај кои се појавува механизам на неисправност и период на стареење (види сл. 8.1). Кај електричните и електронските системи и компоненти, генерално, отказот се појавува без предходно навестување - не постои период на деградација и стареење.

Со “навлегувањето” на времето на експлоатацијата на компонентите на системот во периодот на стареење во - областа III на кривата на када, (види сл. 4.2) се зголемува интензитетот на

неисправностите / отказите. Подлабокото “навлегување” во областа III значи и поголем ризикот од појавата на неисправностите / отказите. Таквата состојба е карактеристична за механичките системи. Тоа е период кога треба се преземаат активности за поправка или замена на механичките компоненти на системот. Оптималното време за таквите интервенции во тој период за конкретен систем се одредува според резултатите добиени од извршената контрола за него.



Сл. 8. 1. Промена на состојбата на системот во текот на времето

При рано интервенирање, пред да почне механизмот на неисправноста, не се искористуваат потенцијалните можности на опремата (се заменува или ремонтира речиси нова опрема) што е економски неоправдано, а при интервенции од овој вид можни се и грешки од човечкиот фактор (види: т. 7). Задоцнетото интервенирање, што може да доведе до непланиран застој во работата на компонентата и појава на неисправности со домино ефекет во системот.

По појавата на механизмот на неисправноста, започнува деградацијата на системот. Во зависност од нејзината брзина на делување, неисправноста / отказот ќе се јави порано или подоцна. Од моментот на појавата на механизмот на неисправноста до моментот на појавата на неисправностите е време кога треба да се вршат превентивни контроли со цел да се открие, или со превентивни

интервенции да се пролонгира времето на појава на неисправноста / отказот поради стареење.

Досега се претпоставуваше дека за компонентата е позната “кривата на кадата”. Такви информации, за жал, не се среќаваат често, бидејќи во практиката нема доволен број статистички податоци за да може да се дефинира функцијата на густината (интензитетот) на отказите.

Доколку се користат искусвени податоци за одредување на времето за превентивно одржување, праксата покажала дека таквиот период честопати е конзервативен; се бира интервал кој, најчесто е многу покус од оптималниот. На пример, се врши замена или ремонт на некој уред по три години работа, во ситуација кога оптималниот интервал му е 10 години. Таквиот конзервативизам го прави одржувањето многу скапо.

Кога не е позната промената “кривата на када” се поставува прашањето: “Дали превентивната активност може да се изврши според состојбата?”, или, доколку се работи за скриена можна неисправност: “Дали постојат превентивни активности за откривање за скриената можна неисправност?”. И во едниот и во другиот случај треба да се одреди интервал за собирање податоци за состојбата (интервал на контролни инспекции за скриените неисправности).

При откривање на почетокот на делувањето на механизмот на неисправноста / отказот, односно, почетокот на стареењето / абеењето, се врши повремено следење (мерење) на контролниот (дијагностичкиот) параметар на состојбата на системот (види сл. 8.1). Од тој момент до моментот на појавата на неисправноста / отказот треба да се дефинира моментот кога ќе се алармира персоналот за извршување на превентивни задачи.

Во моментот на извршување на превентивните активности, критериумот за исправноста / неисправноста не треба да е пречекорен, односно параметарот на состојбата не треба да го пречекори прагот на исправната работа на системот. Притоа треба да се има предвид дека во зависност од механизмот на стареењето или абеењето, периодот од моментот на почетокот на делувањето на тој механизам до појавата на неисправноста може да биде многу различен. При непостоење на добри статистички податоци, во почетокот се користи единствено искуството на техничките лица при погодување“ на оптималниот интервал за извршување на задачите на превентивното одржување. Кога, преку податоците од одржувањето според состојбата, поточно ќе се одреди почетокот

на појавата на неисправностите, тогаш системот може превентивно да се одржува според времето поминато во експлоатација (види го примерот во т. 7.4).

Постои одредена техника која се користи при “погодувањето” на оптималниот интервал за извршување на превентивните задачи на одржувањето. Се работи за строго емпириска техника која го користи интервалот за одржување според времето во експлоатација. На пример, за одредена опрема усвоен е интервал за ремонтирање од 3 години. При правење на првиот ремонт прецизно се проверуваат и се запишува состојбата на сите делови и склопови на машината за кои се смета дека во текот на работата стареат или се изложени на абење. Доколку не се откријат никакви промени од стареење / абење, следниот таков систем се ремонтира на интервал кој што е, на пример, за 10% поголем од интервалот на прво ремонтанта маши-на и се врши истата контрола на нејзините делови / склопови. Проце-сот на контрола продолжува и интервалот се зголемува сé додека не се забележат почетни знаци на абење / стареење. Конечниот интервал се добива кога последниот интервал при кој се забележени тие промени се скуси, на пример, за 5%. Иако оваа техника на одредување на интервалот за превентивно одржување може да трае долго време, таа е единствена алтернативна можност која постои при недостиг на доволно статистички податоци.

8.2.3. Ризици во одржувањето

Од досегашното излагање можеше да се заклучи дека некои активности на одржувањето може да бидат пропратени со ризици. *Ризик е состојба која во иднина може да доведе до настан со несакани последици.* Одржувањето со ризик е постапка на одржување која треба да овозможи одржување на сигурноста на системот на зададено ниво. За методите на одржувањето според ризикот се одлучува преку изборот на стратегијата на одржувањето, при што се зема предвид ризикот при работењето на системот (прекин на производството, сигурноста на персоналот или последиците врз околината).

Безбеден производ е оној производ кој, под нормални или прифатливи и предвидливи експлоатациски услови, во одреден временски период, работи без ризик, или со минимален ризик. Таквиот производ е прифатлив доколку е со високото ниво на заштита на корисниците на производот. Претставата за нивото на ризикот на производот се добива врз основа на субјективни проценки.

Табела 1

Категорија на ризикот	Активности кои се преземаат според категоријата на ризикот
<i>Недозволен</i>	<i>Ризикот треба да се отстрани</i>
<i>Непожелен</i>	<i>Ризикот треба да се прифати доколку намалувањето на ризикот е невозможно</i>
<i>Прифатлив</i>	<i>Ризикот се прифаќа со соодветна контрола и согласност на претпоставените</i>
<i>Занемарлив</i>	<i>Ризикот се прифаќа со / без согласност на претпоставените</i>

Со поимот “ризик” се опфатени две проценки:

- веројатноста (зачестеноста) на појавата на несаканиот настан (опасноста) и
- тежината на последиците од несаканиот настан врз корисникот и околината.

Во табелата 1 дадени се квалитативните термини за категориите на веројатноста или зачестеноста на случувањата на опасниот настан и нивниот опис.

Табела 2: Категории на ризици

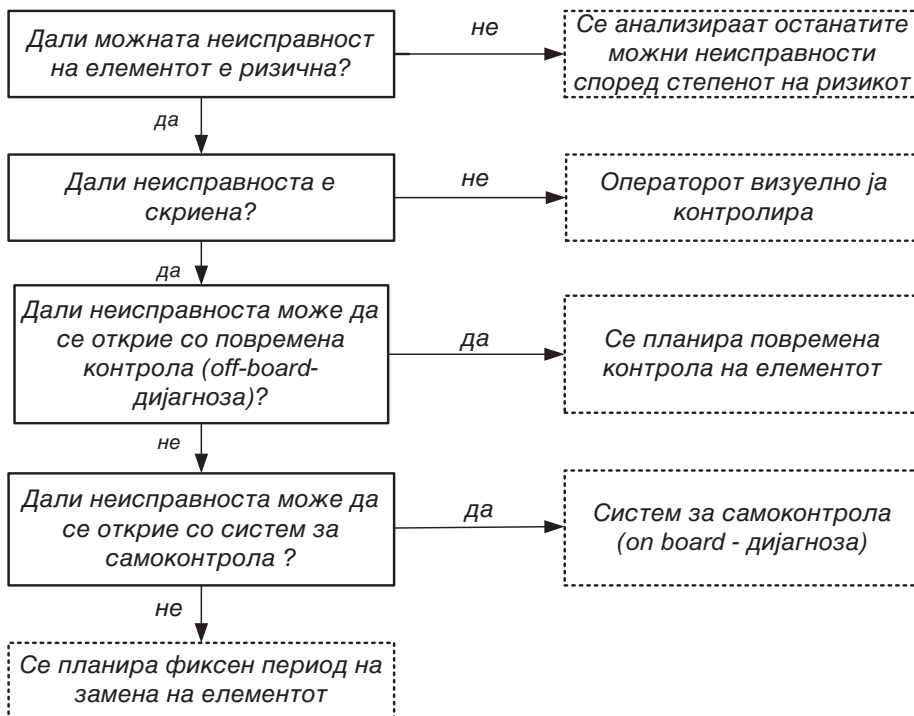
Категорија на ризикот	Активности кои се преземаат според категоријата на ризикот
<i>Недозволен</i>	<i>Ризикот треба да се отстрани</i>
<i>Непожелен</i>	<i>Ризикот треба да се прифати доколку намалувањето на ризикот е невозможно</i>
<i>Прифатлив</i>	<i>Ризикот се прифаќа со соодветна контрола и согласност на претпоставените</i>
<i>Занемарлив</i>	<i>Ризикот се прифаќа со / без согласност на претпоставените</i>

Категориите на ризикот и активностите кои се преземаат за одредена категорија ризик се дадени во табелата 2. Стручните лица се тие кои ја дефинираат категоријата, нивото на толеранцијата и граничните вредности на ризикот за секоја категорија на ризик.

При постоење ризик, постојат повеќе можности за негово контролирање од можната неисправност на елементот на техничкиот систем - види шема на сл. 8.2.

Табела 3: Проценка на ризикот (пример)

Категорија според зачестеноста	Ниво на тежините од последиците од несаканиот настан			
	Незначително	Мало	Критично	Катастрофално
Зачестено	Непожелен	Недозволен	Недозволен	Недозволен
Можно	Прифатлив	Непожелен	Недозволен	Недозволен
Ретко	Прифатлив	Непожелен	Непожелен	Недозволен
Многу ретко	Занемарлив	Прифатлив	Непожелен	Непожелен
Малку веројатно	Занемарлив	Занемарлив	Прифатлив	Прифатлив
Неверојатно	Занемарлив	Занемарлив	Занемарлив	Занемарлив



Сл. 8.2. Шема на “Логичкиот приод кон контрола / замена на елементот”.

Во табела 3, како пример, е дадена матрица на ризикот со која што се оценува неговата категоријата во функција од зачес-

теноста на случувањата на опасниот настан и нивоата на последиците од него.

8.3. Тотално продуктивно одржување

8.3.1. Вовед

Корисниците на производите и услугите очекуваат од производителите и давателите на услугите, производот / услугата да е со одличен квалитет, навреме да се добие / изврши и да е со конкурентна цена. Гледано од аспект на машините и опремата вклучени во системот на производството или услугите, таквите барања можат да се остварат со софистицирана и надежна механизација со која се гарантира стабилен квалитет, навремена испорака / извршување и прифатлива цена на производот / услугата.

Меѓутоа, пред повеќе години, некои јапонски компании сфатија дека модерната технологија може ефективно да се искористи доколку во системот е вклучен квалитетен персонал почнувајќи од операторите и одржувачите на системот до врвниот менаџмент на фирмата. Тоа сознание ја иницира појавата на тоталното продуктивно одржување - ТПО (*Total Productive Maintenance - TPM*) како алатка за максимално ефективно искористување на опремата, со воведување оптимален позитивен однос помеѓу персоналот и опремата на фирмата.

Кај секој поединец треба да се развие свеста дека позитивните промени во однесувањето кон одржувањето на машините и опремата се нужни за одржување на конкурентноста на фирмата на пазарот. Во таа смисла, автократниот начин на раководење треба да се замени со пошироко вклучување на персоналот во решавањето на проблемите на фирмата. На тој начин, кај вработените се стекнува поголема лојалност и чувство на припадност кон фирмата, па според тоа, може да се очекува и нивниот однос кон опремата да биде, на пример, како односот кон своето сопствено возило.

ТПО е всушност начин на превентивно одржување во кое се инволвирани сите вработени. Станува збор за иновирани систем за одржување на опремата со кој се оптимира нејзината ефективност со:

- елиминирање на прекините во работењето;

- вклучување на операторот на системот во одржувањето на системот;
- спречување на губитоците во текот на целиот животен циклус на системот со тоа што системот да работи со нулти - откази и нулти - прекини во работењето и без појава на несреќни случаи;
- инволвирање на сите одделенија вклучени во производството, развојот, продажбата и менаџментот;
- инволвирање на секој вработен поединец: од врвниот менаџмент до дирекните извршители;
- создавање нулти - губитоци преку активностите на помалите групи во фирмата.

Генерално, целта на овој концепт на одржување е процесот на производство да се одвива со нулти - грешки, максимална расположливост на машините и опремата, максимална продуктивност и минимални трошоци при работењето.

8.3.2. Воведување на постапките за ТПО

Воведувањето на постапките за ТПО се врши постепено. Не постои одреден рецепт за нивно имплементирање за сите фирми, туку секоја фирма го воведува ТПО според нејзините специфичности. Сепак, постојат одредени минимални барања предложени од *Japan Institute of Plant Maintenance*, а тие се:

1. Вклучување на ракувачите на системот во самостојното негово одржување Основа на ТПО филозофијата е користењето на потенцијалот на вработените во постојаното оптимирање и развојот на фирмата. Се предлагаат седум чекори кон развивање на самостојно одржување на опремата. Успешно воведување на ТПО е можно доколку се спроведат сите седум чекори.

Прв чекор: Темелно чистење. Овој чекор се состои, воглавно, од отстранување на прашината и нечистотијата (кал / талог, масла, страни материји) во клучните системи на погонот, затегнување на олабавените навртки и завртки и други видливи елементи за спојување, како и откривање на настанатите проблеми во текот на овие активности.

