

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустријски инжењеринг

Предмет: Инжењеринг одржавања

Број индекса: 81/2009

Ивана А. Поповић

**Напредне методе одржавања техничких система – одржавање
према поузданости**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Петар Тодоровић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру задате теме, завршни рад треба да садржи следећа поглавља:

1. Уводни део
2. Основне методе одржавања (у овом поглављу дати поделу одржавања и укратко описати основне методе одржавања)
3. Одржавање према поузданости (енгл.) (у овом поглављу дати основне принципе на којима почива ова метода са благим освртом на поузданост, описати циљеве ове методе, алате који се при томе користе и сл.)
4. Приказ примене одржавања према поузданости на репрезентативном примеру (пример преузети са интернета; поред тога постоји могућност одласка у Тетрапак у Г. Милановцу где постоје примери који би могли да се преузму)
5. Закључна разматрања
6. Литература

Препоручена литература:

- [1] Б. Јеремић, Теротехнологија – технологија одржавања техничких система, 1992.
- [2] Neil Bloom, Reliability Centered Maintenance (RCM) - Implementation Made Simple, McGraw-Hill, Inc., 2006.

Крагујевац, 14. 3. 2014. године

Ментор:

Проф. др Петар Тодоровић, дипл. инг.

Резиме

Одржавање техничких система (машина и уређаја), односно средстава за рад, као део процеса производње заузима данас важно место у производном систему сваке компаније. Одржавање се дефинише као стална контрола над свим средствима за рад, као и вршење одређених поправки и превентивних радњи, чији је циљ, стално, функционално оспособљавање и чување производне опреме, постројења и других машина и уређаја. Одржавање директно утиче на постизање позитивних пословних резултата. Добро спроведено одржавање директно утиче на смањење трошкова производње и пословања. Застоји услед неисправности и нужног вршења ремонта, нарушавају технолошки процес производње, а исто тако утичу и на економику производње. Због тога одржавање и ремонт захтева пре свега рационалну организацију одржавања и ремонта и добро опремљену средствима и људима.

Теорија поузданости је примењена математичка дисциплина инжењерског усмерења. Одржавање према поузданости (RCM) је метод за планирање одржавања развијен у авио индустрији, а касније адаптиран за неколико других индустрија и војне гране. Овај рад представља структурирани приступ RCM-а, и различите кораке у приступу. Поступак RCM пружа оквир за коришћење оперативног искуства на систематичнији начин и зато су захтеви за поузданост модела и података истакнути. У складу са неким будућим изазовима за RCM постоји разлика између практичног дела и научника који раде на одржавању модела оптимизације.

Кључне речи: одржавање, трошкови, поузданост, технички систем

Abstract

Maintenance of technical systems (machinery and equipment), and plant operation, as part of the process of production today takes an important place in the production system of each company. Maintenance is defined as the permanent control of all assets to work and perform certain repairs and preventive actions aimed at constantly, functional training and keeping production equipment, machinery and other machinery and equipment. Maintenance affect directly on achieving positive business results. A well-organized maintenance has direct impact on reducing the cost of production and business. Delays due to a defect and the necessary exercise of repair, impair production process, and also affect the economics of production. Therefore, maintenance and repair requires above all a rational organization of maintenance and repair and a well-equipped assets and people.

Reliability theory is applied mathematical disciplines of engineering orientation. Reliability based maintenance (RCM) is a method for maintenance planning developed in the aerospace industry and later adapted for several other industry and military sectors. This paper presents a structured approach to RCM, the different steps in the approach. RCM procedure provides a framework for the use of operational experience in a more systematic way and therefore the requirements for reliability models and data highlighted. According to some future challenges for the RCM there is a difference between practical work and the scientists working on the maintenance optimization models.

Key words: maintenance, expenses, reliability, technical system

САДРЖАЈ

1. Увод	4
2. Технички систем	7
2.1. Преглед стања техничких система	8
2.2. Одржавање и животни циклус техничког система	15
2.3. Трошкови животног века техничког система	16
3. Основне методе одржавања	20
3.1. Корективно одржавање	24
3.2. Превентивно одржавање	26
3.3. Инжењерство одржавања и сигурност функционисања	29
4. Одржавање према поузданости	32
4.1. Неки закони расподеле случајних величина које се користе у теорији поузданости	41
4.1.1. Неки континуални закони расподеле појављивања отказа	44
4.2. Поузданост у пракси	45
5. Примена одржавања према поузданости на примеру компаније Тетрапак у Г. Милановцу	47
5.1. Историја Тетрапак-а	47
5.2. Услуге и решења одржавања Тетрапак-а	50
5.2.1. Решења одржавања Тетрапак-а	52
4. Закључак	55
5. Литература	57

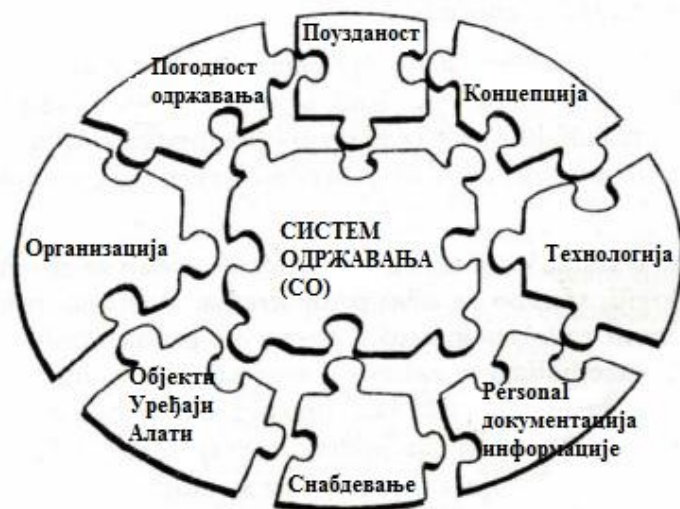
1. УВОД

Одржавање је комбинација свих техничких и одговарајућих административних активности предвиђених за очување неког средства рада, радног система или довођење истог у стање у коме може обављати предвиђену функцију Европске организације за контролу квалитета (енгл. *EOQC - European Organization for Quality Control*). Према Организацији за економску сарадњу и развој - OECD (енгл. *The Organisation for Economic Cooperation and Development*) одржавање је дефинисно у виду оне функције у предузећу, чија је надлежност константна контрола над постројењима и спровођење одређених оправки и ревизија, чиме се омогућава стална функционална способност и очување производних и помоћних постројења и друге опреме.

Инжењерска дефиниција одржавања је да одржавање техничких система подразумева спровођење свих мера како би једна машина или постројење функционисали на прописан начин, развијајући перформансе у дозвољеним границама, са захтеваним учинцима и квалитетом, уз обезбеђење радне и животне средине и потребну логистичку подршку. Одржавање је процес у коме се све активности спроводе према унапред дефинисаним критеријумима циља (трошкови, расположивост, ефективност, поузданост).

Појам одржавања техничког система је скуп поступака потребних за спречавање појава стања у отказу, тј. враћање система по појави стања у отказу у стање у раду, у датом времену и датим условима околине. Основу сваке технологије одржавања представљају поступци одржавања техничког система, које треба спровести.

Данас се одржавање дефинише као процес у коме се све активности спроводе према унапред дефинисаним критеријумима циља (трошкови, расположивост, ефективност, поузданост, итд.). Шире посматрано, систем одржавања (слика 1) представља део пословног система и кроз његово дизајнирање/редизајнирање потребно је да се интегришу: оптимална организација, релевантне технологије, информациони систем као основ обједињавања расположивих ресурса (материјални, људски, финансије, технологије, итд.) и инжењерска економија. [1]



Слика 1 – Систем одржавања

У индустријским условима, одржавање подразумева одржавање критичне опреме за производњу у оперативном стању или враћање исте у оперативно стање. Међутим, техничку дијагностику треба посматрати на вишем нивоу јер у 21. веку у већој мери биће потребна одређена стратегија управљања опремом. Рад сваког одељења и појединца је потребно да буде потпуно координиран и да подразумева међусобну подршку како би се остварила максимална поузданост и достигли максимални производни капацитети критичне опреме током целог њеног животног циклуса.

Да би се добила представа о савременим програмима одржавања базираним на техничкој дијагностици, неопходно је детаљније сагледати историјска искуства. Рад до отказа је био најранији тип одржавања, што је подразумевало рад машине до појаве отказа који би је зауставио. Такав приступ је скуп, с тим да највећи део трошкова настаје због непредвидивог стања машине, али је изненађујуће колико је такав приступ у примени и данас у нашој индустрији. До идеје о периодичном превентивном одржавању се поступно дошло, што је обухватало демонтажу и ремонт машине у редовним интервалима. Према овој теорији, машина има мањи отказ у раду, уколико се ремонтује.

Дуг период времена је егзистирало превентивно одржавање и постало је изузетно заступљено почетком осамдесетих година прошлог века. Према теорији „поправи је ако није покварена“ није прекидан несметан рад машине. У области одржавања најновија сазнања су названа „про-активна“, и обухватају технику такозване „анализе основног узрока отказа“ по којој је неопходно открити и отклонити основни узрок отказа машине.