Со ваквите активности се продлабочува “блискоста” помеѓу машината и ракувачот (операторот) со што се зголемуваат шансите за

благовремено откривање на симптомите на потенцијалните или веќе настанати неисправности како што се: појава на невообичаени шумови, вибрации, прегревања, мириси, олабавувања на споеви, незатнатост на течности и гасови сл.

Притоа, важно е да се почне со чистење на основните машини во погонот. Доколку се почне со чистењето на веќе и онака чистите машини, нема да се добие очекуваниот резултат, а со тоа ќе се намали оптимизмот и заложбата на вработените за успешноста на акцијата.

Смерници при воведување на првиот чекор се:

- Слабите места и грешките откриени при чистењето мора да се означат, за подоцна да можат да бидат отстранети.
- Означувањето би требало да се изврши со приврзок кој се прицврстува директно на проблематичното место. Приврзците треба да се во три различни бои:
 1. за работи кои персоналот за одржување треба да ги изврши,
 2. за работи кои операторот треба да ги изврши,
 3. за работи на тешко пристапни места или за означување на несигурни и ризични зафати.

Целта на самостојното одржување е да изврши што е можно повеќе работи од типот 2.

При чистењето се воочуваат слабите места при дневна светлина, кои кај нечистата машина би останале неоткриени, како на пример истекување / капење масло, истекување флуид, незатнатост, изгубена навртка, пукнатина и слична неисправност која што може подоцна да доведе до запирање на работата на машината. Мотото на овој чекор е: "Малите проблеми да се откријат и да се отстранат, пред да создадат големи проблеми".

Втор чекор: Преземање противмерки на изворот на проблемите

Во овој чекор се откриваат причините за масењето / онечистувањето; се подобрува начинот на чистење на деловите кои тешко се чистат со што се тежнее кон намалување на времето потребно за чистење и подмачкување и кон редуцирање или спречување на масењето на системот и неговите делови во иднина. Смерници за реализирање на ова се :

- проверка на причините за масењето;
- отстранување на изворите на масењето;

- контрола и подобрување на системот за ладење и филтрирање на маслото;
- подобрување на чистењето на деловите на системот кои тешко се чистат;
- корегирање на постоечките стандарди за чистење;
- корегирање на постоечките интервали за чистење.

Мотото на овој чекор е: "Подобро е да се спречи замастувањето на машината отколку таа да се чисти".

Трет чекор: Поставување стандарди за одржување. Откако операторите на системот во текот на предходните два чекора ќе се запознаат со состојбата на системот, во третиот чекор треба да се постават стандардите за основните дневни и периодични операции на одржување (на пример, за стандардите за чистење и подмачкување). Особено внимание би требало да се посвети на стандардите за подмачкување, бидејќи недоволното / неправилното подмачкување е најчеста причина за отказ на машините.

Важно е, при поставувањето на стандардите, во нормирањето да учествуваат оние работници кои подоцна ќе работат според нив.

При поставување на стандардите се врши:

- откривање на критичните места, како на пример:
 - подмачкувањето тешко се изведува;
 - состојбата на маслото не може да се провери;
 - проблеми во системот за централно подмачкување;
 - замастување на опремата за време на подмачкувањето;
- контрола на веќе воведеното подобрување;
- тестирање на подмачкувањето;
- периодична инспекција;
- развој на привремени стандарди за чистење и подмачкување;
- доработка на стандардите и нивно оценување;
- воведување на нови стандарди.

Стандардите за чистење и подмачкување не треба строго да се применуваат (не треба системот да се запира исклучиво за нивно

извршување), туку треба да се прилагодат на периодите на веќе воспоставеното превентивно одржување на системот.

Четврт чекор: Воведување општа контрола. Во овој чекор е потребно, преку општа контрола на системот, да се утврди неговата состојба од аспект на одржувањето и тоа на соодветен начин да им се презентира на операторите (ракувачите) на системот. Обуката на операторите на системот се врши врз основа на изготвен прирачник за контрола на системот. При тоа мора да се води сметка операторите на системот да можат соодветно да ги совладаат и да ги извршуваат активностите на одржувањето на системот. Овој чекор одзема релативно многу време, бидејќи сите оператори на системот мора да се оспособат за откривање на отстапувањата (грешките) во работата на системот и за нивно корегирање / отстранување. По овој чекор, првпат се покажуваат охрабрувачки резултати во зголемувањето на вкупната ефективност на погонот (фабриката).

Петти чекор: Самостојна контрола. Во петтиот чекор се подготвуваат и се користат формулари за самостојна контрола. За таа цел, претходно воведените стандарди во првите три чекора за чистење, подмачкување и контрола се доработуваат и со стекнатите искуствата во текот на четвртиот чекор се корегираат. Конечната верзија се усогласува со одделението за одржување со цел да се утврдат одговорностите во одржувањето.

Формуларот за самостојна контрола ги содржи:

- местото на кое се извршени активностите;
- состојбата која треба да се постигне со активноста ;
- методите за постигање на состојбата;
- потребниот алат и други помошни средства;
- времетраење на активноста;
- временскиот интервал на активноста;
- одговорниот за извршената активност.

Шести чекор: Организација и дисциплина. Чекорите од 1 до 5 се однесуваат на активностите на операторите на производните системи. Во шестиот чекор активностите се прошируваат на целата работна средина, од аспект на организирањето на работното место и систематизирање на контролата на одржувањето. Во продолжение е даден пример од стандардите за организација и дисциплината при самостојното одржување:

- **Задача на операторот:**
 - учествува во подготовка на стандарди;
 - се придржува кон стандардите;
 - ги исполнува нормите.
- **Во текот на работа:**
 - олесување на подготовката за работа;
 - визуелна контрола на производите и уредите;
- **Алат и опрема:**
 - лесен пристап до алатот и помошната опрема;
 - придржување кон стандардите за прецизност и одржување.
- **Мерни уреди:**
 - точно функционирање;
 - контрола и коректура на отстапувањата;
 - придржување кон стандардите за контрола.
- **Исправна работа на системите:**
 - контрола на исправната работа на системите кои влијаат врз квалитетот;
 - стандардизирање на контролата.
- **Отстапувања од производната постапка:**
 - контрола на системот за производство;
 - дефинирање на условите за работа;
 - стандардизирање на контролата на квалитетот;
 - подобрување на способноста за решавање на проблемите.

Седми чекор: Целосно самостојно одржување. Седмиот чекор е всушност понатамошен развој на целите и политиката на фирмата и почеток кон постојано подобрување на процесот на производство. Со заедничка работа помеѓу одделението за одржување и производството се прави обид за оптимално искористување на постојечките потенцијали на фирмата. Мотото на овој чекор е: “Постојано подобрување на опремата и квалификацијата на вработените”.

II. Планирани активности на одделот за одржување

Со растоварување од делот на обврските за одржување преземени од операторите на системот, персоналот на одделот за одржување на фирмата се концентрира на задачите како што се:

- собирање податоци за промената на техничката состојба на опремата во текот на експлоатацијата;
- анализа на зачестеноста на отказите, времетраењето на поправките и цената на работната рака и потрошувачката на резервните делови;
- правење програми за превентивно одржување на опремата и стратегија за нејзино безотказно работење;
- намалување на губитоците при работењето;
- замена или поправка (ремонт) на опремата која е клучна за непречено работење на фирмата и правење стратегија за навремено решавање на таквите активности;
- преземање мерки за зголемување на животниот век на опремата и намалување на трошоците на одржувањето;
- отстранување на конструктивните слабости на опремата;
- решавање на проблемите настанати поради зачестени откази / неисправности на опремата.

Активностите кон постојаното подобрување на ефикасноста на фирмата се планираат и се извршуваат тимски, при што, секако, се користат искуствата и предлозите на операторите на опремата и останатиот персонал кој е директно или индиректно поврзан со проблемите на одржувањето на опремата.

III. Постојано подобрување на квалификациите на персоналот

Успешно инволвирање на ТПО е поврзано со постојано подобрување на квалификациите на персоналот (подобрување на вештините во работењето, едукацијата и размена на искуства). Ова може да се реализира преку:

- сфаќањето на потребата за обука како клучен елемент за размена на искуства, идеи, надградба на знаења и меѓусебно однесување;
- поставување на целите на обуката;

- совладување на одредени методи за работа;
- поставување основна рамка за обука и модули за систематска надградба на способноста на персоналот;
- подготовка на програма за обука која ќе ги охрабри нејзините учесници во брзата и успешна практична примена на наученото.

Обуката може да биде организирана за потребите на операторите, за тимовите на одредени одделенија во фирмата или за менаџерите. Обуката се реализира во посебен центар за обука или во фирмата, а треба да ги задоволи потребите на вработените кои ќе бидат инволвирани во примената на сета опрема со која ќе работат.

IV Искористување на опремата

Меѓу целите на ТПО е и намалување на трошоците на животниот циклус на опремата и максимирање на профитот преку:

- погодноста за ракување и користење на опремата;
- погодноста за нејзино одржување;
- вградената надежност на опремата;
- цената на животниот циклус на опремата;
- логистичката поддршка;
- повратните информации од експлоатацијата и контролата.

V. Постојано подобрување на глобалната ефективност на опремата

Целта на овие преземени активности е постојаното подобрување на расположливоста, перформансите и квалитетното работење на опремата и стремеж кон глобална ефективност што поблиска до 100% (види т. 8.3.3). Мотото на оваа активност е “Она што е денес добро нема да биде доволно добро утре”.

8.3.3. Глобална ефективност на опремата

Глобална ефективност на опремата (машината) – *Overall equipment effectiveness (OEE)* е глобален (сеопфатен) показател на квалитетното работење на опремата (системот) во текот на нејзината експлоатација. Се одредува како производ на:

- оперативната расположливост - *Operational availability (A₀)*,
- ефикасноста на опремата - *Performance efficiency (Peff.)* и
- стапката на квалитетно работење - *Quality rate (Y)*

$$OEE = A_o \times Peff \times Y$$

Оперативна расположливост го покажува процентуалното учество на времето на неработењето на машината поради одржување во оперативното време (види т. 6.4). Времето на одржување се однесува на временскиот интервал од престанокот на работата на машината поради отказ до нејзиното повторно пуштање во работа (време потрошено директно на машината плус логистичките доцнења).

$$A_o = \frac{\text{Оперативно време}}{\text{Оперативно време} + \text{Време на одржување}} \quad \text{\%}$$

Целта на успешните фирми е оперативната расположливост да биде поголема од 90%.

Ефикасноста на опремата зависи од средното време на работниот циклус, количеството произведени парчиња и нето оперативното време на системот, а се одредува според изразот:

$$Peff = \frac{\text{Средно време на раб. циклус} \times \text{Количество производи}}{\text{Нето оперативно време}} \quad \text{\%}$$

Оваа формула е корисна при одредување на падот на капацитетот на опремата. Кај фирмите од светска класа овој параметар е поголем од 95%.

Стапка на квалитетно работење на системот (Y) го покажува процентуалното учество на квалитетните производи во вкупното количество производи на системот

$$Y = \frac{\text{Количество квалитетни производи}}{\text{Вкупно количество производи}} \quad \text{\%}$$

Образецот се користи при лоцирање на проблемот со квалитетот на производите. Кај фирмите од светска класа овој параметар е 99%.

Глобална ефективност на опремата е бенчмарк кој што е застапен во програмите за одржување на фирмите од светска класа. Таа при $A_0 = 0,9$; $P_{eff} = 0,95$, $Y = 0,99$ е:

$$OEE = 90\% \times 95\% \times 99\% = 85\%$$

Од горепрезентираните податоци се гледа дека расположливоста на опремата, во споредба со останатите чинители на нејзината глобална ефективност, е основен фактор за подобрување на ефективната продуктивност на опремата.

На следниов пример е даден начинот на одредување на глобалната ефективност на опремата.

Пример:

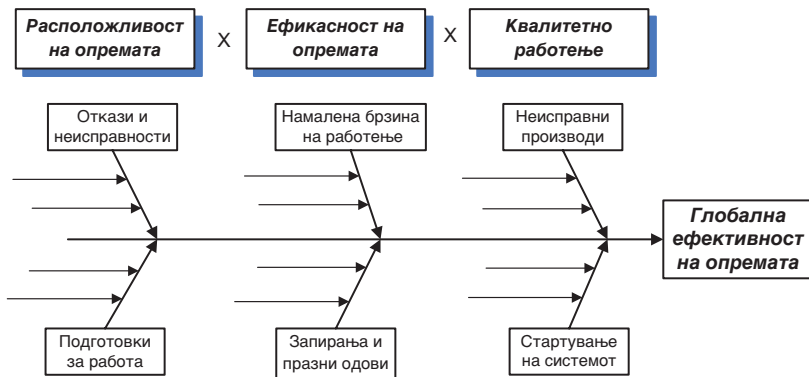
Преса во текот на една недела, работи во 15 смени. Смената трае 8 часа. Планираните прекини во работата на пресата во текот на една недела поради оброци, смена на работници и состаноци изнесува 250 мин. Поради корективни одржувања во текот на една недела, пресата е вон погон 4640 мин.

Средно (проектирано) времетраење на еден работен циклус на пресата е 0,109 мин/парче. За време на една недела пресата произвела 15906 парчиња од кои 558 биле неисправни (шкарт).

Според овие податоци, да се пресмета расположливоста, ефикасноста, стапката на квалитетно работење и глобалната ефективност на пресата и да се спореди со иста таква преса која што има застој поради одржување во текот на неделата од 695 минути и при тоа создала 545 неисправни парчиња.