У великој мери зависи и укупни квалитет одржавања од концепцијских решења. На начелима на основу којих се доносе одлуке о свим елементима битним за спровођење поступака одржавања, поготово у односу на њихов садржај и време се заснива концепција одржавања.

Две основне концепције су:

-  Превентивно одржавање и
-  Корективно одржавање.

Модел одржавања се поред ове поделе на моделе превентивног и корективног одржавања, деле и на моделе који представљају комбинацију ове две врсте. Такође може постојати добра и лоша стратегија одржавања према ефикасности.

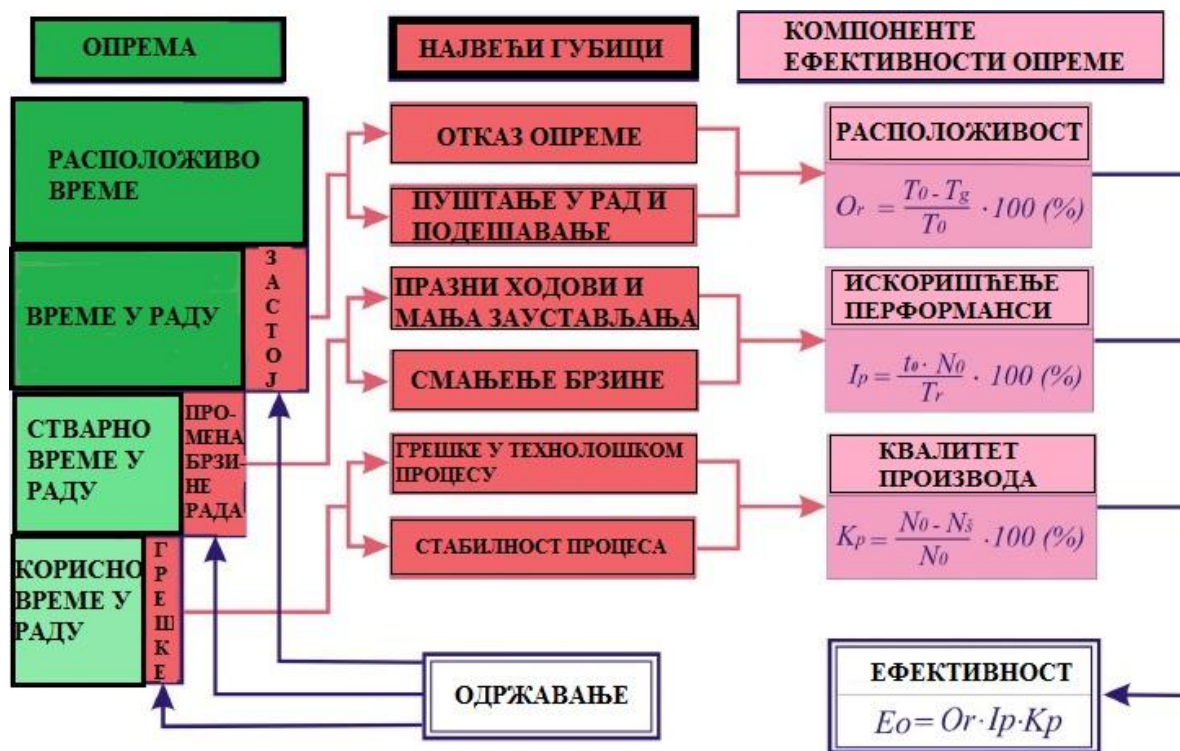
Директно ефикасност опреме (слика 2) зависи од:

- 1) расположивости опреме (O_r),
- 2) искоришћења перформанси опреме (I_p) и
- 3) степена квалитета производа (K_p).

где су:

-  T_o - расположиво време,
-  T_r - време у раду,
-  T_g - временски губици,
-  t_o - теоријско време циклуса,

- ✚ t_{os} - стварно време циклуса,
- ✚ N_o - број израђених елемената (производа) у току једне смене и
- ✚ N_s - број лоших производа (шкарт).



Слика 2 – Ефективност опреме [1]

У Србији у свим фабрикама са страним капиталом, нова пословна филозофија је производња светске класе (енгл. *World Class Manufacturing - WCM*) која је базирана на:

- ✚ Организацији радног места (нула временских губитака),
- ✚ Квалитету (нула шкарта),
- ✚ Одржавању (нула отказа на опреми) и
- ✚ Логистици (нула залиха).

Основи одржавања и инжењеринг одржавања су:

- ✚ Основи проблематике одржавања и захтеви у садашњем и будућем времену,
- ✚ Карактеристике техничких система и стање у раду и отказу,
- ✚ Одржавање и ефективност техничких система,
- ✚ Основне методе одржавања и
- ✚ Основи техничке дијагностике.

Поред напретка савремених средстава техничке дијагностике увек ће бити драгоцен знања експерата, који могу без посебних средстава да покажу у чему је проблем (вештачка интелигенција). Ипак се у овом случају индивидуалне експертске дијагностике, поставља питање веродостојности постављене дијагнозе, дијагноза мора

бити постављена тачно, што подразумева најчешће комбинацију оцене експерта и примену техничких средстава дијагностике.

Са циљем оцене тренутног техничког стања система се спроводе све активности (са растављањем и без растављања система) ради предузимања планираних активности одржавања или давања прогнозе техничког система у будућности.

Систем одржавања представља скуп елемената који обезбеђује да се потребни поступци одржавања једног техничког система спроводе на захтеван или прописан начин, у датим условима и у датом интервалу времена. [1]

2. ТЕХНИЧКИ СИСТЕМ

Организовани скуп елемената, обједињен заједничком функцијом циља је *технички систем*. Различите функције циља имају различити технички системи. *Техничка дијагностика* је пре свега везана за појам одржавања свих техничких система, како главних тако и пратећих индустријских области у светској привреди. Као саставни део процеса одржавања према стању, техничка дијагностика, треба да утврди техничко стање саставног дела система са одређеном тачношћу у одређеном тренутку времена – наука која се бави препознавањем техничког стања система. [4]

Предмети везани за техничке системе заузимају видно место у наставним програмима усмереним ка образовању стручњака различитих профила, поготово у области инжењерства. Основни разлог за то је што предмети везани за техничке системе проучавају машине и алате значајне за производњу, нове поступке обраде, обрадне процесе, флексибилне производне системе, рачунарски интегрисану производњу и пренос иновације технологија. Предмети везани за техничке системе су вештачки системи који су настали посредним или непосредним деловањем човека. Већина својстава предмета везаних за техничке системе имају карактеристике природних система. У ове карактеристике спадају: целовитост; адаптивност; стабилност; затвореност (отвореност); повратна веза итд.

Сваки предмет везан за технички систем је састављен од подсистема, односно од елементарних или основних подсистема. Наведени основни системи су међусобно повезани релацијама, које су присутне и код односа система и околине.

Под *системом техничког одржавања* подразумева се целокупност узајамно повезаних извршилаца, техничких средстава и радних операција које су неопходне за одржавање и поновно обнављање инсталација у радно способном стању у процесу експлоатације. У процесу експлоатације обавља се техничко одржавање, оправке, при којима се установљују неисправности и потенцијалне непоузданости елемената и њихова замена или оправка. Као последица тога, у почетној етапи експлоатације има места повећаној поузданости. Претпоставља се да је ово могуће само у току техничког одржавања, као последица отклањања неисправности.

У различитим областима технике користе се системи експлоатације до учинка ресурса (рока трајања), до отказа и до стања пре отказа. Саставни део система техничке експлоатације је систем техничког одржавања: техничко одржавање према времену

рада за одређено време (ППР – планом предвиђени ремонт) и техничко одржавање према стању. [2]

Човек је најважнији чинилац у интегрисању тих активности. Прихватањем концепта напредних и флексибилних производних система, уз остале предности може да се постигне оптимално пружање услуга потрошачима, уз минимизирање трошкова и истовремено остваривање профита.

У својства техничког система спадају:

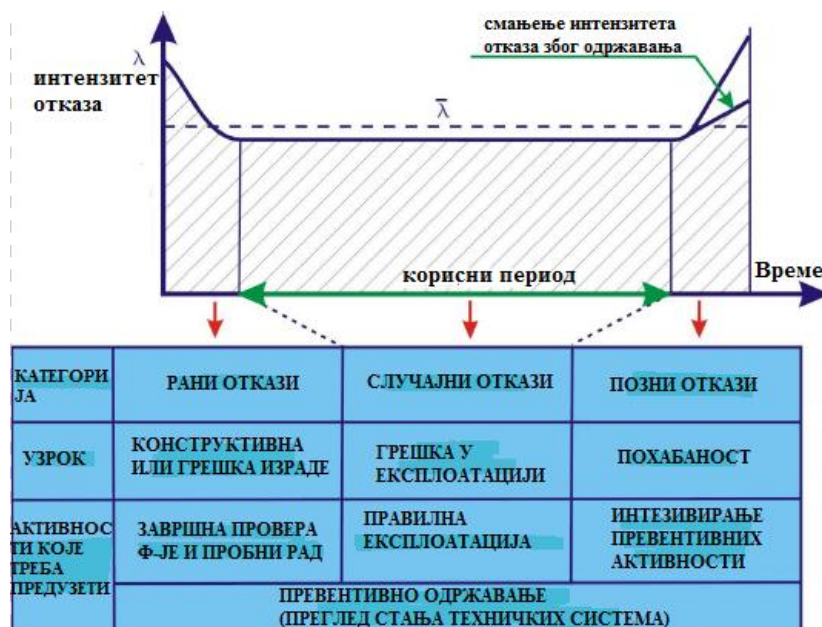
- ✚ Поузданост техничког система је једно од основних својстава, које непосредно утиче и на систем одржавања. Не постоји апсолутно поуздан технички систем, који не би никада, ни под каквим условима могао да откаже, и за такав систем не би ни био потребан систем одржавања;
- ✚ Погодност одржавања утиче на укупну сигурност функционисања, обухвата особине техничког система у погледу могућности спровођења потребних поступака одржавања, односно прилагођеност система за обављање превентивних и корективних поступака одржавања;
- ✚ Концепција система одржавања или стратегија, политика или концепт одржавања, одређује у ком тренутку треба да се спроводу поступци превентивног или корективног одржавања;
- ✚ Технологија система се дели на микротехнологију (на самом радном месту) и макротехнологију (систем одржавања у целини);
- ✚ Организација система одржавања представља односе између радионица за одржавања или извршилаца који спровode поступке одржавања, у смислу поделе надлежности, координације, функционалне и информатичке интеграције;
- ✚ Објекти, уређаји и алати су елементи без којих одржавање није могуће (најједноставнији поступци одржавања често се обављају без икаквих алата и уређаја, и обратно изузетно сложени поступци одржавања захтевају посебне и специјалне уређаје и алате);
- ✚ Лично (енгл. *Personal*) и документација (структура, старост, обученост радне снаге; упутства, каталози, приручници, норме) и
- ✚ Снабдевање је један од најсложенијих чинилаца система одржавања (снабдевање резервним деловима, енергентима, водом, потрошним и другим материјалима; снабдевање информацијама, документацијом итд.).

2.1. ПРЕГЛЕД СТАЊА ТЕХНИЧКИХ СИСТЕМА

За наведену врсту активности често се код нас срећу и појмови као што су инспекција (шире прихваћено у пракси западних земаља или тературина енглеском језику), технички преглед, периодични преглед итд. Основни циљ прегледа је да се спречи потенцијални отказ. Да ли ће преглед бити дневни, недељни, месечни, полугодишњи или годишњи тј. само планирање прегледа, не може се одлучити без озбиљније анализе техничког система. Неки од извора информација неопходних за доношење правилне одлуке су:

- ✚ упутство за одржавање и руковање,
- ✚ искуство особља на одржавању и
- ✚ испоручиоци резервних делова.

При крају и на почетку експлоатације техничких система долази до честих појава отказа. Што значи да у наведеним периодима треба интензивирати прегледе, односно, све превентивне активности на одржавању треба прилагодити облику криве приказане на слици 3. [4]



Слика 3 – Карактеристичне фазе и активности при експлоатацији техничких система [1]

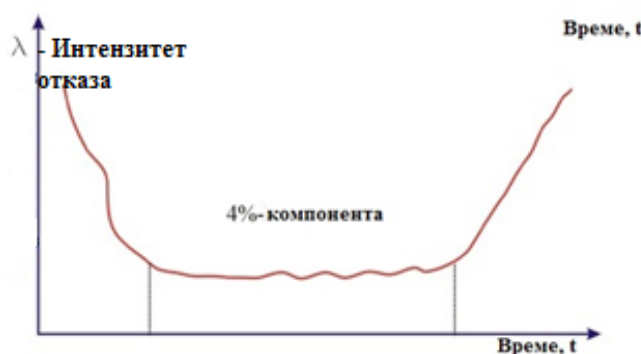
На слици 3 је приказана „када крива“, чији назив јасно произилази из његовог облика, који еволуира од следеће три фазе:

- 1) У раним фазама код распоређивања производа, постоји нешто преостало од подстандардних делова, материјала, процеса и израде који измиче фабричком тесту и провери радње, и на тај начин остаје у производу у свом месту почетне употребе и операције. Ове подстандардне ставке обично површински веома брзо делују у односу на потпуни животни век производа, али у почетку оне производе стопу неуспеха која је већа од очекиване дугорочне стопе неуспеха. Како су ови проблеми површински и уколоњени, стопа неуспеха учестаности појаве отказа ће се смањивати и доћи ће до стабилизације учестаности појаве отказа λ . Ова прва фаза циклуса се назива фаза „дечије болести“, односно опадање стопе отказа.
- 2) Када је стабилизација учестаности појаве отказа завршена, константна фаза стопе неуспеха објашњава претходно описано. Неуспеси производа су више случајно у природи, и стабилизовани на нивоу инхерентне поузданости производа. Учестаност појаве отказа у просеку, има константну средњег времена између отказа (енгл. *Mean time between failure – MTBF*), али због насумичне појаве отказа не може се предвидети ни тачно време ни прецизна врста пропуста која долази на крају. Што представља нормални рад и ниску константну вредност стопе отказа.

- 3) Као што радни век производа напредује, неколико потенцијалних грешака механизма могу се развити који више нису насумичне у природи. У ствари, они представљају стварно време или зависан циклус, и доводе до старења производа и истрошења. Ови механизми укључују ставке као што су хабање материјала, погоршање истрошености, структура промене зрна и материјална промена својине. Када се то догоди, неуспех интензитета отказа поново почиње да се повећава, а производ може да се ближи крају корисности животног века уколико је поправка или замена утицајних делова (уређаја) обимна и скупа. Ова трећа фаза се назива „старење и фаза истрошености“, односно крај животног века, пораст стопе отказа тј. повећана фреквенција отказа због дотрајалости техничког система. [2]

У току производње и укључивању техничког система у експлоатацију, може бити у једном од два могућа стања: стању у раду и стању у отказу. Уколико је технички систем исправан и извршава прописани задатак, на прописан начин и у прописаном времену, он је у стању у раду. Уколико није исправан, задатак се не извршава на прописан начин, и налази се у стању у отказу. Данашња техника се заснива на постојање само два стања, стања у раду и стања у отказу и одговара бинарној логици.

На пример код промене интензитета отказа компонената ваздухоплова, крива интензитета отказа у облику „каде“ је дуго сматрана за стандардни облик. Али само 4% свих компонената авиона има овакву природу промене интензитета отказа. [1]



Слика 4 - Поузданост „када крива“ [1,2]

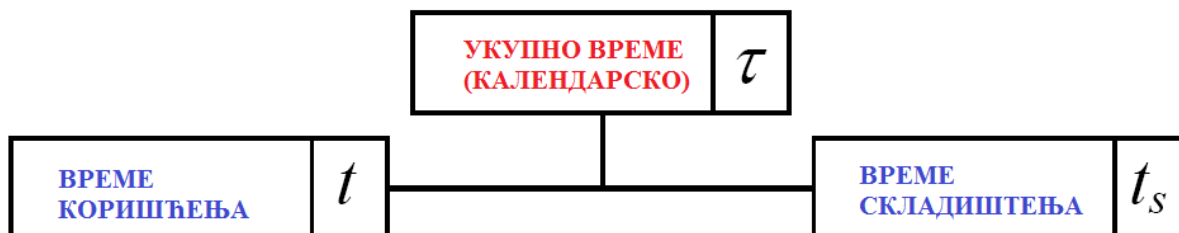
Појмови који ближе описују стања техничких система су:

- ✚ Радно стање – operating state,
- ✚ Нерадно стање – non-operating state,
- ✚ Непланирани застој – standby state, (нерадно стање у времену рада),
- ✚ Функционални застој – idle state, (нерадно стање у времену нерада),
- ✚ Стање радне неспособности – disabled state, (стање система где он не може да извршава задатке из било којих разлога),
- ✚ Изазвани нерад/застој – external disabled state, (нерадно стање изазвано искључиво спољним разлозима, независним за одржавање),
- ✚ Стање у отказу – down state, (нерадно стање услед отказа или спровођења обимнијег превентивног одржавања),

- ✚ Стање у раду – up state, (систем извршава своје задатке уколико је логистички обезбеђен и подржан),
- ✚ Активно стање – busy state, (систем извршава своје задатке на прописан начин),
- ✚ Критично стање – critical state, (систем изазива нежељене последице, повреде и материјалне штете).

Временско стање (слика 5) система је укупно календарско време коришћења једног техничког система и оно обухвата:

- ✚ време у раду t_{ri} ,
- ✚ време у отказу t_{oi} и
- ✚ време где се систем налази у складишту t_{si} .



Слика 5 – Временска стања [1]

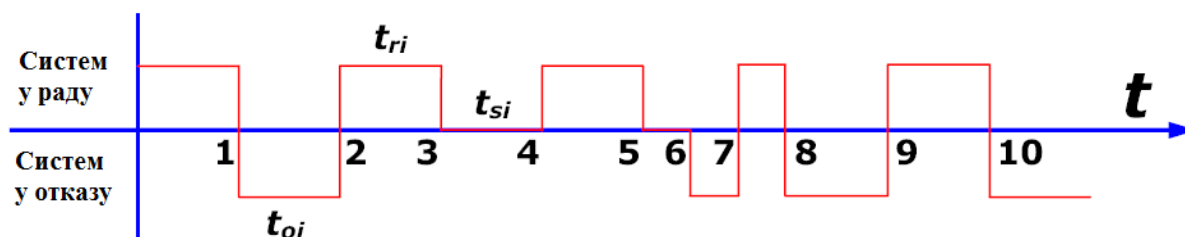
$$\tau = t + t_s \quad (1)$$

$$t = \sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n t_{si} \quad (2)$$

t_i — појединачни сегменти времена коришћења,

t_{si} — појединачни сегменти времена складиштења.