	Преса 1	Преса 2
1	Бруто работно време (8h x 60 min = 480 min) x 15 смени = 72000 min - (tb)	
1a	72000 min	72000 min
2	Прекини во работа (јадење, примопредавање, состаноци) - (tp)	
2a	250 min	250 min
3	Нето работно време (tn = tb - tp)	
3a	6950 min	6950 min
4	Време за одржување (tod)	
4a	4640 min	695 min
5	Стварно (оперативно) работно време (tst = tn - tod)	
5a	2310 min	6255 min
6	Раположливост на опремата (Ao = $\frac{t_{st}}{t_{st} + t_{od}} \times 100$)	
6a	33 %	90 %
7	Количество произведени производи (K)	
7a	15906 парчиња	54516 парчиња
8	Средно времетраење на еден работен циклус (C)	
8a	0,109 min / парче	0,109 min / парче
9	Ефикасност (Peff = $\frac{C \times K}{t_{st}} \times 100$)	
9a	75 %	95 %
10	Неисправни производи (Sk)	
10a	558 парчиња	545 парчиња
11	Стапка на квалитетно работење (Y = $\frac{K - S_k}{K} \times 100$)	
11a	96,8 %	99 %
12	Глобална ефективност на опремата OEE = Ao x Peff x Y	
12a	OEE=0,33.0,75.0,968 =0,24=24 %	OEE=0,90. 0,95. 0,99=0,85=85 %

Примерот покажува колкави можат да бидат разликите помеѓу чинителите на глобалната ефективност на опремата кај просечните фирми и фирмите од светска класа.



Сл. 8.3. Фактори кои влијаат на глобалната ефективност на опремата

Нивните вредности укажуваат на операторите, одржувачите и останатите во тимот за тотално продуктивно одржување (TPM), на што треба да се фокусираат нивните напори за намалување на класичните губитоци коишто можат да произлезат од:

1. појавата на отказите и неисправностите;
2. подготовките за работа на системот и повремени прекини на работа поради потребните подесувањата или контроли;
3. намалената брзина на работењето;
4. честите запирања и празните одови;
5. производство на неисправни производи, производи со послаб квалитет или производи кои треба да се доработуваат;
6. намален квалитет или производство од моментот на стартување на системот до стабилизирање на процесот на производство.

Првите два губитока делуваат врз расположливоста на системот, вторите два на неговата ефикасност (на перформансите), а последните два на стапката на квалитетно работење на системот (види сл. 8.3).

Дел 9

ПОВРАТНИ ИНФОРМАЦИИ ЗА НЕИСПРАВНОСТИ / ОТКАЗИ

9.1. Вовед

Информациите за неисправностите / отказите се добиваат за време на лабораториските или полигонските испитувања или од експлоатација на системот. Податоците од експлоатација имаат најголема вредност, бидејќи се однесуваат на појавата на неисправностите / отказите и нивното отстранување во реални експлоатациони услови. Собраните информации се користат за повеќе цели меѓу кои се:

- откривање на конструктивните недостатоци и недостатоците во производството со цел да се подобри надежноста или погодноста за одржување на системот / елементот,
- откривање на интензитетот на неисправностите / отказите во текот на работниот век на системот,
- статистичка обработка на информациите со цел да се изврши прогнозирање на надежноста и времето на поправките во иднина,
- ревизија на планот за снабдување со резервни делови,
- планирање на обемот на работата на одржувањето и др.

9.2. Видови информации

Информациониот систем за неисправностите / отказите треба да се темели на тесната соработка помеѓу производителот и корисникот на системот. Начинот на соработката би требало писмено да биде дефинирана помеѓу двете страни, при што производителот, со одредени бенефиции, му се оддолжува на корисникот за негово ангажирање при собирањето на податоците. За собирањето податоци се изготвува формулар за известување на настанатите неисправности / откази кој, во општ случај, треба да содржи:

- идентификациони податоци за системот / склопот / елементот. Овие податоци се земаат од плочката за идентификација на системот / склопот или се врши описна идентификација (на пример: лежиште на предно лево тркало),
- видот на неисправноста / отказот: дали е случаен, конструктивна или производствена грешка или грешка поради лошо ракување, дали се работи за неисправност / отказ кој што е примарен или секундарен (произлезен од неисправноста или отказот на друг потсистем во системот),
- природата на отказот: изабеност, замор на материјалот, старост, прекин или куса врска на електрична струја и сл.,
- условите на работа при коишто настанала неисправноста / отказот. Доколку се тие променливи, се наведуваат состојбите за време на нивната појава (висока / ниска температура, вибрации, прашина, преоптовареност на системот и др.),
- времето на работа до појава на неисправноста / отказот (поминати километри, работни часови, работни циклуси и сл.),
- времетраењето на отстранувањето на неисправноста / отказот - пасивното и активното време,
- начинот на отстранувањето на неисправностите / отказите - со замена, подесување или поправка,
- користени уреди и инструменти,
- употребени резервни делови,
- персоналот којшто учествувал во отстранување на неисправноста / отказот.

Формуларот за собирање информации треба да биде разбирлив и прилагоден на квалификациското ниво на персоналот којшто треба да го пополнува. Доколку формуларот е тешко разбирлив, најверојатно тој нема да биде точно или комплетно пополнет. Со оглед на тоа што бележењето на податоците во формуларот може да се врши и под разни неповолни работни услови, се препорачува тој да има само една страница за пополнување.

Информациите за неисправностите / отказите во формуларот можат да бидат кодирани со што се овозможува нивна компјутерска обработка - класификација. За да се олесни работата на аналитичарот на неисправностите / отказите, во формуларот треба да постои простор

во кој, за одредени специфични неисправности / откази, ќе се даде дополнителен опис.

Собирањето информации создава одреден трошок за производителот и корисникот на системот. Сепак, направените трошоци од информацискиот систем, најверојатно, ќе бидат покриени доколку информациите се точни и квалитетни и доколку врз основа на нив се преземат корективни мерки за подобрување на надежноста, одржувањето или намалување на трошоците на животниот циклус на системот.

Собирањето комплетни и точни податоци е од извонредна важност, при што треба да се земат предвид квалификацијата, компетентноста и мотивираноста на лицата кои ја вршат таа работа. Меѓутоа, некогаш се добиваат неточни или неквалитетни информации или тие воопшто не се добиваат. Тоа може да се случи доколку персоналот за одржување не ја знае целта на собирањето информации од експлоатација или не е задоволен од работните услови, неадекватните инструкции за одржување на системот, нереалните норми за извршување на операциите на одржувањето и сл. Така на пример, секундарната неисправност ќе се регистрира како примарна; при дијагнозата ќе се откријат двете неисправни компоненти, но секогаш не се открива која прво се случила. Во формуларот за известување на неисправностите / отказите потребно е да се опише механизмот на нивната појава. Фразите од типот "скината мембрана" или "заглавен вентил", без дополнително објаснување, не се секогаш полезни. Ваквата состојба се избегнува со користење на покомплексни упатства за одржување (прирачници) и подобра обученост на персоналот за одржување.

Зачестената појава на одредена неисправност / отказ укажува на можноста за користење на лоши резервни делови (нивни производни или конструктивни пропусти), необученост на персоналот за одржување, некористење на специјален алати или уреди, лоша постапка при поправката, недоволна контрола на работата, грешки при ракувањето со системот.

Во најголем број случаи се добиваат податоци за неисправностите / отказите, но без податоци за времето (поминатите километри, часови работа) помеѓу поправките и времето кога делот / склопот е заменет. Без такви податоци не може да се одреди интензитетот на отказите, да се прогнозира надежноста на елементот / системот и оптималното снабдување со резервни делови. Времето на работата до појавата на неисправноста / отказот е показател за природата на неисправноста / отказот (ран отказ, случаен или старосен отказ).

За одредување на расположливоста на системот се користат податоците за времетраењето на поправката, при што треба да се прави разлика помеѓу активното време на поправката и времето потрошено за подготовка на поправката.

9.3. Парето анализа на информациите

По собирањето на информациите за неисправностите / отказите тие се обработуваат и се анализираат. Притоа се користат разни техники. На пример, за откривање на најчестите неисправности / откази се користи Парето анализа. Освен рангирањето на зачестеноста на поедините неисправности / откази се прави Парето анализа и според цената на поправките (времето потребно за поправката и цената на резервните делови).

Искуството покажало дека најчестите проблеми во секојдневното живеење произлегуваат од мал број причини. Италијанскиот економист *Vilfredo Pareto* тргнал од ова сознание кога, кон крајот на 19-от век, сакал да ја открие распределбата на богатството на неговата земја. Тој констатирал дека 80 до 90 проценти од богатството на Италија е во рацете на 10 до 20 проценти од населението. Слична распределба емпириски е потврдена како точна во многу други области. На пример, околу 20 % од можните причини за откази во техничките системи предизвикуваат околу 80% неисправности. Со други зборови, во многу случаи, најголемиот број неисправности произлегуваат од релативно мал број причини. Таквиот пристап кон решавање на проблемите станал познат под името Парето правило или правило 80/20, а активностите во врска со техниката на собирање, графичкото презентирање и анализирање на податоците - Парето анализа.

Парето анализата е широко распространета во тимскиот приод кон подобрувањето на квалитетот на производите и услугите. За секој проблем, генерално, постојат повеќе различни причини. Интензитетот на влијанието на причините врз проблемот, често пати, не е познат, поради што се отежнува негово решавање. Парето анализата овозможува идентификување на највлијателните причини.

Проблемите од областа на квалитетот на производите, на пример, можат да бидат: отказите, неисправностите на машините уредите, шкарт производите или производите кои треба да се доработат и сл. Трошоците што произлегуваат од некавалитетните производи е можен дополнителен предмет на Парето анализа.

Постапката на Парето анализата и цртањето на Парето дијаграмот ќе бидат презентирани преку следниов пример:

Пример: Производител на машини за перење алишта извршил класификација на рекламациите на неговиот производ во текот на гарантниот период. Регистриран е бројот на рекламациите за рекламиран склоп или елемент и просечниот трошок (цената) на рекламацијата.

Очигледно, производителот на машината за перење алишта прави анализа со цел да ги открие најчестите рекламации и рекламациите што му прават најголем трошок. Во продолжение ќе биде направена Парето анализа на рекламираните склопови / елементи, а анализата која се однесува на трошоците за рекламациите може да се направи, на сличен начин, како пример за вежбање.

Табела 1

Склоп / елемент	Број на рекламации	Цена на рекламацијата €
Пумпа	247	890
Ел. мотор	786	4560
Грејач	432	250
Механизам за врата	3838	120
Црева	2142	110
Регулатор	364	670
Барабан	115	1850
Ел. вентил	253	440

По регистрирањето на бројот на рекламациите (види таб. 1) се прави табела во која рекламациите се поредени по растечки редослед на нивната застапеност (види таб. 2). Во третата колона на табелата се пресметани релативните зачестености на рекламациите во проценти. На пример, релативната зачестеност на рекламацијата “механизам за врата” е $(3838 / 8177) \times 100 = 46,94 \%$. Кумулативната зачестеност на рекламациите е во последната колона на табелата.

Визуелната презентација на резултатите од таб. 2, односно Парето дијаграмот, е даден на сл. 9.1. Релативните зачестености на рекламациите на склоповите / елементите се соодветни на висината на столбчињата во дијаграмот.

Треба да се напомене дека при цртањето на дијаграмот, широчината на столпчињата (и растојанијата помеѓу нив - доколку се цртаат со меѓупростор) треба да е еднаква.

Табела 2

Склоп / елемент	Број на рекламации	Релативна зачестеност %	Кумулативна зачестеност %
Механизам за врата	3838	46,94	46,94
Црева	2142	26,20	73,14
Ел. мотор	786	9,61	82,75
Грејач	432	5,23	87,98
Регулатор	364	4,45	92,43
Ел. вентил	253	3,09	95,52
Пумпа	247	3,02	98,54
Барабан	115	1,40	100,00
Вкупно:	8177		

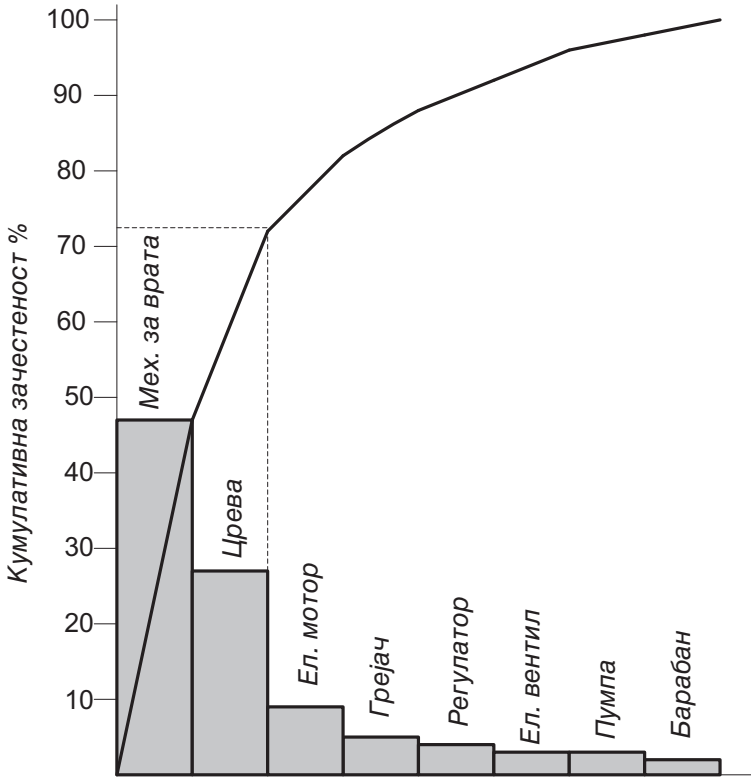
Од таб. 2 и од дијаграмот на сл. 9.1 може да се заклучи дека, првите две рангирани рекламации: механизмот за врата и цревата сочинуваат 73 % од вкупните рекламации на машината за перење алишта. Тоа му укажува на производителот дека бројот на рекламациите значително ќе се намали доколку се решат проблемите со механизмот за вратата и цревата. Тоа не значи дека рекламациите од останатите склопови и елементи треба да се занемарат. Напротив, доколку нивното решавање е релативно лесно, тоа треба да се реши, не чекајќи го решавањето на најзастапените рекламации.

Парето анализата овозможува да се одвојат малубројните проблеми коишто често се јавуваат од многубројните, но поретките проблеми. По лоцирањето на проблемите, потребно е да се откријат причините за нивната појава, со што се овозможува нивно решавање.