На слици 6 је дат основни ток промене стања једног техничког система који може да се објасни помоћу временске слике стања.



Слика 6 – Временска слика стања [1]

На слици 6 сви временски интервали представљају случајне величине. Случајно трајање рада до појаве отказа, многи случајни чиниоци одређују трајање поступака одржавања (чак и планских), а многи случајни чиниоци утичу и на трајање складиштења. Из тог разлога и процес коришћења техничких система има обележја случајног процеса. Потребно је размотрити временске интервале за анализе ефективности, сигурности функционисања, а посебно процеса одржавања техничких система. Време у коме се систем налази у стању у раду t_r , није исто што и време где је систем у активном стању t_{ra} .

Подела времена стања у отказу је на време планског (превентивног) t_{op} и време непланског (корективног) одржавања t_{ok} . Плански поступци одржавања одлажу појаву отказа. Време стања у отказу троши се на спровођење административно-организационих припрема – t_{opp} , на дијагностику – t_{opd} , на непосредно обављање поступака одржавања t_{opa} и на крају на проверу квалитета извршених радова t_{opk} .

Расподела времена до појаве отказа је функција поузданости, чија се густина $f(t)$ у случају стационарног процеса дефинише као:

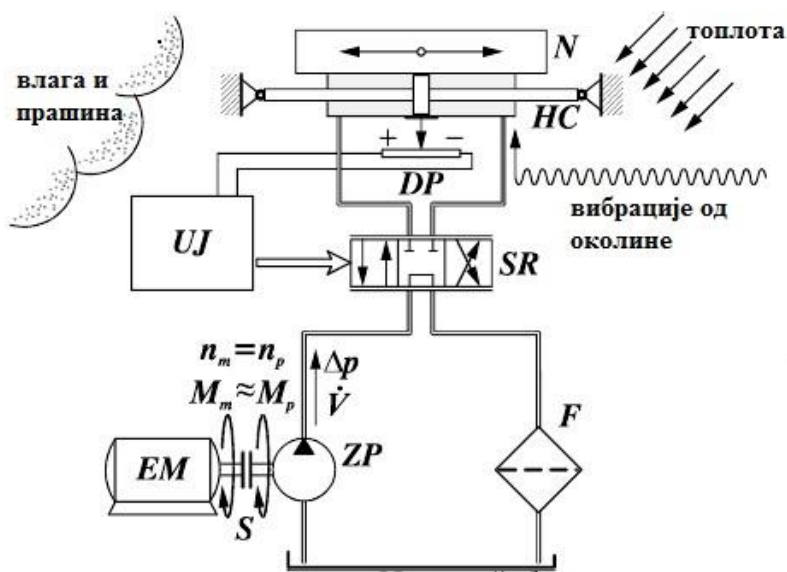
$$f(t) = F'(t) = \frac{R(t)}{m} = \lambda \cdot R(t) \quad (3)$$

$F'(t)$ – функција непоузданости,

$R(t)$ – функција поузданости,

λ – интензитет отказа, и

m – средње време до појаве отказа.



Слика 7 – Интеракција техничког система са околином [1]

У току експлоатације технички систем је изложен дејству околине (влага, прљавштина, топлота, вибрације). Поред тога постоји и унутрашње дејство, чији је извор сам систем. Ово дејство је везано за параметре процесе експлоатације (сила, температура, брзина кретања, осцилације). У току експлоатације долази до промена карактеристика структурних елемената (хабање, цурење, деформисање итд.), а самим тим и до промена стања техничког система као целине. Тај систем је детерминистички технички систем, али постоји и динамички технички систем. Динамичност одређују управљачке акције које доводе до промене стања система у времену. Ове промене се одвијају због преноса и трансформације енергије, материје и информација.

Док је *детерминистика* присутна због могућности дефинисања стања система у сваком временском тренутку и прогнозирања будућих стања у зависности од дејства управљачких акција. Са аспекта карактеристика може се појавити широк спектар различитих техничких система, што наводи и на специфичне и различите приступе код дефинисања стратегије и метода њиховог одржавања. На слици 7 је дат приказ интеракције детерминистичког техничког система са околином, где је: N – носач алата, НС – хидроцилиндар, DP – давач положаја, UJ – управљачка јединица, SR – серво разводник, EM – електромотор, S – спојница, ZP – зупчаста пумпа, F – филтер. [1]

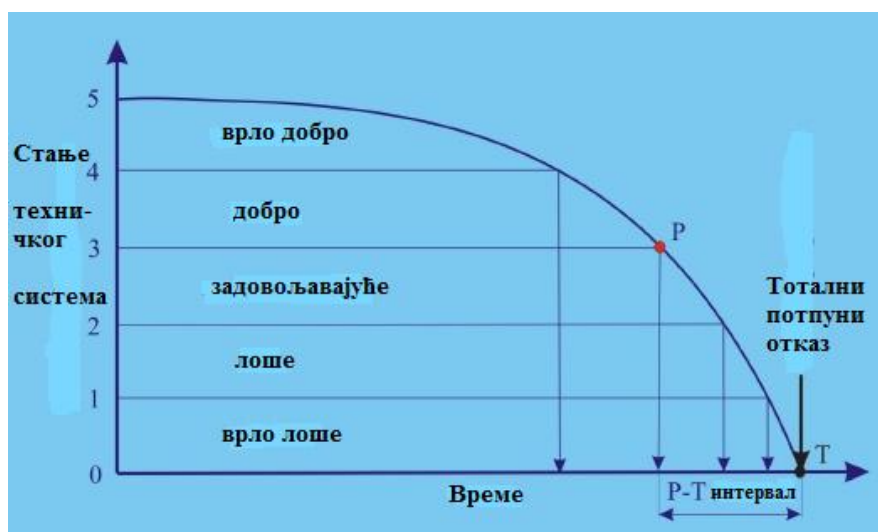
Отказ је догађај који доводи до прелаза из исправног стања (стања радне способности) у неисправно стање. Отказ представља потпуни или делимични губитак радне способности система. Код система се могу срести и тзв. другостепене неисправности – дефекти, које не нарушавају њихов исправан рад и системи се могу користити и после те врсте неисправности без бојазни за исправно обављање задатака. Такве неисправности су, на пример, грешка на уземљењу (при чему уређај и даље ради) или, прегревање сигналних сијалица и сл. Осим тога, могуће је говорити о релевантним и ирелевантним отказима (тј. они који се узимају односно не узимају у прорачуну). Под релевантним се подразумевају грешке у апликацији, грешке конструкције, грешке израде као и промена карактеристика изван оних утврђених спецификацијом. Под ирелевантним отказима подразумевају се грешке инсталирања и постављања, грешке руковања, сва случајна оштећења као и грешке изазване неправилном применом опреме за испитивање.

У току експлоатације елемената (система) под дејством различитих фактора, мења се величина неког од параметара елемената $x(x, x_1, \dots, x_n)$ у току времена у оквиру допуштених граница а и б. Под параметром се подразумева било која карактеристика елемената (система). У току те промене параметар $1x$ достиже једну од граница а или б, а излазак изван оквира допуштених граница квалификује се као отказ. На тај начин, под отказом се подразумева догађај који се дешава у тренутку када је вредност параметра $1x$ достигла једну од граница или је изашла изван њих. [2]

Међутим промена параметра $1x$ ван одређених граница не мора увек означавати и губљење радне способности елемената. На пример, код радио пријемника, може се десити да му осетљивост буде мања од дозвољене границе која је одређена техничким условима. То се сматра отказом, без обзира што пријемник може и даље да ради. Због тога је потребно да се за сваки систем унапред формулишу обележја стања радне способности и исправног стања, зависно од намене система, услова експлоатације, захтева према квалитету функционисања итд., и да она буду усклађена између наручиоца и произвођача.

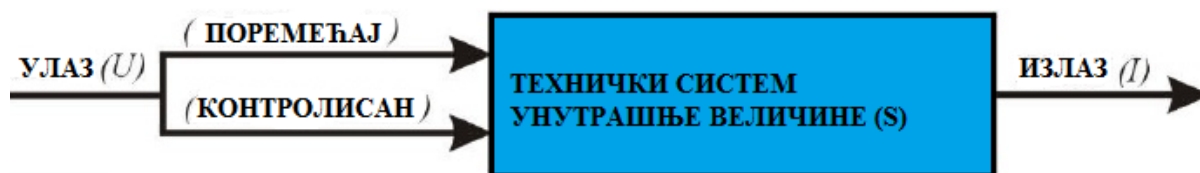
Код промене стања техничког система у току времена на почетку експлоатације новог техничког система стање је врло добро. У току времена стање се погоршава и увек може настати потенцијални отказ P , а ако се не предузму активности одржавања, настаје потпуни (тотални) отказ T када престаје обављање функције техничког система.

Интервал P - T се односи на период између идентификације потенцијалног отказа па до настанка тоталног отказа. Ово је уједно и расположиво време да се предузму одређене активности како не би настао тотални отказ који за последицу има веома високе трошкове одржавања у које се укључује и висока колатерална штета која може настати (повреда радника, пожар, индуковани откази и значајно оштећење опреме итд.). Уколико дође да извршења генерализације, било који технички систем са карактеристичним величинама може се приказати као на слици 8.



Слика 8 – Промена стања техничког система у току времена [1]

Са слике 9 карактеристичне величине се могу представити као вишедимензионални вектори, односно улаз $U(u_1, u_2, \dots, u_n)$ унутрашње величине или карактеристике режима рада система $S(s_1, s_2, \dots, s_m)$ и излаз $I(i_1, i_2, \dots, i_r)$.



Слика 9 – Основни приказ техничког система [1]

Дефинишу се и показатељи поузданости техничког система на основу излаза. У суштини се стање система увек идентификује према вредности излаза (вектор стања), а за тачно дефинисани улаз (вектор контролисаног управљања). У истом временском тренутку стање (систем) може бити:

1. У раду: $I = \varphi(U, S, t)$ и
2. У отказу: $I^* = \varphi^*(U, S^*, t)$.

При контролисаном улазу, излаз очигледно зависи само од карактеристика режима рада, односно унутрашњих величина система.

2.2. ОДРЖАВАЊЕ И ЖИВОТНИ ЦИКЛУС ТЕХНИЧКОГ СИСТЕМА

Животни век једне машине, постројења, уређаја или било ког другог техничког система има сложену структуру, он захвата низ посебних, али међусобно повезаних и временски усклађених група активности. Дејством великог броја чинилаца је одређен однос ових сегмената.

Животни век техничког система обухвата пет временских фаза:

- 1) Концепцијско и идејно решење,
- 2) Развој и пројектовање,
- 3) Производња и пуштање у рад,
- 4) Коришћење и одржавање и
- 5) Расходовање.

На слици 10 је дат приказ који грубо разрађује садржај свих пет фаза животног циклуса и основне односе између њих, али на добар начин илуструје ову сложену проблематику.



Слика 10 – Фазе животног циклуса [1]

2.3. ТРОШКОВИ ЖИВОТНОГ ВЕКА ТЕХНИЧКОГ СИСТЕМА

Трошкови животног века техничког система се деле на:

- ✚ Трошкове набавке (транспорт, допрема, осигурање),
- ✚ Трошкове рада (радна снага, погонска енергија, помоћни објекти и инсталације),
- ✚ Трошкове одржавања (радна снага на одржавању, резервни делови, алати, уређаји и објекти на одржавању) и
- ✚ Трошкови администрације (управљање, администрација).

Укупни трошкови животног века одређују и продајну цену техничког система, као и ниво његових почетних материјалних улагања. Трошкови набавке су видљиви трошкови, док су прикривени трошкови: трошкови дистрибуције, трошкови одржавања, погонски трошкови, трошкови обуке, трошкови залиха, трошкови техничке документације и информатике и трошкови расходовања.

Тенденцију сталног пораста, због перформанси, сложености и већих потреба за одржавањем, показују трошкови одржавања савремених машина и постројења. Један од битних елемената и за оцену система одржавања, односно једну од битних подлога за објективно одлучивање о пројекту система и његовој изводљивости, представља процена трошкова одржавања. Неопходно је идентификовати све врсте трошкова и места њиховог настанка и извршити упоредно процењивање појединих трошкова за различите варијанте техничког система који се посматра. У начелу трошкови одржавања зависе и од карактеристика поузданости система који се посматра. [3]

Животни век производа постаје све краћи и краћи. Док, услови пословања се мењају веома континуално и брзо, а успех предузећа у условима конкурентности зависи од:

- ✚ квалитета производа,
- ✚ трошкова производње и
- ✚ цене продаје.

Самим тим, познавајући опште узроке настанка отказа на хидрауличким и уљно – хидрауличким елементима и системима, на основу којих се ефикасније могу спровести методе технологије одржавања, чиме се постижу мањи застоји у раду техничког система, односно, долази се до повећања продуктивности система. Треба истаћи, да за технологију одржавања хидрауличких система потребна је значајна обученост одржавалаца, која се пре свега огледа у познавању узрока настанка отказа, као и у спровођењу ремонтних поступака оправки на компонентама и системима хидраулике и уљне хидраулике на конкретном техничком систему.

Хидрауличне инсталације су саставни делови различитих машина и технолошке опреме који се експлоатишу у складу са нормативно-техничком документацијом и усвојеним системом техничког одржавања и ремонта. Да би се техничко одржавање обављало квалитетно неопходно је познавати уређај и принцип рада инсталације, умети читати хидрауличне шеме, анализирати функционисање инсталације и њених елемената ина основу анализе утврђивати и отклањати различите поремећаје.

Експлоатацијска технолошкост је оспособљеност хидрауличке инсталације за брзо и ефикасно обављање операција у односуна техничко одржавање и ремонт у реалним условима експлоатације. Захтеви за хидрауличко опремање који обезбеђују

експлоатацијску технологичност зависе од намене хидрауличне инсталације. Општи захтеви експлоатацијске технологичности су следећи:

- ✚ конструкција хидрауличне инсталације треба да омогући да се одређују места унутрашње нехерметичности без демонтирања агрегата;
- ✚ цевоводима треба да буде обезбеђен слободан приступ за проверу њиховог стања и замену;
- ✚ хидраулични резервоари треба да буду лако доступни и заменљиви (расклопиви);
- ✚ филтери хидрауличног система и хидрауличних резервоара треба да буду лако доступни при скидању филтера треба да буде искључено отицање течности;
- ✚ хидрауличне пумпе треба да се инсталирају на лако доступним местима са поузданим и брзо расклопивим причвршћивањем;
- ✚ замена пумпи треба да се обавља без поновне монтаже делова са агрегата који је скинут на поново инсталирани, отицање течности из система при замени пумпи искључује се;
- ✚ треба да буде обезбеђена контрола притисака при обављању техничког одржавања;
- ✚ треба да буде предвиђена унификација хидрауличних агрегата са релативно малим ресурсом рада.

Техничко одржавање хидрауличне инсталације укључује одржавање хидрорезервоара, хидролинија, пумпи и хидромотора, хидроапаратуре и радне течности. Независно од намене и места постављања инсталације пред њено пуштање у рад треба обавити следеће операције: проверити ниво течности у хидрорезервоарима и, ако је неопходно, извршити доливање, проверити причвршћеност свих агрегата и елемената путем спољашњег посматрања, уверити се у непостојање отицања течности у хидросистему, проверити рад свих хидромашина у празном ходу и постојање притиска у изливној магистрали. На крају радне смене неопходно је очистити кретаче хидроцилиндара од прашине, прљавштине и леда и увући их у цилиндар, поставити у неутралан положај полуге за управљање, погледати хидросистем и притегнути спојеве на местима пропуштања течности. Експлоатацијска технологичност карактерише се уопштеним и јединичним квантитативним показатељима. Група уопштених показатеља карактерише целокупност особина конструкције и одређује се сумарним утрошцима времена, рада и средстава за техничко одржавање, ремонт, профилактичке радове, итд., тј. временом борављења технолошке опреме и машина у стању које је неспособно за рад, за размотрени период експлоатације.

Техничко одржавање са контролом нивоа поузданости предвиђа хидрауличке инсталације до отказа и заснива се на принципу безбедног отказа, тј. када отказ агрегата не доводи до отказа читавог система. Захтев за безотказност објекта на коме се експлоатише хидраулична инсталација обезбеђује се резервисањем основних важних агрегата и система са високом функционалном вредношћу.

Одржавање према стању са контролом нивоа поузданости састоји се у сакупљању, обради и анализи података о нивоу поузданости саставних делова система и разради одлуке о неопходним планским активностима одржавања након снижења нивоа поузданости. [1]

За контролу поузданости основу система техничког одржавања чини оперативна оцена поузданости агрегата хидрауличне инсталације за читав парк производа истог типа, на

основу кога се означава обим и периодичност профилатичког техничког одржавања. У већини случајева за основни контролни показатељ поузданости узима се параметар тока отказа. Поред тога, за оцену поузданости користе се показатељи који одређују ниво привременог скидања агрегата у процесу експлоатације, ниво отказа у раду, утицај отказа на застоје технике, утроске за експлоатацију. Такође се обавља инжењерска анализа података о дефектима и неисправностима који су се испојили у процесу експлоатације, резултата дефектације агрегата и контролних демонтрања и монтирања.

Данас се разрађују аутоматизовани системи контроле нивоа поузданости на бази рачунара. Систем „РПАТ” припада системима аутоматизоване контроле поузданости хидрауличних инсталација авијацијске технике, он функционише на бази информације која доспева из експлоатацијских предузећа у виду картица регистрације неисправности. Систем обезбеђује непрекидно прикупљање, регистровање, обраду и анализу отказа на нивоу експлоатацијског предузећа и даје информацију о постигнутом нивоу поузданости. Ова информација је основа за планирање техничког одржавања за контролу поузданости.