По решавањето / ублажувањето на причините за одредена неисправност / отказ полезно е да се анализира промената на интензитетот на отказот во текот на времето; дали се намалува, се зголемува или останува непроменет.

Намалувањето на интензитетот на отказите во раниот период на експлоатација укажува на понатамошно присуство на раните неисправности / откази. Таквите неисправности / откази можат да се

елиминираат или да се сведат на минимум со зголемена внатрешна контрола во текот на производството на системот / компонентата.



Сл . 9.1. Парето - дијаграм (пример)

Порастот на интензитетот на отказите во подоцнежниот период на експлоатација укажува на присуство на неисправности / откази чијашто појава е предизвикана од старосните промени во системот. Интензитетот на таквите откази, со одредени конструктивни или производствени измени на делот / склопот или со воведување на дополнителни превентивни мерки на одржување, може да се помести за подоцна.

Непроменет интензитет на откази, и покрај преземени мерки за зголемувањето на надежноста, укажува на неделотворноста на таквите мерки.

9.4. Анализата на причините и последиците

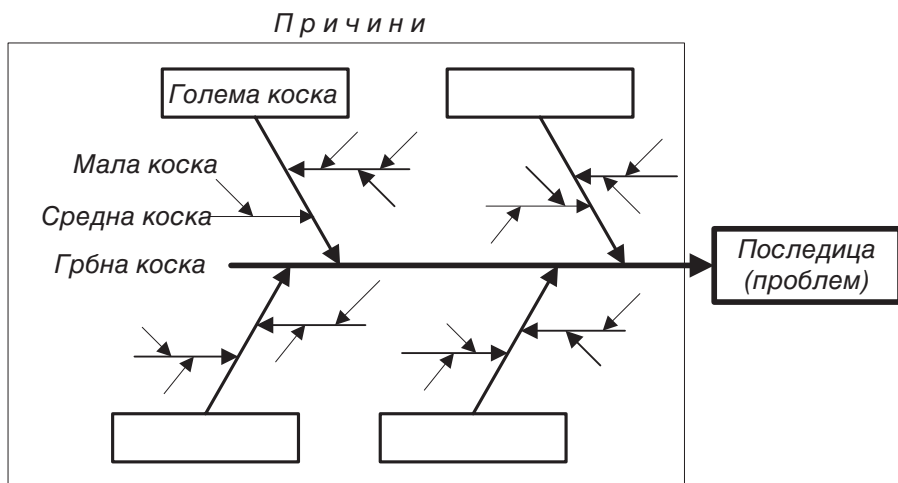
Анализата на причините и последиците (*Cause and effect analysis*) е метод за откривање на меѓусебната врска помеѓу проблемот и можните причини за негова појава. Со други зборови, тоа е алатка за идентификување на причините за одредена последица (проблем). Техниката на ваквата анализа се темели врз користење на дијаграм за причини и последици и на бреинсторминг-методот.

Дијаграмот на причини и последица, уште се нарекува Ишикава дијаграм (по професорот *Kaoru Ishikawa*) или дијаграм на рибина коска (според изгледот на дијаграмот). На сл. 9.2 е дадена структурата на дијаграмот за причини и последица. Најнапред, на “рбетот / грбната коска”, во правоаголник, се впишува последицата (ефектот), а кон нејзиниот крај се исцртуваат “ребрата - големите коски” на чии краишта, исто така во правоаголници, се впишуваат главните (примарните) причини за последицата. Секундарните причини кои влијаат на примарните, се испишуваат на “средните коски”, а факторите коишто влијаат на секундарните причини (терцијалните причини), доколку ги има, се испишуваат на “малите коски”. Процесот на исцртување на дијаграмот продолжува сè додека не бидат вклучени сите можни причини.

Проблемот треба да биде јасно поставен и концизен. На тој начин се избегнува нецелосното идентификување на причините за проблемот. Бројот на дијаграмите треба да биде еднаков на бројот на проблемите. На пример, проблемите во врска со тежината и должината на производот би требало да се решава со два одвоени дијаграми за причини и последици. Обидот, повеќе проблеми да се решаваат со еден дијаграм, го прави дијаграмот гломазен и компликуван, поради што се отежнува решавањето на проблемите.

Бреинсторминг (*brainstorming*) е метод за генерирање идеи за решавање на проблемот. Група компетентни луѓе, на заеднички состанок, предлагаат различни идеи за решавање на проблемот. Во фазата на давање предлози за решавање на проблемот, идеите не треба да бидат критикувани или омаловажувани. Сите предложени идеи се впишуваат на соодветните места (коски) на дијаграмот.

Откривањето на причините за проблемот не е секогаш лесна работа. При барањето причини за проблемот, треба да се обрне внимание на нивната променливост (варирањето).



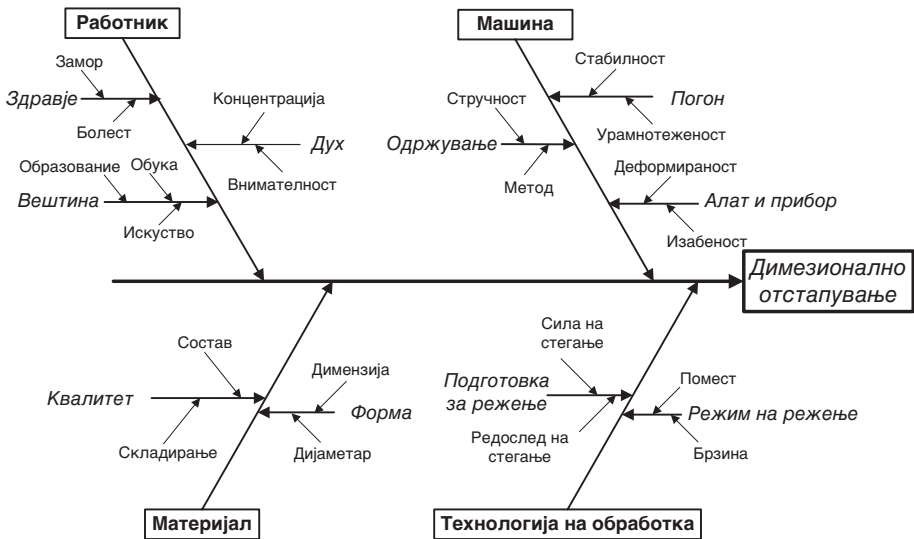
Сл. 9.2. Структурата на дијаграмот за причини и последица

Доколку податоците покажуваат дека постојат варирања, треба да се открие причината / причините за тоа, бидејќи варирањата на последицата (проблемот) мора да се предизвикани од варирањата на причините (факторите).

На пример, при изготвување на дијаграм на причини и последица кој се однесува на одреден отказ / неисправност, откриено е дека зачестеноста на отказите во различни денови на неделата е различна. Доколку се констатира дека отказите се почести во понеделниците отколку во останатите денови во неделата, логички се наметнува прашањето “Зошто тоа се случува во понеделник?”. Поради тоа се истражуваат факторите што понеделникот го прават различен од останатите денови што евентуално би водело кон откривање на причината за отказите.

На сл. 9.3 е даден пример на дијаграм на причини и последица, кој се однесува на анализата на причините чија последица е димензионалното отстапување при машинска обработка на машински елемент, или, со други зборови, анализа на причините за отстапување на толеранциите на диманзиите на машински изработеното парче од зададените димензии (толеранции).

Полезно е, после состанокот на групата, забележените идеи неколку дена да останат запишани на табла за да може секој кој е инволвиран во проблемот да допише дополнителен предлог. Овој период се нарекува “период на инкубација”. За време на тој период созреваат мислењата за решавање на проблемот.



Сл. 9.3. Дијаграм на причини и последица (пример)

После периодот на инкубација, групата за решавање на проблемот критички ги анализира запишаните предлози со цел да ги лоцира најверојатните причини за појава на проблемот. По периодот на инкубацијата, членовите на групата, најверојатно, ќе заборават кој ги дал предложените идеи, па се очекува критиките на предложените идеи да бидат реални, бидејќи послободно се критикуваат идеите отколку луѓето кои што ги предложиле.

Следниот чекор по комплетирањето на дијаграмот на причини и последица е рангирањето на важноста на секој фактор. Сите фактори во дијаграмот немаат еднакво силно влијание врз проблемот. Особено треба да се обрне внимание на оние фактори чие влијание е доминантно. На дијаграмот треба да се наведат информации како што се: името на производот, или процесот, списокот на учесниците во изготвувањето на дијаграмот, датум и сл.

Дел 10

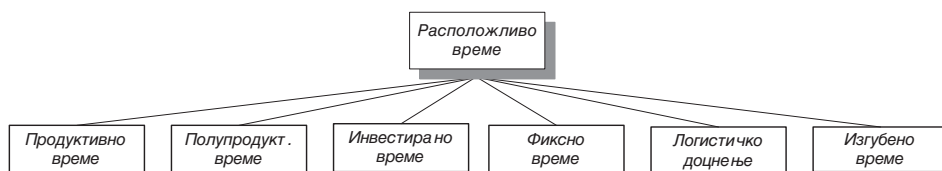
ПРОДУКТИВНОСТ НА ОДРЖУВАЊЕТО

10.1. Вовед

Продуктивност е способност на работниот колектив или на поединецот за одредено време да произведе одреден број употребни вредности, количество производи или да изврши одреден број услуги. На продуктивноста влијаат повеќе фактори како што се работната сила, нејзината економска стимулација, организацијата на работата, техничките средства за производство и услуги и др. Во продолжение ќе стане збор за влијанието на некои од овие фактори врз продуктивноста на одржувањето на технички систем.

10.2. Искористеност на работната сила во одржувањето

Генерално, персоналот за одржување е платен 40 часа неделно (5 дена по 8 часа дневно) или 2080 часа годишно (52 недели по 40 часа неделно) за извршување на активностите на одржувањето на машините и уредите. Тоа расположливо време не е целосно продуктивно, тоа не е време директно искористено на одржување на машината туку, се користи и се губи на други активности поврзани со одржувањето или лични активности на вработените. На сл. 10.1 е дадена типична структура на времињата кои влијаат на продуктивноста на персоналот за одржување.



Сл.10.1. Структура на времињата кои влијаат на продуктивноста за одржувањето

Според моделот на сликата, расположливото (платеното) 40-часовно неделно работно време може да се подели на:

- *продуктивно време* е време потрошено директно на одржување на машината / опремата (*wrench-turning time*). Ова време е креативно време на пересоналот за одржување.
- *полу-продуктивно време* е време потрошено на патување - непродуктивно време, кое може, но не мора, да влезе во цената на интервенцијата за одржување;
- *инвестирано време* е време инвестирано за обука на кадарот, подготвителни состаноци и лични активности во врска со одржувањето;
- *фиксно време* е време дефинирано со Законот за работните односи: прекини во работата во текот на работниот ден (миења, туширање, ручек, кафе пауза) годишни одмори и празници;
- *време на логистичко доцнење*, акумулирано време за кое не можат да бидат извршени активностите на одржувањето поради немање резервни делови, стручни лица, уред за дијагноза и сл.,
- *изгубено време* е време на чекање за интервенција, чекање на распоред за работа, чекање на погодни услови за работа диктирани од околината, боледување и сл.

Оттука произлегува дека од платеното 40-часовно неделно работно време (52 недели x 40 часа = 2080 часа годишно), треба да се одземе 3 недели за годишен одмор по 40 часа, односно 120 часа, 10 дена годишно за празници по 8 часа - 80 часа и 5 дена годишно за боледување по 8 часа - 40 часа или вкупно 240 часа. Според тоа, потенцијалните 2080 часа се намалуваат на 1840 часа годишно или на 46 недели.

Овие 1840 часа се редуцираат поради прекини во работата во текот на работниот ден (миења, туширање, ручек, кафе-пауза). Ова време изнесува околу 1 час дневно; 5 часа неделно, а во текот на 46-те недели тоа изнесува 230 часа изгубено време.

Според тоа, на време за активностите на одржувањето остануваат 1610 часа (2080 минус 470 часа) или околу 40 недели, а тоа изнесува намалување на продуктивноста во старт за 23% (или $1610 / 2080 = 0,77 = 77\%$)

10.2.1. Менаџирање со бројноста на персоналот за одржување

Потребниот број луѓе за одржување се добива кога планираниот годишен обем на работа на одржување, изразен во часови, се подели со 1610 часа. За зголемувањето на продуктивноста на вработените во одржувањето се препорачува таа бројка да се намали за 10%. Со оглед на непредвидливата природа на појавата на отказите, можат повремено да се појават поголеми ангажирања за одржување на системот од планираните. Зголемената потреба од работа за одржување може да се надмине со разумна распределба на работните задачи, со прекувремена работа или со ангажирање луѓе однадвор.

Прекувремената работа на службата за одржување е една од најдобрите начини за зголемување на расположливоста на системот. Сепак, прекувремената работа подолга од 10 часа дневно го “согорува” работникот и доколку таквото работно темпо се одолжи на повеќе дена, неговата продуктивност опаѓа. Се смета дека оптимална прекувремена неделна оптовареност не би требало да биде поголема од 10%, односно вкупното неделно работно време да изнесува 44 часа.

Треба да се има предвид дека при ангажирање луѓе однадвор, не може од нив да се очекува веднаш да работат со таква продуктивност како “домашните” работници. На новопримениот работник му е потребно време, стручна помош и обука за да ја достигне саканата продуктивност. Процесот на нивното ангажирање и “созревање” треба да е усогласен со приливот на работните потреби на службата за одржување.

Учеството во одржувањето на зголемен број луѓе за кои нема доволно работа може да биде контрапродуктивно. Во таква состојба, доколку не се води контрола, може да се случи персоналот сам да создава екстра непланирана и во моментот непотребна работа врз системот. На тој начин, за да се прикаже зафатеност со работа на одржување на системот, системот непотребно се оптоварува со трошоци и зголемени застои во работењето. Во продолжение, на пример на возен парк, даден е начинот за пресметка на бројот на одржувачите.

Пример: Претпријатие има возен парк со 600 возила. На секое возило, просечно, му се потребни 30 часа/годишно за одржување, тоа се 18000 часа годишно за целиот возен парк. Ако продуктивното работно време на секој механичар е 1610 часа годишно, тогаш ќе бидат потребни: $18000 / 1610 = 11$ механичари за одржување на возилата.

Доколку работите се изведуваат во една смена, тогаш работните часови кои на еден работен пункт во работилницата за одржување возила може годишно да се реализираат, се добиваат како производ од работното време во една смена и бројот на работни денови во годината. Ако бројот на работните денови во годината се земе дека е 250 тогаш на него може да се реализираат $8 \times 250 = 2000$ часа годишно. Оттука бројот на потребните работни пунктови е $18000 / 2000 = 9$ работни пункта. Доколку се работи во две смени, бројот на работните пунктови се преполовува.

За зголемувањето на продуктивноста на вработените во одржувањето, се препорачува бројот на потребните механичари да се намали за 10%. Треба да се има предвид дека повеќето механичари ќе ја достигнат продуктивноста од 1610 часа после неколку години искуство. Тоа менаџерот мора да го има предвид и да ги стимулира обуката и тренинзите. Работењето со 10% помалку персонал од потребите може да биде прифатливо доколку зголемениот обем на работа се завршува со прекувремено ангажирање на вработените или со користење на надворешните услуги. Доколку се намалува бројот на возилата во возниот парк, се намалува и потребата од работна рака. Воведување нови или ремонтирани возила во возниот парк може да има ист таков ефект преку намалувањето на вкупната (глобалната) старост на возниот парк.

Прекувремената работа на службата за одржување, како што беше споменато е еден од најдобрите начини за зголемување на расположливоста на возниот парк. Во случај на прилив на поголем обем на работа за одржување, менаџерот треба да процени на кој начин да ги обезбеди потребниот број работни часови за одржување. Нека, на пример, на менаџерот му се дадени две можности за избор:

- да вработи во смена 5 работници по 44 часа неделно = 220 часа, или
- да вработи во смена 6 работници по 40 часа неделно = 240 часа,

Во првиот случај, на 5-те работници треба да им се платат 20 часа прекувремена работа, а во вториот случај 6 работници ќе работат без прекувремено работно време. На менаџерот е да одлучи дали има реална потреба од 20 часа со прекувремената работа на 5-те работници, или 40 часа добиени со полно работно време на 6-те работници.

Прекувремената работа треба внимателно да се испланира. Работниците стануваат непродуктивни кога од нив се бара да

работат 50 или 60 часа неделно, во текот на неколку недели. Подобрo е да се работи 10 часа дневно во текот на 5 дена отколку 6 дена по 8 часа дневно. Оптимално време за прекувремена работа неделно е не повеќе од 10% од редовното работно време, т.е. 44 часа неделно.

10.2.2 Контрола врз незавршената работа

Менаџерот за одржување мора да има контрола врз незавршената работа врз машините. Губењето на таквата контрола може да доведе до парализирање на работата во работилниците за одржување, поради генерирање на повеќе работа отколку што службата за одржување може да прифати. Тоа води до зголемување на застоите на машините, возилата или мобилната механизацијата и до намалување на нивната расположливост. Таквата состојба може да настане поради:

- лошо планирање на работите;
- зголемениот интензитет на експлоатација на машините;
- застарен машински парк;
- немање резервни делови;
- немање доволен простор за работа (за возила или мобилната механизација);
- недоволна или слаба обученост на персоналот.

Излезот од ваквата состојба може да се бара преку прекувремена работа, ангажирање надворешни работници или користење на услуги на други работни организации.

За да не дојде фирмата во ваква ситуација, потребно е да постои координација и заедничко планирање на одделот за одржување со останатите сектори: производство, логистика и др. Менаџерот за одржување, од своја страна, треба да ги планира дневните активности на одржувањето и притоа треба:

- да ги евидентира потребите (нарачките) за одржување;
- да направи листа на приоритетните активности;
- да евидентира колку и кои луѓе ги има на располагање тој ден;
- да провери кога во текот на денот можат да се извршат работите;
- да провери дали ги има потребните резервни делови.

10.2.3. Вреднување на продуктивноста на одржувањето

Вреднувањето на продуктивноста на одржувањето може да се изврши според оперативната продуктивност на одржувањето и ефикасноста на операциите на одржувањето.

Оперативната продуктивност (P_o) покажува колку од платеното 8-часовно бруто работно време е искористено за оперативно одржување. Во оперативното време на одржувањето покрај продуктивното време за одржување директно на машината, се вклучува патувањето до објектот за одржување и времето на логистичкото доцнење на одржувањето. Оперативната продуктивност се одредува од односот на оперативното време и бруто работното време:

$$P_o = \frac{\text{Оперативно време}}{\text{Бруто раб. време}} \%$$

На пример, ако оперативното време е 6 часа, оперативната продуктивност на одржувањето е $P_o = 6 / 8 = 0,75$ односно 75%.

Ефикасноста на операциите на одржувањето може да се процени со делење на стандардното време за извршување на одредена операција на одржувањето со оперативното (стварно потрошеното) време за извршување на таа операција.

$$E_{ff} = \frac{\text{Стандардно време}}{\text{Оперативно време}} \%$$

Ефикасноста на одржувањето зависи од времето инвестирано за обука на кадарот, тренинзите и личните активности и искуства на вработените во одржување. Стандардните времиња за одредени операции на одржувањето ги дава производителот на системот, но тие можат да бидат и интерни, одредени од службата за одржување на системот врз основа на сопствени искуства или мерења во одредени работни услови. Продуктивноста е задоволувачка доколку оперативните времиња се помали или еднакви на стандардните времиња.

10.3. Аутсорсинг во одржувањето

Порано се сметаше за нормално секое претпријатие да биде независно од услугите на одржувањето од другите фирми. Персоналот за одржување работеше сè сам; ги извршуваше и оние работи за

кои немаше никаква економска смисла. Меѓутоа, почна да важи правилото: фирмите да го работат она што знаат и можат квалитетно, брзо и ефтино да го извршат. Во контекст на ова прашање воведен е и поимот аутсорсинг (*Outsourcing – Outside Ressource Using*) којшто значи користење на надворешни ресурси за извршување на работи во фирмата.

Во овој случај се поставува прашањето кои активности во одржувањето да се препуштат на надворешна фирма. Понекогаш се смета дека аутсорсингот е решение за сите проблеми во одржувањето во фирмата. Меѓутоа, примената на аутсорсингот треба да се изврши одмерено и притоа, меѓу другото, да се води сметка менаџментот на фирмата да не ја изгуби контролата врз одржувањето на своите капацитети.

Меѓу активностите на одржувањето за кои може да се бара извршување или поддршка однадвор се: чистењето, опслужувањето, контролата и дијагностиката, поправките и ремонтите; како и за извршување или барање совети за специјални работи какви што се: монтажата и демонтажата, модернизирањето, санирањето, реконструкцијата и отстранувањето на машината (опремата) од употреба.

Генерално, активностите кои поретко се извршуваат, а за чие извршување е потребно одредено специјално знаење, алат или опрема, би требало да се препуштат на специјализирани фирми за такви активности. Домашниот персонал за одржување не може квалитетно и евтино да ги извршува ретките специјални операции на одржување. Набавката на потребниот специјален алат и опрема и обуката на свои луѓе за таквите операции зависи од капиталот на фирмата и од програмата за нејзиниот развој.

Меѓутоа, при донесувањето на конечната одлука за аутсорсингот, треба да се имаат предвид и предностите кога одржувањето се врши со свој персонал, а тие се: расположливоста на луѓето и во случај на непланирани потреби за одржување, како и специфичните познавања и искуства стекнати при одржувањето на сопствената опрема и машините. Областа на одржувањето со сопствениот персонал, обично, се традиционалните активности на одржувањето: контролата, опслужувањето и поправките како и едноставните демонтажно - монтажни работи.

Аутсорсингот може да се примени како заедничка активност на одржувањето со потенцијалот за одржување на домашната фирма. Таквиот заеднички настап би можел да биде оптимално решение за намалување на трошоците за одржување и воедно можност

за воведување нови знаења и технологии преку ангажирањето на надворешните фирми.

Во продолжение, на примерот на работна организација за одржување возила или мобилни механизациони машини, ќе бидат разгледани активностите на одржувањето од аспект на аурсор-сингот. Активностите на одржувањето на овој вид машини се :

- секојдневното одржување и опслужување;
- интервенции на возилата / машините на пат / на терен
- контрола и дијагностика на основните системи на возилата /машините;
- превентивно одржување;
- корективно одржување;
- верификација на извршените работи и повторно активирање.

Се препорачува првите три активности да бидат активности на домашната служба за одржување. Откажувањето од тие активности значи откажување од контролата со управувањето на возниот парк / механизацијата. Тоа не значи дека за некои активности не треба да се побара помош и надвор од претпријатието.

Секојдневното одржување и опслужување миене, снабдување со гориво, замена на ситни делови - светилки, бришачи и сл. е секојдневна активност која може да биде отстапена и на надворешни фирми кои ќе бидат ангажирани во претпријатието.

Интервенциите на возилата / машините кои се на пат / терен мора да ги извршува високостручна домашна екипа која го познава возилото / машината и неговиот историјат на одржувањето. Таа мора брзо да интервенира и за кусо време да одлучи дали возилото / машината може да се оспособи на самото место или треба да се исклучи од експлоатација поради отклонување на отказот. Евентуалниот аутсорсинг може да се изврши со фирми со кои постои тесна соработка.

Дијагностиката и контролата на возилата / машините му овозможуваат на менаџментот да има увид во нивната техничка состојба. На тој начин е овозможено оптимално планирање на нивната експлоатација и одржување.

Операциите на превентивното одржување кои не се вршат често и не траат долго време (замена на масло, филтри, разни подесува-

ња, контроли и сл.) би требало да се вршат дома, а не надвор од претпријатието.

Пообемните превентивни и корективни интервенции: поправки, замени и ремонти на одредени агрегати (мотор, елементи на трансмисија и сл.), каросериските работи, фарбањето, протектирањето пнеуматици - интервенции и операции за кои е потребна посебна опрема, технологија и знаење, би требало да се препуштат на специјализирани фирми - кооперанти. Извршените работи и повторното активирање на системите по ваквите интервенции треба да е под надзор на домашни лица.

Дел 11

БЕНЧМАРКОВИ ВО ОДРЖУВАЊЕТО

11.1. Вовед

Целта на секоја работна организација (претпријатие / институција) е, со нејзините производи или услуги, да заземе што подобра позиција на пазарот. Оттука произлегува актуелноста на прашањето за нејзиното место меѓу останатите фирми од истата бранша, а особено нејзината позиција во споредба со позицијата на нејзините конкуренти. Бенчмаркинг е начин на споредување на сопственото работење со најдоброто работење со цел да се заземе врвна позиција во бизнисот.

Изразот бенчмарк *"benchmark"* потекнува од геодезија. Со него се означува референтна точка со чија помош се одредуваат позициите на останатите точки во просторот.

Многу фирми мислат дека се подобри отколку што реално се. Со бенчмаркингот се открива големината на јазот меѓу компаниите од истата бранша. Со поглед во светот околу себе се доаѓа до сознанието за тоа колку одредена компанија е подобра или полоша од другите.

Со бенчмаркингот, при менаџирањето со фирмите, се врши споредување на нејзиното ефективно работење преку одредени референтни показатели (параметри) со истите показатели на успешните фирми или со оние на фирмите од "светската класа", како и со фирмите конкуренти. Целта е да се открие што треба да се направи за да се подобри конкурентноста на фирмата. Користењето на бенчмаркингот како алатка за постигнување подобри перформанси стана општо прифатена практика во светот, бидејќи со помош на бенчмаркингот можат да се откријат скриените потенцијали на претпријатието.

11.2. Вршење бенчмаркинг

Бенчмаркингот не е едноставна задача. Секој во фирмата мора да биде свесен и мотивиран за точното и доследното собирање на податоци за одредување на потребните бенчмаркови. Бенчмарковите на одржувањето се квантитативни (бројчани) показатели со кои се добива увид во состојбата на одржувањето на фирмата.

Предностите на бенчмарковите е во кусото и компримираното (содржајното) информирање за комплексните состојби во фирмата. Меѓутоа, бенчмарковите кои се темелат на погрешни информации можат да доведат до одлуки со несакани последици по работењето на фирмата.

Некои фирми, од различни причини, податоците од бенчмаркингот не ги објавуваат, но и при користење на објавените податоци треба да се биде внимателен. При постоење на глобална конкуренција меѓу фирмите, пристапот до полезните податоци за бенчмаркинг не е лесна работа. Посебно треба да се води сметка за тоа, со кои компании се врши споредувањето и дали избраната компанија за бенчмаркинг е навистина добра за да може од неа да се научи добра лекција.

Прв чекор кон бенчмаркингот е негово инволвирање во самата фирма, т.н. интерен бенчмаркинг. Тоа е наједноставен бенчмаркинг бидејќи собирањето на податоците за него е многу поедноставна задача во споредба со добивањето податоци за бенчмаркинг од други фирми. Интерниот бенчмаркинг се користи и за споредување на сегашното работење на фирмата со нејзиното работење во минатото (види т. 11.4).

Со референтните бенчмаркови се проценува нивото на ефективното и ефикасното користење на ресурсите на фирмата:

- Каде е нејзиното место во однос на другите фирми?;
- Кои се нејзините силни / слаби страни?;
- Колку е далеку од саканата цел?;
- Кои се потребните правци и интензитетот на делувањето за достигнување на целта?;
- Дали производот / услугите од светска класа се достижни и исплатливи за фирмата и сл.?

За да се добијат ефективни бенчмаркови за споредување и анализа тие треба целисходно да се избераат, квалитетно да се соберат, да се презентираат и да се искористат. Не е можно со еден или два показатела да се добие глобалната слика за успешноста / неуспешноста на работењето на фирмата како целина или претстава за некоја нејзина активност. Сè уште не постојат стандардизирани и општо прифатени бенчмаркови за одржувањето. Во продолжение се дадени некои од можните бенчмаркови за одржувањето.