Технички системи су састављени од неколико функционалних целина: система, подсистема, склопова и великог броја елемената повезаних и структурираних у једну целину, која обезбеђује извођење предвиђених поступака рада и вршење постављених задатих функција у времену и датим условима околине.

Сви системи, подсистеми, склопови, подсклопови и елементи техничког система као и све њихове везе имају задатак да изврше захтеване функције у оквиру дозвољених одступања, што представља способност система, која се карактерише његовим стањем „у раду“. Подсистеми (слика 11) представљају додатни хијерархијски ниво испод система, састављен од различитих група делова опреме за моделирање сложених функционалних група. [1]

Светски ниво конкуренције данас је изазов и принуда за компаније. Неоспорну глобалну конкуренцију карактерише стални притисак нових технологија и тржиште које стално иновира захтеве. То значи да брза имплементација нових технологија и пораст захтева купаца, а то све заједно намеће менаџерима доста изазова. Један од веома битних изазова односи се на опрему. Компаније које учествују у светској производњи карактерише:

-  коришћење високо продуктивних технологија,
-  високо конкурентно тржиште и
-  кратки рокови испоруке (временска ограничења).



Слика 11 – Подсистеми савремених техничких система [1]

На скраћење животног века опреме утиче све то, првенствено због њеног екстремно интензивног режима експлоатације. Други веома важан аспект је одржавање. Са развојем технике и технологије на деценијској скали захтеви и очекивања од одржавања су се мењали. Из тих разлога производња мора бити контролабилна¹. То се у највећем обиму постиже увођењем:

-  високо софистициране производне опреме и
-  смањењем учешћа радника у процесу производње.

Сходно томе, расте утицај одржавањана продуктивности профитабилност, односно на перформансе пословног успеха. Свако непланирано прекидање процеса производње или непостизање захтеваног квалитета производа, најједноставније речено је повезано са кашњењима или допунским трошковима. Са друге стране, једном изгубљено тржиште може бити изгубљено заувек. Према критеријумима светског тржишта, потребне су интегративности дефинисани циљеви и приступ при одржавању постаје све више процесно оријентисани свеобухватан (холистички). Преузет је измедицин *етермин холистички*. *Холистички* приступ здравом животу је концепт где се сви потенцијални фактори који могу утицати на здравље човека, узимају у обзир при процени његовог општег здравља. Код одржавања производне опреме у високо развијеним компанијама се користи исти приступ (холистички).

Савремени приступ одржавању производне опреме је детерминисан (одређен) процесима који се одвијају на глобалном светском тржишту. Преко потребе купаца се утицај тржишта првенствено остварује.

Сви купци робе односно корисници услуга захтевају:

-  виши ниво квалитета,

¹Контролабилност представља могућност предвиђања и контроле догађаја током живота предузећа (мала).

- ✚ краће време испоруке,
- ✚ бољи сервис и
- ✚ нижу цену.

Сами почеци схватања имају потребе за одржавањем везани за реактивни приступ, тј. интервенцију одржавања када дође до отказа. Отказ не постоји као појава у савременом холистичком приступу, из разлога што одржавање треба поред свега осталог да обезбеди и безотказни рад производне опреме („zero defect“).

3. ОСНОВНЕ МЕТОДЕ ОДРЖАВАЊА

Информациони систем је основ интеграције и управљања одржавањем. Са друге стране, финансијски аспект, односно профитабилностима главну улогу у свим производним/услугним процесима, што је од суштинског значаја у дефинисању стратегије односно методе одржавања.

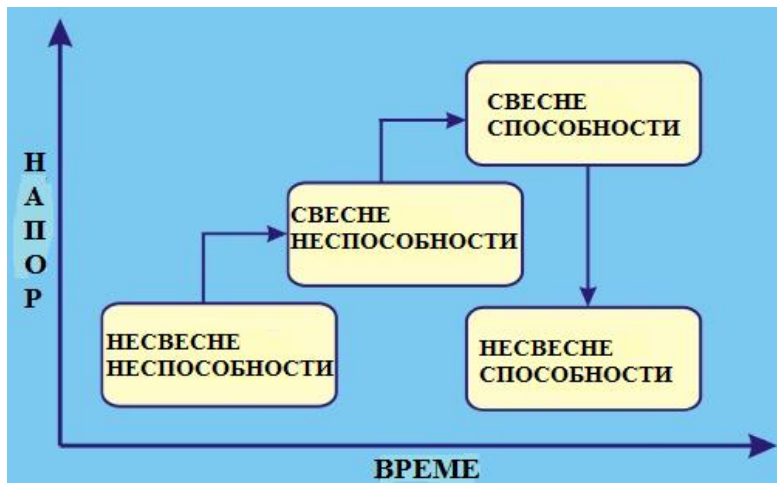
Постоји доста подела са аспекта стратегије, концепта, политике, типа и облика одржавања. Одржавање у шире посматраном смислу може бити планирано или непланирано, а што у суштини чини и основну његову поделу (слика 12).



Слика 12 – Подела одржавања [1]

У савременим системима одржавања највећи значај се придаје квантифицирању свих релевантних показатеља успеха, а првенствено оних који објективизирају интеракцију трошкова одржавања и профита предузећа у процесу производње без шкарта и производа без рекламације купаца, односно рекламације корисника услуга. При изради високо софистицираних техничких система иде садашњи и будући развој, где треба да буду потпуно елиминисани сопствени поремећаји и грешке у обављању функције. Само људским фактором у процесу експлоатације могу бити изазвани поремећаји и грешке. На руковаоца опремом и одржаваоце је фокусирано са тог аспекта унапређење процеса производње у фабрикама.

Приликом достизања високог нивоа самодисциплине и свести, као и учинком свог рада оптималним, руковаоц опреме, приликом процеса који се у потпуности аутоматизује, у жижи остаје само производна опрема и њено одржавање (слика 13). [1]



Слика 13 – Промена приступа у зависности од времена и напора [1]

Од одржавања зависе напредне методе одржавања у садашњем и будућем времену, као што су:

- а) Квалитета производа и услуга,
- б) Продуктивности,
- в) Профита,
- г) Заштите животне средине,
- д) Безбедност и здравље на раду и
- ђ) Побољшање перформанси постојећих техничких система.

- а) Квалитет

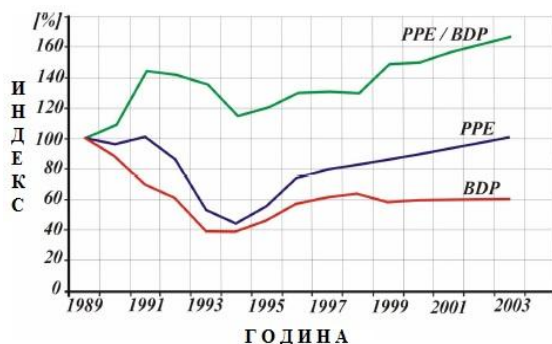
Апсолутно зависни од нивоа одржавања производне опреме су ниво и константност квалитета производа.

- б) Продуктивност

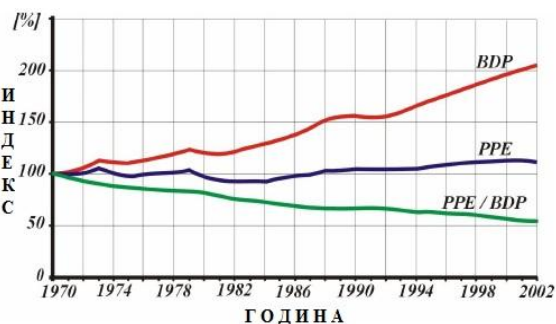
У остваривању жељене продуктивности, битан фактор је време исправног стања техничких система односно производне опреме. Планираним активностима одржавања се постиже максимално време исправног стања (кроз оптимално улагање).

в) Профит

У процес производње уложена средства се у највећем обиму ревалоризују кроз ефикасније коришћење енергије и дужи рад опреме. На сликама 14, 15 испод је дат приказ профитабилности у Србији и у развијеним земљама, где је BDP – бруто домаћи производ, PPE - примарна потрошна енергије и PPE/BDP- енергетски однос.



Слика 14 – Профит у нашој земљи [1]



Слика 15 – Профит у развијеним земљама

г) Заштита животне средине

У погледу заштите животне средине намећу се строжији услови и значајнија пажња којој се треба посветити. То се првом плану односи на све техничке системе, који због промене нивоа способности за рад доводе до производње или испуштања материја штетних по околину. Заштита животне средине може у значајној мери да се побољша правилном технологијом одржавања.

д) Безбедност и здравље на раду

При настанку отказа се могу догодити трагедије већих размера, где постоје такви просеци и технички системи у индустрији. То се односи на експлозије и пожаре, паралелно и на кобне последице за оне који рукују овим системима. Све то се може спречити применом правилне технологије одржавања (слика 16).



Слика 16 – Безбедност и здравље на раду [1]

ђ) Побољшање перформанси постојећих техничких система

На брзо застаревање техничких система указује данашњи ниво развоја технике и технологије у смислу њихове способности да задовоље савремене трендове при експлоатацији (производност, безбедност итд.). Могу се застарелим системима побољшати експлоатацијско-техничке карактеристике, извођењем одређених активности одржавања кроз модификацију и реконструкцију.

Одржавање у нашој земљи:

- ✚ недовољно се користи расположиво радно време свих учесника на пословима одржавања,
- ✚ у малом броју случајева се планирају активности на пословима одржавања,
- ✚ они који планирају и спроводе активности одржавања преко радних налога, не прате извршавање,
- ✚ у веома малом броју случајева се прати успешност одржавања и на основу тога доносе корективне мере,
- ✚ због недовољног планирања активности уводи се прековремени рад на одржавању,
- ✚ у највећем броју случајева не постоји превентивно одржавање па чак ни у елементарном облику (чишћење и подмазивање),
- ✚ скоро уопште се не прате трошкови одржавања и
- ✚ веома високи губици (енергија, време, итд) при експлоатацији техничких система због лошег одржавања.

Одлуке о одржавању се доносе код:

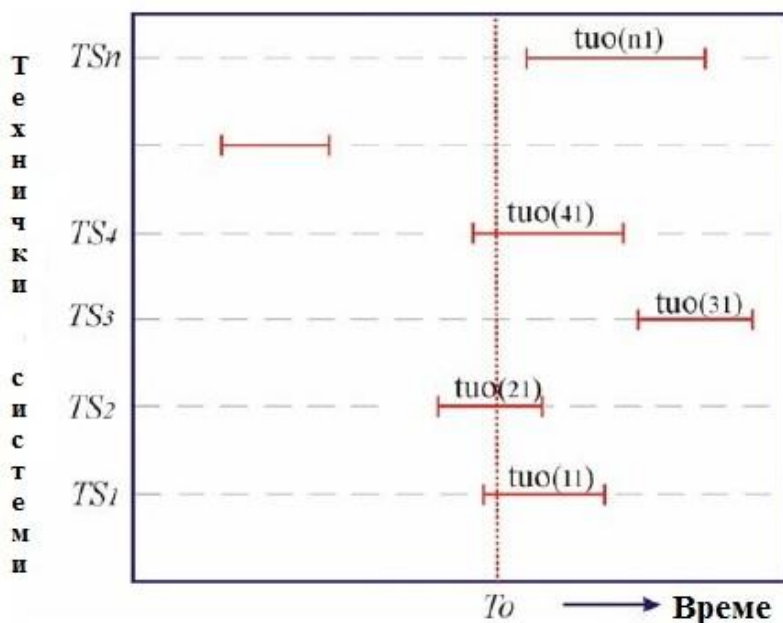
- ✚ одржавања према поузданости – после детаљног изучавања и познавања свих особина система који се одржава, а посебно карактеристика поузданости и
- ✚ тотално продуктивног одржавања – на бази сталног и широког увида у тренутно стање система који се одржава, посебно са становишта успешности извршавања његових задатака, тј. ефеката који се остварују његовим радом и коришћењем.

3.1. КОРЕКТИВНО ОДРЖАВАЊЕ

Услед корективног одржавања се допушта експлоатација техничког система до појаве отказа, а без претходних прегледа и праћења стања тог система. Задатак корективног одржавања је да елемент и/или систем из стања „у отказу” доведе у стање „у раду”. Елемент који је при томе отказао поправља се или замењује новим.

Уколико се не познаје законитост промене стања елемената техничког система (а што је најчешће случај код нас у пракси), откази тада припадају стохастичком процесу. Тада ће и век трајања елемената или целина функционисања (које чине структуру техничког система) имати стохастичку природу. [3]

С обзиром о увек присутној неодређениости промене стања елемената, појаву дугих застоја, тј. прекида у експлоатацији при корективном одржавању, треба прихватити као неминовност. Код већег броја техничких система који су истовремено у експлоатацији, може доћи до преклапања временских интервала (t_{uo}) када су они у отказу (слика 17).



Слика 17 – Временска слика стања групе техничких система

У случају када се врши замена дотрајалог елемента техничког система (слика 18), најприкладнији начин интерпретације корективног одржавања је помоћу функције поузданости $R(t)$.

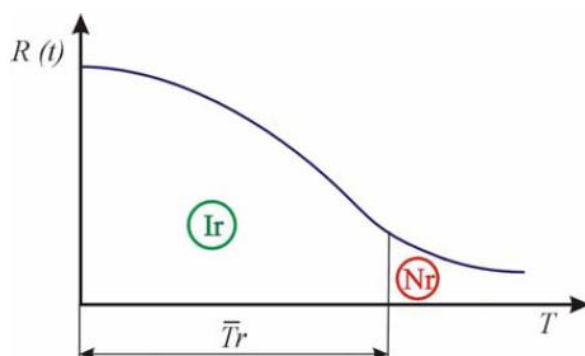
Укупан расположиви ресурс се дефинише као:

$$U_R = I_R + N_R \quad (4)$$

I_R – искоришћени ресурс,

N_R – неискоришћени ресурс.

Tr – Средње време у раду до појаве отказа је еквивалент искоришћеном ресурсу.



Слика 18 – Функција поузданости са карактеристикама величина [1]

Приликом корективног одржавања се иде на скоро потпуно искоришћење расположивог ресурса, односно:

$$I_r \gg N_r \rightarrow U_r \approx I_r \quad (5)$$

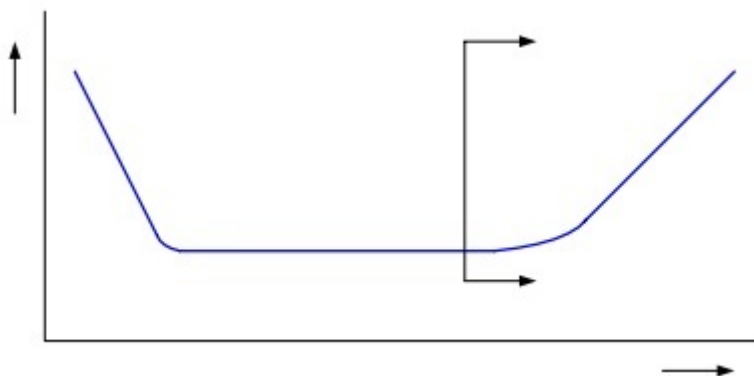
Предности су рационално коришћење расположивог ресурса, што на неки начин представља скору једину предност. Док су недостаци:

- ✚ немогућност предвиђања укупног броја отказа, тренутка њиховог настанка и времена трајања. У таквим условима немогуће је планирати било какве детаљне активности у циљу рационализације послова на одржавању;
- ✚ појава међусобно повезаних више отказа, што доводи до дуготрајних застоја опреме као и високих трошкова одржавања.

Поступци одржавања се деле на:

- 1) Основно одржавање – обухвата све оне поступке које обавља сам руковалац, на лицу места, без неких посебних технолошких захтева, без специјалних алата или других уређаја, као и поступке опслуживања (прање и чишћење, снабдевање горивом и осталим, елементарна подешавања, преглед стања система, провера инструмената ...).
- 2) Превентивна замена – обухвата све оне поступке који доводе до веће поузданости, у случајевима када је посматрани елемент у свом животном веку

већ зашао у период позних отказа (због замора, хабања, корозије,...). Али треба водити рачуна о томе, да је свака изградња или уградња новог или поправљеног елемента праћена са две неизвесности, а то су да ли је елемент који се уграђује добар и да ли је уградња извршена добро. Зато превентивне замене треба вршити само онда када су ризици од ових неизвесности мањи од позитивних ефеката који се остварују. На слици 19 је дат приказ дијаграма интензитета отказа.



Слика 19 – Дијаграм интензитета отказа

3.2. ПРЕВЕНТИВНО ОДРЖАВАЊЕ

У односу на „рад до отказа“ учињен је напредак ка превентивном одржавању, који се понекад назива и „историјско“ одржавање. Врши се анализа историје сваке машине, а периодични ремонти се планирају тако да се пре обаве статистички очекиване појаве проблема. Већ дуго времена је познато да ће већина група сличних машина испољити интензитет отказа који је делимично предвидљив, под условом да је остварен просек у дугом временском интервалу.

Превентивно одржавање обухвата и такве активности као што је замена мазива и филтера, периодична чишћења и контроле итд. Активности одржавања могу бити планиране на основу календарског времена, радних часова машине, броја произведених делова и др.

Превентивно одржавање је постало веома популарно раних 1980-их када су почели да се примењују мали рачунари за потребе планирања и евиденције послова одржавања. У студији превентивног одржавања (*United American Airlines*) откривено је да се за велике класе ротационих машина интензитет отказа значајно повећава управо после периодичног ремонта – другим речима, ремонт је смањио поузданост машина.

Превентивно одржавање може бити према времену и према стању. Одржавање према стању је засновано на периодичном или непрекидном праћењу (мониторингу) техничких система и регистровању проблема који доводе до појаве отказа, омогућава да се благовремено припреме и обезбеде одговарајући резервни делови и особље и отклоне проблеми пре него што доведу до отказа са веома озбиљним последицама. Код техничких система се одабирају најугицајнији параметри са аспекта квалитета обављања функције и преко њих се врши мониторинг и дијагностика стања.