11.3. Стратегиски бенчмаркови на одржувањето

Без оглед на тоа дали се работи за производна или услужна дејност, одржувањето на машините и опремата на фирмата има значително влијание врз нејзиното успешно работење. Со бенчмарковите за активноста на одржувањето од стратегиски аспект на фирмата треба да се земат предвид основните елементи на одржувањето: човечките ресурси, машините, опремата, резервните делови, стратегијата (начините) на одржувањето. Притоа, треба да се има предвид специфичноста на фирмата. На пример, кога се одредува процентот на вработените во одржувањето спрема вработените во директно производство, треба да се има предвид дека за автоматизиран производен погон бројот на одржувачите можеби ќе биде поголем во однос на директните вработени, во споредба со погон со класичен начин на производство.

Некои од можните стратегиски бенчмаркови на одржувањето и изразите за нивна пресметка се дадени во таб. А. Во таб. Б е даден пример на вредности за стратегиските бенчмаркови на одржувањето од “светската класа” и нивните просечни вредности.

11.4. Оперативни бенчмаркови на одржувањето

Оперативните бенчмаркови на одржувањето се, пред сè, од полза на одделот за одржување на фирмата, односно директните учесници во одржувањето на машините и опремата, но тие влијаат и врз некои стратегиски бенчмаркови на одржувањето. Таквите бенчмаркови треба да се од интерес и на производителите на машините и опремата, бидејќи преку споредбените оперативни бенчмаркови на одржувањето тие можат да ги откријат недоволните / несоодветните активности во одржувањето, но и глобалните слабости на конструкцијата на машините и опремата.

Таб. А. Стратегиски бенчмаркови на одржувањето

Бенчмаркови	Образец
Процентуално учество на трошоците за одржувањево трошоците на произведените (или продадените) производи	$\left(\frac{\text{трошоци за одржување}}{\text{трошоци за продадените производи}} \right) \times 100$
Процентот вработени во одржувањето спрема вработените во директно производство	$\left(\frac{\text{број вработени во одржувањето}}{\text{директно вработени во производство}} \right) \times 100$
Обрт на залихите на резервните делови за период од 12 месеци	$\left(\frac{\text{вредноста на издадените рез. делови}}{\text{вредност на залихите на рез. делови}} \right) \times 100$
Процентуално учество на времето за планираното одржување во вкупното време за одржување	$\left(\frac{\text{ч асови на планирано одржување}}{\text{ч асови за вкупното одржување}} \right) \times 100$
Трошоци за обука по вработен во одржувањето	$\left(\frac{\text{вкупни трошоци за обука}}{\text{број на вработени во одржувањето}} \right) \text{ €}$
Процентуално учество на траењето на пресанокот на работата поради одржување во вкупното време на неработењето	$\left(\frac{\text{неработење поради одржување}}{\text{вкупно времетраење на неработење}} \right) \times 100$
Учество на прекувремените часови за одржувањево вкупното редовно работно време, во %	$\left(\frac{\text{прекувремени часови}}{\text{вкупни редовни работнич часови}} \right) \times 100$

Таб. Б. Вредности на стратегиски бенчмаркови на одржувањето (пример)

Бенчмаркови	Најдобри	Посечни
Процентуално учество на трошоците за одржување во трошоците на продадените производи	1,9	4,0
Процентот на вработените на одржувањето спрема вработените во директно производство	3,0	7,0
Обрт на залихите на резервните делови за период од 12 месеци	1,4	0,5
Процентуално учество на времето за планираното одржување во вкупното време за одржување	80,0	35,0
Трошоци за обука по вработен во одржувањето	1000 €	300 €
Процентуално учество на траењето на неработењето поради одржување во вкупното времетраење на неработењето	4,0	10,0
Процентуалното учество на прекувремените часови за одржување во вкупното редовно работно време	10,0	20,0

Можни оперативни бенчмаркови на одржувањето се:

- минимални трошоци во одржувањето;
- трошоци на животниот циклус на опремата и машините (LCC);
- средно време помеѓу отказите (MTBF);
- средно време на поправката (MTTR);
- глобална ефективност на опремата (OEE);
- оперативна расположливост на машината / опремата;
- просечно време на чекање (логистичко доцнење) при непла-нирано одржување;
- резултати од повремениот анкета на корисниците на услугите / производитите.

11.4. Интерни бенчмаркови на одржувањето

Интерните бенчмаркови на одржувањето најчесто се однесуваат на техничката и економската состојба на одржувањето и се наменети за информирање на учесниците во работењето на фирмата на различни нивоа: раководителите на фирмата, раководителите на погоните и директните извршители.

Како показатели за случувањата во одржувањето во фирмата во минатото, бенчмарковите се користат за донесување заклучоци и одлуки за идното работење, а воедно се користат при воведување контрола и корекција на активностите на одржувањето. Бенчмарковите нудат можност за следење на трошоците во одржувањето и откривање на врската помеѓу причините и последиците во активностите на одржувањето. При користењето на напред наведените бенчмаркови и во овој случај, како и во случајот на стратегиските бенчмаркови на одржувањето, е битно да се води сметка за доследноста на процедурата за споредување на одделните бенчмаркови.

Според информациите кои ги нудат, карактеристичните интерни бенчмаркови на одржувањето можат да се однесуваат на трошоците, квалитетот на одржувањето, структурата на вработените во фирмата, нивната ангажираност и др. Во таб. В и таб. Г дадени се интерните бенчмаркови кои најчесто се користат при оценувањето на одржувањето од аспект на трошоците и квалитетот на одржувањето во фирмата .

Со користење на бенчмаркингот и статистиката се анализираат податоците од одржувањето и стратегиите на одржувањето. Притоа, на пример, може да се открие потребата од подобрување на документацијата и нејзиното користење при извршување на задачите на одржувањето. Тоа, од своја страна, е поврзано со подобрувањето на обуката на персоналот. Или, откриено е дека времето на неработењето на машината поради одржување може да се намали со инволвирање на ракувачите на машините во одделни операции на одржување и сл.

Таб. В. Бенчмаркови за трошоци

Бенчмаркови	Образец
Процентуално учество на трошоците за одржување во трошоците на произведените / продадените производи	$\left(\frac{\text{трошоци за одржување}}{\text{трошоци за произв. производи}} \right) \times 100$
Интензитет на трошоците за одржувањето, во проценти	$\left(\frac{\text{годишни трошоци за одржување}}{\text{вредност на опремата}} \right) \times 100$
Процентуално учество на материјалните трошоци за одржување во одржувањето	$\left(\frac{\text{материјални трошоци за одржув.}}{\text{вкупни трошоци за одржување}} \right) \times 100$
Процентуално учество на трошоците за плати на одржувачите	$\left(\frac{\text{трошоци за плати}}{\text{вкупни трошоци за одржување}} \right) \times 100$
Процентуално учество на трошоците за надворешни услуги во одржувањето	$\left(\frac{\text{трошоци за надворешни услуги}}{\text{вкупни трошоци за одржување}} \right) \times 100$
Интензитет на трошоците за материјал за одржување	$\left(\frac{\text{материјални трошоци за одрж.}}{\text{вредност на опремата}} \right) \times 100$
Стапка на буџетско отстапување	$\left(\frac{\text{стварен буџет - одобрен буџет}}{\text{одобрен буџет}} \right) \times 100$
Стапка на превентивно одржување	$\left(\frac{\text{трошоци за превентивно одр.}}{\text{вкупни трошоци за одржување}} \right) \times 100$
Обрт на залихите на резервните делови за период од една година	$\left(\frac{\text{цена на потрошени рез. дел.}}{\text{цена на залихите на рез. дел.}} \right) \times 100$
Трошоци за обука по вработен во одржувањето	$\left(\frac{\text{вкупни трошоци за обука}}{\text{број на вработени во одржувањето}} \right) - \text{€}$
Стапка на работна ангажираност	$\left(\frac{\text{вредност на опремата}}{\text{потрошено време за одржување}} \right) - \text{€/h}$

Таб. Г. Бенчмаркови за квалитет на одржувањето

Бенчмаркови	Образец
Процентуално учество на прекувремените часови за одржување во вкупното редовно работно време	$\left(\frac{\text{прекувремени часови}}{\text{вкупни редовни работнич асови}} \right) \times 100$
Процентуално учество на траењето на престанокот на работата поради одржување во вкупното време на неработење	$\left(\frac{\text{време на одржување}}{\text{вкупно време на неработењето}} \right) \times 100$
Процентуално учество на времето за планираното одржување во вкупното време за одржување	$\left(\frac{\text{време за планирано одржување}}{\text{време за вкупното одржување}} \right) \times 100$
Процентуално учество на вработените во одржувањето према вработените во директно производство	$\left(\frac{\text{вработени во одржувањето}}{\text{вработени во производство}} \right) \times 100$
Стапка на подготвеност	$\left(\frac{\text{планирани работнич асови}}{\text{вкупни работнич асови}} \right) \times 100$
Стапка на непланирани интервенции	$\left(\frac{\text{време за непланско одржување}}{\text{вкупни работнич асови}} \right) \times 100$
Учество на времето на отказ	$\left(\frac{\text{времетраење на отказот}}{\text{време во работа}} \right) \times 100$
Средно време во отказ	$\left(\frac{\text{збир на времињата во отказ}}{\text{број на откази}} \right) h$
Учество на времето за превентивно одржување	$\left(\frac{\text{време за превент. одржување}}{\text{вкупно време за одржување}} \right) \times 100$
Застапеноста на резервните делови во вредноста на постројката	$\left(\frac{\text{вредноста на резервните делови}}{\text{вредност на постројката}} \right) \times 100$

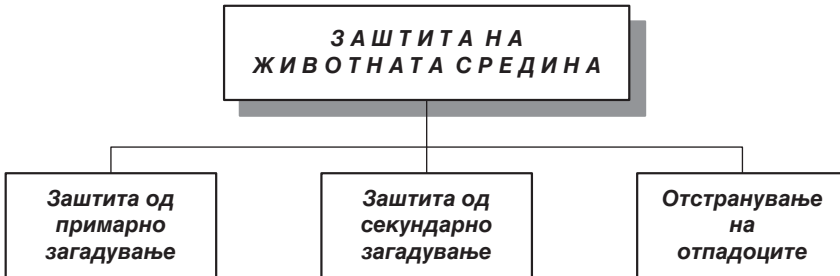
Дел 12

ОДРЖУВАЊЕТО И ЗАШТИТАТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

12. 1. Видови заштита од загадување

Техничките системи ја загрозуваат животната средина со гасови, чад, бучава, отпадни течности и отпадни материјали. Со ваквите загадувања се загрозува здравјето на луѓето, се оштетуваат растенијата, се зголемува нечистотијата во животната средина, се влијае врз глобалната промена на климата на Земјата.

Заштитата на животната средина се врши со заштита од примарно загадување, со заштита од секундарно загадување и со отстранување на отпадот (сл. 12.1).



Сл. 12. 1. Видови заштита на животната средина

Заштитата на животната средина од **примарното загадување** е задача на производителите на техничките системи (производи). Од една страна, тие треба да преземат соодветни технолошки мерки, при процесот на производството на системот да не се загадува животната средина, а од друга страна, нивниот производ да биде еколошки чист во текот на неговиот животен век. Технолошки чистот производ, генерално, ги исполнува следниве услови:

- во текот на работењето, не емитува издувни гасови или бучава надвор од границите на дозволеното,
- во текот на работниот век, има потреба од мал број интервенции поради одржување,

- при неговото одржувањето не се создаваат или се минимизира создавањето отпадоци (масла, масти, филтри, хемикалии, изабени делови или склопови сл.),
- во случај на отказ или неисправност може да биде поправен или ремонтиран со што му се продолжува работниот век,
- при отпишувањето од употреба, најголемиот дел од неговите составни делови може целосно или во најголема можна мерка да се рециклираат.

Со одржувањето на техничките системи се влијае врз заштитата од **секундарно загадување и отпадоците**. Тоа влијание се манифестира преку превентивните и корективните активности во рамките на одржувањето. Со таквите активности се делува на одржувањето, односно враќањето на потенцијалните загадувања во однапред пропишаните граници. Со други зборови, со активностите на одржувањето загадувачите се држат под контрола.

Така, со превентивното / корективното одржување на моторот потрошувачката на горивото се одржува / враќа во одредена граница, а со тоа се намалува количеството на штетните издувни гасови во околината; со поправка или замена на продупчен издувен лонец во системот за издувни гасови се елиминира зголемената бучавост на возилото и сл.

Непоправливите производи се производи за еднократна употреба. Со појавата на неисправност или отказот во нив завршува нивниот животен век и тие преминуваат во категоријата на отпадоци. За разлика од непоправливите производи чии што животен век завршува со појавата на отказот или неисправност во нив, животниот век на поправливите системи, со поправките и ремонтите, повеќекратно се продолжува. На тој начин тие помалку ќе ја обременуваат животната околина со отпадоци во споредба со непоправливите.

Од друга страна, со постојано одржување на машините и уредите во индустријата во исправна состојба се одржува и стабилноста на производниот процес, што резултира со намалување на количината на шкаротот (количеството на отпадоците во производството).

Од гореизнесеното може да се заклучи дека постои одредена корелација помеѓу заштитата од примарното загадување и заштитата од секундарното загадување. Генерално, доколу е висока заштитата од примарното загадување ќе биде потребна помала

заштита од секундарно загадување и обратно. Според тоа, корисниците (набавувачите) и одржувачите на техничките системи, од гледна точка на заштитата на животната средина, би требало да го имаат предвид гореизнесеното.

12.2. Рециклирање на отпадоците

Најчесто, активностите на одржувањето се пропратени со создавање одредени видови цврсти или течни отпадоци. Употребливите отпадоци од поправките или ремонтите, со соодветни технолошки постапки како што е наварување, лепење, машинска обработка и сл., можат повторно да се користат (види сл. 1.5), можат да се рециклираат или можат со согорување да се употребат како извори на енергија.

Рециклирање на отпадокот е начин на негова преработка со цел да се добијат материјали (секундарни сировини) кои ќе бидат замена за примарните сировини. Со рециклирањето се:

- заштедуваат ресурси на Земјата (рудните богатства, шумите, водните ресурси и сл.),
- снабдева индустријата со поевтини сировини,
- добиваат поевтини производи,
- заштитуваат водите од загадување,
- намалува потребата од нови депонии,
- создаваат нови работни места и др.

На процесот на рециклирањето претходи собирањето на материјалите кои можат да се рециклираат и сортирањето на материјали како што се: матали, хартија, стакло, пластика, масла, гума и др.

Отстранување на отпадот е организирана дејност со која се отстранува отпадот којшто не може повторно да биде употребен или преработен. При отстранувањето на овој вид отпадоци не смее да се загрозува животната средина, здравјето и животот на луѓето. Отстранувањето на овој вид отпадоци се врши на посебно уредени депонии.

ОДРЖУВАЊЕ ОД СВЕТСКА КЛАСА

Одржувањето од светска класа е прилагодено на трендот на современото производство. Современото производство е фокусирано на максимализирање на ефикасноста на фирмата, што од своја страна значи стремење кон постигнување стопроцентна расположливост на машините и опремата, кон производство со нула грешки, кон намалување / елиминирање на трошоците во работењето. Тоа, од аспект на одржувањето, не значи само одржување на одредени услови за работа на производниот погон, туку машините / опремата, никогаш да не откажат, да произведуваат производи без грешки, да работат без непотребни запирања и со пропишаната продуктивност.

За успешно извршување на барањата од фирмата мора да постои тесна соработка помеѓу нејзините сектори / оддели. На одржувањето треба да се гледа како *на профитна дејност*, а не како дејност која прави само трошоци на фирмата. Навистина одржувањето, како и останатите единици во фирмата: развојот, производството, маркетингот и др., создава трошоци но со избор на правилна стратегија во одржување на опремата и машините можат да се постигнат или да се надминат нејзините зацртани производствени и финансиски резултати. Каква стратегија и политика на одржувањето ќе се избере зависи од претпријатието, бидејќи не постои единствена стратегија и политика на одржувањето која насекаде успешно може да се примени. Така на пример, во погоните со интензивно и непрекинато производство, индиректните трошоци, поради неисправности или откази се високи, поради што значењето на одржувањето е многу поголемо во споредба со одржувањето во останатите погони.

Со подобрување на работата на погонот, со постојано подобрување на процесот на производството, намалување на трошоците на работењето и со следење на резултатите од бенчмаркингот, може да се остане конкурентен на светскиот пазар. Најважните елементи на одржувањето, фокусирани на производството од светска класа, се следниве:

Воведување информациски систем, кој во областа на одржувањето овозможува собирање и статистичка обработка на податоците за одржувањето врз основа на кои се планираат активнос-

тите на одржувањето и производството, задачите на логистичката поддршка на одржувањето, трошоците на одржувањето и се прави бенчмаркинг на одржувањето.

Заедничко планирање и управување на производството и одржувањето. Со други зборови, врвниот менаџмент на фирмата треба еднакво да ги третира производството и одржувањето. Производството не треба да му ги наметнува (диктира) активностите на одржувањето, туку одлуките треба да се прават компромисно и за општо добро на фирмата, при што секој треба да ја респектира улогата на другиот при извршувањето на очекувањата на “муштеријата” (корисникот) на нивната работа.

Условно кажано, муштерии на одделот за одржување се операторите - ракувачите на машините кои очекуваат машините да работат исправно и без застои. Муштерии на операторите се менаџментскиот тим на фирмата кој е одговорен за производството. Нивни муштерии се купувачите на производите од фирмата. Тие очекуваат производи со нула - грешки, навремена испорака и конкурентни цени. Конечни муштерии се акционерите на фирмата кои очекуваат фирмата да работи профитабилно.

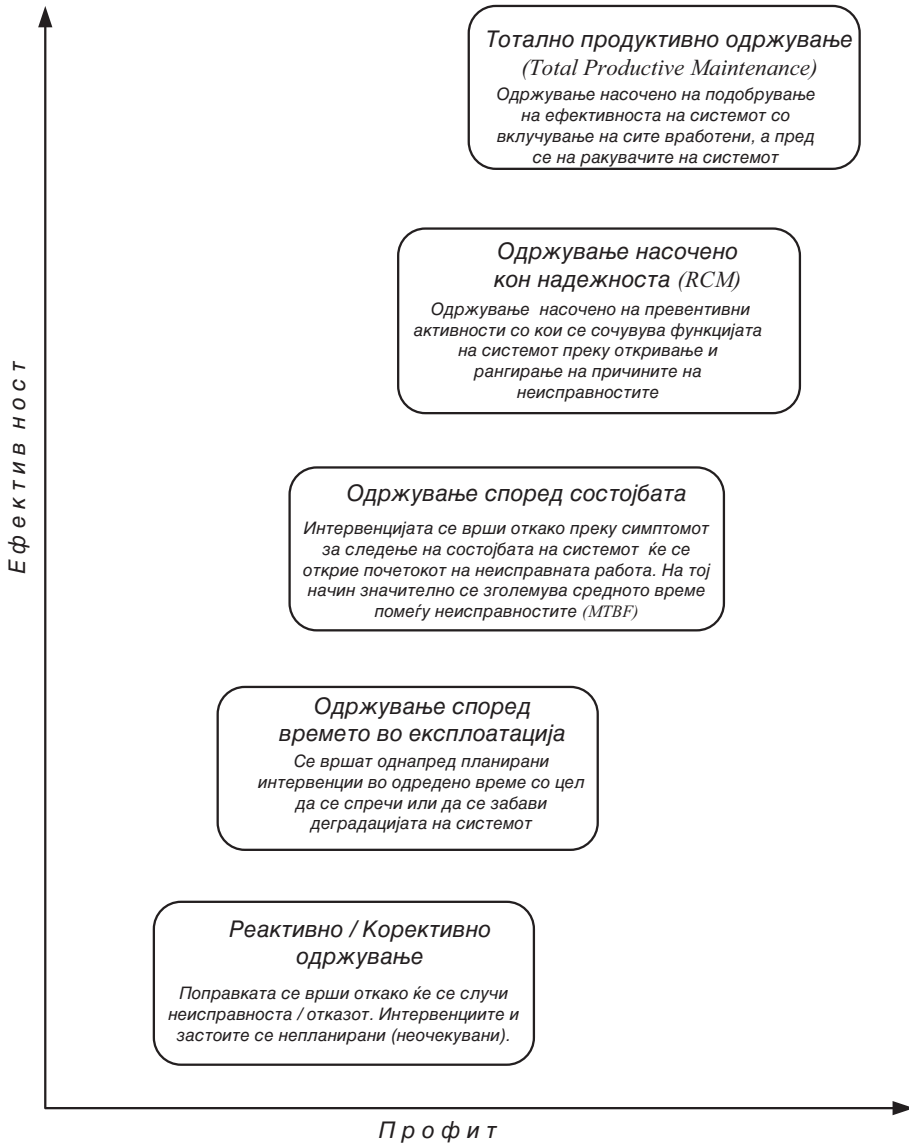
Логистиката како дел од сеопфатната стратегија на планирањето на производството е еден од најважните елементи на одржувањето насочено кон производството од светска класа. Нејзина задача е потребните материјали, уредите и информациите, во потребна количина, во пропишана состојба, што е можно поекономично да стасаат на вистинското место и на време. Во доменот на логистичката поддршка е планирањето, управувањето и контролирањето на користењето на материјалите, информациите, персоналот, погонските средства и енергија. Посебна задача на логистиката е менаџирањето со резервните делови.

Погодноста за одржување на системот, е својство на системот за кое производителот треба да води сметка за време на развојот на системот, а корисникот при неговото купување. Расположливоста на системот, а со тоа и неговото економично работење, во голема мера зависи од погодноста за неговото одржување. Систем којшто не бара чести интервенции за превентивно одржување и кој е погоден за извршување на превентивните и корективните операции на одржување, создава помали трошоци за одржување.

Воведување методи (стратегии) за зголемена ефективност на одржувањето (види сл. 19.1.) како што се:

Одржување според состојбата (*Condition-directed Maintenance; Predictive Maintenance*): метод на превентивно одржување што се состои од континуирана или периодична контрола на техничката / работ-

ната состојба на системот во текот на времето со цел да се открие (прогнозира) оптималниот интервал помеѓу поправките / ремонтите на системот или елементот на системот.



Сл. 13.1. Влијание на методите на одржувањето врз ефективноста и профитот на фирмата

Одржување насочено кон надежноста (*Reliability centered maintenance - RCM*) метод на одржување кој е оптимална комбинација од реактивно / корективното одржување, одржувањето според времето на експлоатација и одржувањето според состојбата. Резултат на ваквото одржување е одржување на надежноста на системот со минимални трошоци за одржување. Која опрема и машини на кој начин треба да се одржуваат се одредува врз основа на обемна RCM – анализа.

Тотално продуктивно одржување (*Total Productive Maintenance - TPM*) е концепт на одржување кој е развиен со цел да се постигне стопроцентна расположливост (ефективност) на машините. Наспроти класичното одржување, што се користи како сервис на производството, тоталното продуктивно одржување ги вклучува сите вработени, а пред сè ракувачите на системот во одржување на машините и опремата на фирмата.

Сите погоре наведени концепти имаат единствена цел, а тоа е: оптимирање на процесот на производство преку производство со нула-грешки и нула-прекини на производството со што се максимализира расположливоста на машините и опремата и нивната продуктивноста и се минимализираат вкупните трошоци на работењето.

Прилог 1

МАЛ АНГЛИСКО - МАКЕДОНСКИ ЛЕКСИКОН ЗА ОДРЖУВАЊЕ

- **active corrective maintenance time** – активно време на корективно одржување. Дел од активното време на одржување за кое се извршуваат активностите на корективното одржување на системот. Види: **active maintenance time**
- **active maintenance time** – активно време на одржување. Дел од времето на одржување за кое се извршуваат активностите на одржување на системот (времето потребно за логистика се исклучува).
- **active preventive maintenance time** – активно време на превентивно одржување. Дел од активното време на одржувањето за кое се извршуваат активностите на превентивното одржување на системот. Види: **active maintenance time**
- **availability** – расположливост. Мерка за степенот на подготвеноста на системот да е во оперативна состојба во било кое време, т.е. веројатноста на системот да биде во оперативна состојба кога е потребен.
- **bath curve** – крива на када. Дијаграм со кој се прикажува промната на интензитетот на отказите во текот на времето.
- **corrective action** - корективна мерка. Активност за елиминирање на причината за неисполнување на барањата.
- **corrective maintenance (unplanned maintenance)** - корективно одржување; непланирано одржување. Непланирано одржување кое се извршува по настанатиот отказ / неисправност и со кое системот се враќа во состојба во која што може успешно да ја извршува својата функција.
- **corrective maintenance time** – време на корективно (непланирано) одржување. Дел од времето за одржување за кое што се извршува корективно одржување на системот. Го вклучува техничкото и логистичкото изгубено време поради корективното одржување.

- **decommission costs** - Трошоци за отпишување на системот од работа, поврзани со демонтажа, отстранување, користење како отпаден материјал, рециклирање и сл.
- **defect** – дефект. Неисполнување на барањата кои се однесуваат на предвидена или специфицирана употреба.
- **dependability I** – депендабилност. Способност на системот да извршува една или повеќе зададени функции под одредени услови. Овој поим ја опфаќа надежноста, расположливоста, погодноста за одржување, сигурноста, трајноста и др., или комбинации од овие својства. Генерално, депендабилноста го изучува системот од аспект на неисправностите и отказите кои можат да се појават во него.
- **dependability II** – депендабилност. Заеднички термин со кој се опишува расположливоста на перформансите на системите (производите) и факторите кои влијаат на неа: надежноста, погодноста за одржување и логистичката поддршка на одржувањето.
- **diagnostic** – дијагностика. Постапка за откривање на причините за неисправноста во системот врз основа на симптомите на неисправноста.
- **durability** – трајност. Својство на системот да ја извршува бараната функција под одредени експлоатациони услови и одржување до достигнување на граничната состојба. Граничната состојба на системот може да биде крај на експлоатациониот век, неподобност поради економски, еколошки или технолошки причини или други релевантни фактори.
- **effectiveness I** – ефективност. Мерка за реализација на планираните активности и остварените резултати. Во одржувањето се одредува како однос на нормираното време спрема вистинското време потребно за извршување на активностите во одржувањето.
- **effectiveness II** - ефективност (делотворност, успешност). Способност на системот да ја исполни бараната задача зададена со квантитативни показатели. Способноста зависи од видот и расположливоста на перформансите на системот.
- **efficiency** – ефикасност. Однос помеѓу остварените резултати и употребените ресурси.
- **environment** – околина, опкружување. Целина на сите состојби кои влијаат на работата и одржувањето на системот, вклучу-

вајки ја локацијата, работните услови околу или во близина на системот, температурата, влажноста, ударите, вибрациите, радијацијата и други влијанија.

- **failure** – неисправност. Состојба на системот во која што тој целосно не ги исполнува зададените функции според техничките барања. Исто: **malfunkcion**.
- **failure analysis** - логичко систематско анализирање на производот; неговата конструкција, примена и документација со цел да се откријат одредени неисправности и механизмот на нивната појава.
- **failure cause** – причина за неисправност. Конструктивни, производствени или експлоатациони околности кои предизвикале неисправност
- **failure effect** - последица / последици што механизмот на неисправноста го има врз работата или статусот на производот. Види: **failure mechanism**.
- **failure mechanism** – механизам на неисправноста. Физички, хемиски или друг процес којшто предизвикува неисправност на производот.
- **failure mode** – Одредени неправности или настанати околности кои предизвикуваат функционална неисправност на системот.
- **failure mode** – Последицата од механизмот на неисправноста Види: **Failure mechanism**.
- **Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)** - Метод за систематско откривање на можните неисправности и проценка на нивните последици врз компонентата, потсистемот и системот.
- **failure rate** – интензитет на неисправноста. Бројот на неисправности на компонента, уред или целиот систем за време на одреден период. Се изразува во број на откази за време на некој период (месеци, години или часови работа).
- **fault** – отказ. Состојба на системот во која што тој не може да ги извршува зададените функции. Најчесто отказот е резултат од постоечка неисправност во системот, но може да се појави и без постоење на претходна неисправност.
- **fault tree analysis (FTA)** – анализа на дрво на откази. Аналитичка постапка, претставена во форма на дрво на отказ, со

која се одредува кои откази на деловите од системот, надворешните влијанија или нивна комбинација можат да доведат до отказ на системот.

- **gross operating time** – бруто време на работење на системот. Збир на нето оперативното време (време на продуктивна активност на системот), времето на мртвите одови и времето за чистење на машината од остатоците на работниот материјал.
- **inspection** – контрола. Одредување и проценка на моменталната техничка состојба на системот.
- **Life Cycle Cost (LCC)** – трошок на животниот циклус. Кумулативен трошок на производот (системот) во текот на неговиот животен циклус. Животен циклус е временски интервал од конципирањето на производот до неговото отпишување од употреба.
- **logistic delay** – логистичко доцнење. Кумулативно време за кое не можат да бидат извршени активностите на одржувањето. Логистичкото доцнење може да биде, на пример, поради потреба од патување до системот, или поради немање резервни делови, стручни лица, уред за дијагноза или тестирање, погодни услови за работа диктирани од околината и сл.
- **logistic support** – логистичка поддршка. Користење и организирање на ресурсите со цел системот да работи и да се одржува на задоволително ниво на расположливост и прифатлива цена на животниот циклус.
- **logistics** – логистика. Управување во инженерството и другите активности кои се однесуваат на дефинирање на барањата на перформансите, проектирањето, снабдување и одржување во текот на работењето на техничките системи, со цел да се реализираат поставените цели.
- **maintainability** – погодност за одржување. Способност на системот под одредени услови на експлоатација да биде задржан или вратен во состојба во која тој може да ја извршува бараната функција, кога одржувањето се извршува под одредени услови и со користење на одредена постапка и опрема.
- **maintenance** – одржување. Комбинација од технички и логистички активности кои се вршат со цел системот да се одржи или да се врати во состојба во која може да ја извршува бараната функција, т.е. да се одржи или да се врати во неговата опера-

тивна состојба. Одржувањето вклучува корективни и превентивни активности.

- **maintenance policy** - политика на одржување. Интерен договор меѓу одделенијата (групите) за одржување што се однесува на одржувањето на системот.
- **maintenance time** – време за одржување. Временски интервал во кој се извршуваат активностите на одржувањето на системот, вклучувајќи ги техничките и логистичките доцнења. Одржувањето може да се изврши додека системот ја извршува бара-ната функција.
- **management I** – менаџмент. Англоамерикански израз за раководење; функција која опфаќа: организирање, планирање, координирање, контролирање и мотивирање при реализирање на целите.
- **management II** – менаџмент. Координирани активности за насочување и управување на организација (група луѓе, објекти со нивната опрема, со воспоставени одговорности, овластувања и однесувања).
- **mean down time (MDT)** – средно време на неработење на системот поради отказ (средно време на застој на системот поради корективно одржување).
- **mean maintenance time (MMT)** – средно време на неработење на системот поради корективни и превентивни одржувања.
- **mean time between failures (MTBF)** - средно време меѓу сукцесивни неисправности на поправливите производи.
- **mean time between maintenance actions (MTBMA)** - средно време помеѓу активностите на одржување (превентивните и корективните),
- **mean time to failure (MTTF)** – средно време на работење до појава на неисправноста / отказот - средно оперативно време на производот кој не се поправа.
- **mean time to repair (restore) (MTTR)** – средно време на активно одржување. Времето на поправката го вклучува само времето потрошено директно на машината (repair), или ова време плус сите логистички времиња за одржување - чекање (restore). Напомена: Вообичаено е да се користи MTTR за активностите “repair”, а MDT за “restore”.

- **net-operating time** – нето оперативно време - време на исправна работа на системот (види: **gross operating time**).
- **non-operating time** – вкупно време за кое машината е во исправна состојба, но не работи поради административни или други причини.
- **outage** – состојба на системот кога тој не може да ја извршува функцијата
- **outsourcing – Outside Resource Using** - користење на надворешни ресурси за извршување на работи во фирмата.
- **overall equipment effectiveness (OEE)** – вкупна (глобална) ефективност на опремата. Ефективност во зависност од расположливоста, ефикасноста на перформансита на опремата и квалитетното работење на опремата.
- **predictive maintenance** – превентивно одржување според состојбата на системот. Како показатели на состојбата на системот се користат физички параметри кои се споредуваат со нивните гранични (дозволени) вредности. Одржувањето се врши пред појава на неисправноста.
- **preventive action** - превентивна мерка. Активност за елиминирање на причината за потенцијално неисполнување на барањата или друга непосакувана можна ситуација.
- **preventive maintenance (planned maintenance)** – превентивно одржување. Планирано одржување коешто се извршува во однапред одреден временски интервал или во согласност со однапред пропишани критериуми со цел да се спречат можните неисправности или да се деградира функцијата на системот.
- **quality I** - квалитет. Ниво до кое збирот на карактеристичните својства ги исполнуваат барањата.
- **quality II** - квалитет. Квалитет е целина на одделни својства и карактеристики на производот или услугите коишто се однесуваат на способноста да се задоволат одредени барања.
- **quality management** - менаџмент со квалитетот. Координирани активности во насока на управување на организацијата во врска со квалитетот и управување со него.
- **RAMS** – кратенка од **Reliability, Availability, Maintainability, Safety**

- **reliability** – надежност. Еден од показателите на квалитетот на системот, кој се дефинира со веројатноста дека производот ќе ја извршува неговата функција до одредено време под одредени услови.
- **Reliability Centered Maintenance (RCM)** - одржување насочено на надежноста.
- **reliability test** – испитување на надежност. Лабораториско, полигонско или експлоатационо испитување со кое се одредуваат показателите на надежноста на системот / елементот.
- **repair** – поправка. Активност со која системот повторно се враќа во пропишаната техничка состојба.
- **risk** – ризик. Настан што во иднина може да предизвика несакани последици.
- **safety** – безбедност, сигурност. Способност на системот под одредени услови да не предизвика критични или катастрофални состојби; состојби во кои се губат основните функции на системот проследени со значителни оштетување на системот или на неговата околина и поради кои постои ризик за нанесување повреди или губиток на животот на луѓето. Со други зборови: безбедност, сигурност е непостоење на неприфатлив ризик.
- **scheduled downtime** – планирани прекини на работата на машината поради планирано одржување.
- **service support performance** - логистичка поддршка во работењето. Способност на организацијата да обезбеди поддршка на системот при извршувањето на неговите задачи.
- **storage life** – Време за коешто производот може да биде складиран во одредени услови, а сè уште да ги извршува одредените барања.
- **system** - систем. Збир на меѓусебно поврзани компоненти и потсистеми со цел да се реализира функцијата на системот со дефинирани перформанси.
- **test** – тест. Опит кој се врши со цел да се измери, квантифицира или класифицира својството на системот.
- **time to repair (TTR)** – Вкупно време за поправка на машината. Поминато време од моментот на појавата на неисправноста до моментот на повторното пуштање во работа. Типични елементи

на вкупното време на поправката се: време за дијагноза, време за откривање на неисправниот елемент, чекање на резервен дел, замена или поправка на делот, време за тестирање, повторно пуштање во работа.

- **total downtime** - вкупно време за коешто машината не е во состојба да ги исполнува техничките барања.
- **Total Productive Maintenance (TPM)** - тоталното продуктивно одржување
- **unscheduled (unplanned) downtime** – време на непланиран прекин во работата на машината. Време за кое машината не е во состојба да ги задоволи функционалните барања поради неисправност.
- **up-time** – време за кое системот е во исправна состојба (ги задоволува сите технички карактеристики).
- **wearout** – абене. Процес којшто, во текот на времето на експлоатација, резултира со пораст на интензитетот на неисправностите / отказите поради истрошување на елементите.
- **yield** – стапка на квалитетно работење на системот. Процентуално учество на квалитетните производи во вкупното количество производи на системот.

Прилог 2

ПРАШАЊА ЗА ПОВТОРУВАЊЕ НА ДЕЛ ОД ГРАДИВОТО

Дел 1

1. Како се дефинира одржувањето?
2. Кои се основните активности на одржувањето?
3. На кој начин може да се контролира работата на системот?
4. Кои се елементите на опслужувањето?

Дел 2

1. Која е разликата помеѓу контролата и дијагностиката?
2. Што е субјективна, а што објективна контрола?
3. Кои се предностите и недостатоците на субјективната контрола во споредба со објективната контрола?

Дел 3

1. Кои се основните причини за појава на неисправностите / отказите?
2. Што е примарна, а што секундарна неисправност?
3. Кои се можни грешки на персоналот?
4. Кои се индиректните трошоци поради отказ / неисправност?

Дел 4

1. Како се дефинира надежноста на производот?
2. Кои се вообичаените периоди на “кривата на када”?
3. Кои се карактеристични причини за откази во периодот на нормална експлоатација?

Дел 5

1. Како се дефинира погодноста за одржување?
2. Кои се основните елементи на погодноста за одржување?
3. Кои параметри ја сочинуваат логистичката поддршка на одржувањето?
4. Која е целта на прирачниците за одржување?

Дел 6

1. Кои се параметрите на расположливоста?
2. Кои се карактеристичните времиња во текот на експлоатацијата?
3. Како, во општ случај, се одредува расположливоста?
4. Кои се основни показатели на расположливоста?

Дел 7

1. Што се подразбира под стратегија на одржување?

2. Кои се можни критериуми при дефинирањето на стратегијата на одржувањето?
3. Од кои видови одржувања може да се дефинира стратегијата на одржувањето?
4. Кои се можни негативни последици од реактивно - корективното одржување?
5. Кои се карактеристиките на одржувањето според состојбата?

Дел 8

1. Која е основната задача на одржувањето насочено на надежноста?
2. Како се менува состојбата на механичкиот и електричниот систем во текот на времето?
3. Кои се основни параметри при проценка на ризикот?
4. Со која цел се воведува тотално продуктивно одржување?
5. Кои се факторите на севкупната ефективност на системот?

Дел 9

1. Која е целта на повратните информации за отказите / неисправностите?
2. Кои се општите видови повратни информации за отказите / неисправностите?
3. Со која цел се врши Парето-анализа?
4. Која е целта на анализата на причините и последиците?

Дел 10

1. Што е продуктивност?
2. Од кои времиња, во општ случај, се состои расположливото време за одржување на системот?
3. Што се подразбира под поимот аутсорсинг?
4. Кои се можни негативни / позитивни страни на аутсорсингот?

Дел 11

1. Која е целта на бенчмаркингот?
2. Кои се можните бенчмаркови за одржување?

Дел 12

1. Кои се најчестите загадувања од работата на техничките системи?
2. Кои се начините за заштита на животната средина од загадување?
3. Кои се придобивките од рециклирање на одпадоците?

Дел 13

1. Кои се целите на современото одржување?
2. Кои се вообичаените елементи на одржувањето од светска класа?

Л и т е р а т у р а

1. Antony, M. S.: Glen R. H.: RCM: Gateway to world class maintenance. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2003 г.
2. Bloch, H. P.: Improving machinery management for process plants. Gulf Publishing Company, Houston, 1998
3. Давчев, Т.: Англиско - македонски лексикон за мотори и моторни возила. Издавач; Студентски збор, Скопје, 2004.
4. Давчев, Т.: Автомобилски мотори: системи, компоненти, дијагностика, одржување; второ издание. Издавач: Студентски збор, Скопје, 2005.
5. Давчев, Т.: Надежност и одржување на техничките системи. Издавач; Студентски збор, Скопје, 2009.
6. Давчев, Т.: Надежност на техничките системи. Издавач: Македонска организација за квалитет и стандардизација. Скопје, 1992.
7. David, J. S.: Reliability, maintainability and risk. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2001.
8. Дехтерински, В. Л.: Технология ремонта автомобилей, “Транспорт”, Москва, 1979.
9. Dhillon, B. S.; Chanan, S.: Engineering Reliability. Publication “John Wiley & Sons”. New Jork, 1981.
10. Eichler, C.: Instandhaltungstechnik. VEB Verlag Technik, Berlin, 1979
11. Ernest, J. H.; Hiromitsu, K.: Reliability Engineering and Risk Assessment. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1981.
12. European Standard, EN 50126, Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS), 1999.
13. Heinz, P. B.: Fred, K. G.: Major Process Equipment – Maintenance and Repair. Gult Publication Company, Houston, Texas, 1997.

14. International Organization for Standardization, ISO 9000:2001
15. John, E. D.: Analytical Fleet Maintenance Management. Society of Automotive Engineers, 1994.
16. Kurt, M.: Taschenbuch Instandhaltungslogistik. Carl Hanser Verlag; München - Wien, 2005.
17. Maintainability and Reliability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment. M-110-2 SAE and NCMS, 1999.
18. Mobley, R. K.: An introduction to predictive maintenance. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002.
19. Patton, J. D.: Maintainability and Maintenance Management. Instrument Society of America, 1994
20. Patton, J. D.: Preventive Maintenance. Instrument Society of America, 1995.
21. Ricky, S.; Mobly, K.: Industrial machinery repair. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2003.
22. Селиванов, И. А.; Артемьев, Н. Ю.: Теоретические основы ремонта и надежности сельско хозяйственной техники. “Колос”, 1978.
23. Villemeur, A.: Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment. Volume 1 and 2. “John Wiley & Sons”. New York, 1991.
24. SKF Maintenance and Lubrication Products. Publication MP 3000E – 2008/04.
25. The Guide to SKF Reliability Systems Products and Applications. San Diego, California, 2005