Промена интензитета отказа у времену је најрелевантнији показатељ подобности техничког система за одржавање према стању. Овим одржавањем се не може у потпуности елиминисати корективно и превентивно-планско одржавање, али се при томе значајно смањује број непредвиђених отказа. На основу искуства индустријски развијених земаља, процењује се да се програм одржавања према стању може увести за најмање три године уз ангажовање већег тима стручњака из ове области.

Основне активности превентивног одржавања су:

-  чишћење,
-  подмазивање,
-  преглед стања и
-  поправке.

Превентивно одржавање је увек боље него корективно, а може бити по обиму недовољно или преобимно. Само на први поглед је најбоље и најлакше превентивно не радити ништа, јер то привидно и најмање кошта. Код оптимално креираног превентивног одржавања, постигнут профит вишеструко превазилази уложена средства у одржавање. [4]

Уколико се отказ појављује у најгоре могуће време, односно када је опрема најпотребнија:

-  Отказ на систему хлађења лети,
-  Отказ на систему грејања зими,
-  Отказ на аутомобилу када је најпотребнији и
-  Отказ на производној опреми када је добра цена производа на тржишту и велика могућност продаје.

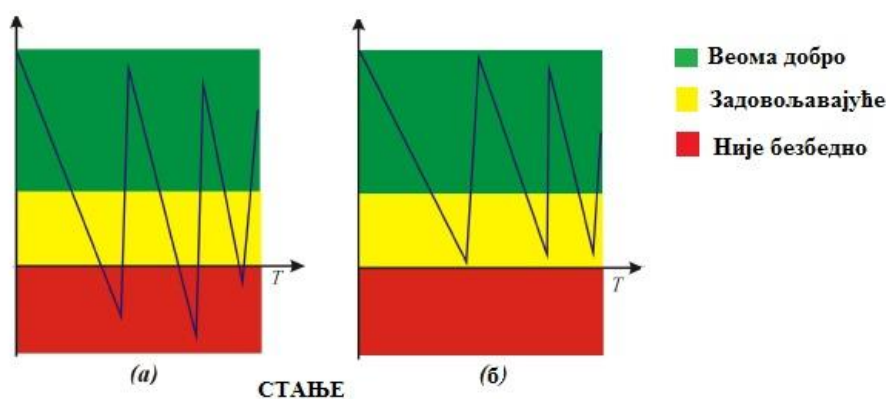
У овим случајевима време отказа траје од неколико часова до неколико дана. Уколико је служба одржавања кроз превентивне активности, односно првенствено преко прегледа стања – техничке дијагностике, региструје потенцијални проблем и у одговарајуће време интервенише и спречава појаву отказа.

Предности превентивног одржавања су:

- 1) Квалитетније управљање производним процесом - превентивно одржавање се планира унапред и његовим активностима се спречава појава отказа и појава застоја у процесу производње;
- 2) Веће искоришћење расположивих ресурса - на основу плана за извођење превентивног одржавања, унапред се врши прерасподела радних задатака на расположиве ресурсе или се ангажују додатна опрема и радна снага;
- 3) Обезбеђење жељеног квалитета производа - добро превентивно одржавање обезбеђује квалитетан излаз из техничког система. Ако је у питању производна опрема то значи да ће се на њој постизати жељени квалитет производа;
- 4) Повећање ефикасности опреме - за превентивно одржавање троши се само мањи проценат времена од онога које би било потребно за корективно одржавање. Веома је ретка појава отказа на опреми у току њене експлоатације;

- 5) Повећање продуктивности производног система - превентивним одржавањем се минимизирају проблеми везани за: тренутак појаве отказа, време трајања застоја, појаву шкарта, итд.
- 6) Нормирање послова - због природе понављања, активности на превентивном одржавању се могу тако нормирати да буду изведене на најбољи начин. То значи да свака процедура мора бити побољшана до нивоа савршенства. За ово је неопходно обезбедити обуку и школовање кадрова за одржавање;
- 7) Смањење прековременог рада - прековремни рад на одржавању може бити смањен или потпуно елиминисан јер се смањује учестаност појаве изненадних отказа;
- 8) Рационално планирање резервних делова - код превентивног одржавања унапред се планирају резервни делови и потрошни материјал. При томе се тачно зна који део и када ће бити употребљен. Неопходно је напоменути да је увек потребна и мања залиха резервних делова код превентивног него код корективног одржавања. То значи и рационалније пословање са аспекта издвајања за камате и складишни простор и
- 9) Повећање безбедности и боља контрола загађења околине - уколико не постоји превентивни и контролни преглед или уграђени сензори, код опреме се може погоршавати стање до тачке где она више није безбедна за коришћење или превише загађује околину.

Промена стања опреме у експлоатацији се одвија као што је то приказано на слици 20. Експлоатација неког техничког система: а) без превентивног и б) са добрим превентивним одржавањем; где при експлоатацији долази до погоршања стања и активностима одржавања оно се враћа на почетни ниво. Добра техничка дијагностика треба да упозори, пре него што перформансе достигну ниво када експлоатација техничког система није више безбедна.



Слика 20 – Експлоатација неког техничког система: а) без превентивног; б) са добрим превентивним одржавањем

Упркос свим предностима које упућују на увођење превентивног одржавања, постоје и неки проблеми који морају бити идентификовани и минимизирани. Такви недостаци се односе на:

- 1) Могућност појаве оштећења - у току превентивних интервенција технички системи или њихови подсистеми се укључују у функцију. Постоје могућности појаве грешке због погрешне процедуре или игнорисање одређених команди;
- 2) Висок ниво раних отказа - нови резервни елементи (уграђени кроз превентивно одржавање) имају већу вероватноћу појаве отказа у почетној него у каснијој фази експлоатације. Код резервних делова је често присутна и појава да квалитет и тест њихове поузданости нису исти као за делове који се користе за прву уградњу, где је очигледно да постоји ризик појаве високог нивоа раних отказа;
- 3) Неискоришћени расположиви ресурс - заменити неки елемент при превентивном одржавању (пре појаве отказа) је далеко боље него сачекати да се отказ појави. При томе је очигледно да се у потпуности не користи расположиви ресурс замењеног елемента. Због тога се повећава његова потрошња у експлоатацијском веку техничког система. Интересантно је анализирати однос цене резервног дела, вредност рада на његовој замени и времена застоја. Цена резервног дела је обично знатно мања од рада на његовој замени и трошкова застоја;
- 4) Високе почетне трошкове - везујући вредност новца за време односно за инфлацију, може се закључити да је веома битно када се овај новац инвестира у превентивно одржавање. Резервни делови купљени знатно раније него што ће бити искоришћени и преурањени превентивни захвати на опреми могу бити извор високих почетних трошкова и
- 5) Често прекидање процеса експлоатације опреме - за опрему која ради у велико серијској или масовној производњи главно питање се односи на могућност прекидања процеса у циљу извођења активности превентивног одржавања. Производња и одржавање морају увек усагласити термине за извођење прегледа стања и спровођење осталих неопходних превентивних активности на опреми.

3.3. ИНЖЕЊЕРСТВО ОДРЖАВАЊА И СИГУРНОСТ ФУНКЦИОНИСАЊА

Техничка дисциплина усмерена на повећање лакоће одржавања машина и уређаја је инжењерство одржавања. Одржавање система се може дефинисати на много начина, један од њих је, да је одржавање спровођење свих мера нужних да би једна машина, постројење или цела фабрика функционисала на прописан начин, без отказа и уз прописано обезбеђење животне околине. Како би један технички систем исправно радио у одређеном временском периоду, неопходно је да се на одговарајући начин одржава. Приликом пораста ентропије, као мере неодређености система, долази до отказа, поремећаја и прекида код свих система у природи. Потребу за одржавањем имају и поправљиви технички системи и системи за једнократну употребу.

Основни циљеви који треба да се постигну процесом одржавања су:

- ✚ Минимизирање трошкова због застоја у раду услед непланираних кварова на средствима зараде и
- ✚ Смањивање трошкова рада и материјала у производњи, који настају услед повећаних кварова и застоја у процесу рада.

Функција ефективности одражава укупна својства једног техничког система и даје одговоре на питања:

- ✚ да ли може да се укључи у рад,
- ✚ колико може да ради и
- ✚ како извршава задатак.

Функција ефективности се изражава као:

$$E(t, \tau) = R(t) \cdot A(\tau) \cdot FP \quad (6)$$

где је:

$R(t)$ — поузданост, вероватноћа рада без отказа у току времена t ,

$A(\tau)$ — расположивост или готовост, вероватноћа расположивости у било ком тренутку τ , односно да ће бити у стању да ради или да се укључи у рад уколико је систем био у складишту, и

FP — функционална погодност, степен задовољења функционалних захтева, прилагођавања околини.

Поузданост и расположивост су случајне функције, а функционална погодност је одређена величина, пројектовањем или конструкцијом система. Ефективност система се може приказати на три начина:

1. Ефективност система (први начин):

- ✚ Распоживост — мера стања система у тренутку укључења,
- ✚ Функционалност — мера стања система у току вршења функције критеријума и
- ✚ Способност — мера могућности извршења функције критеријума.

2. Ефективност система (други начин):

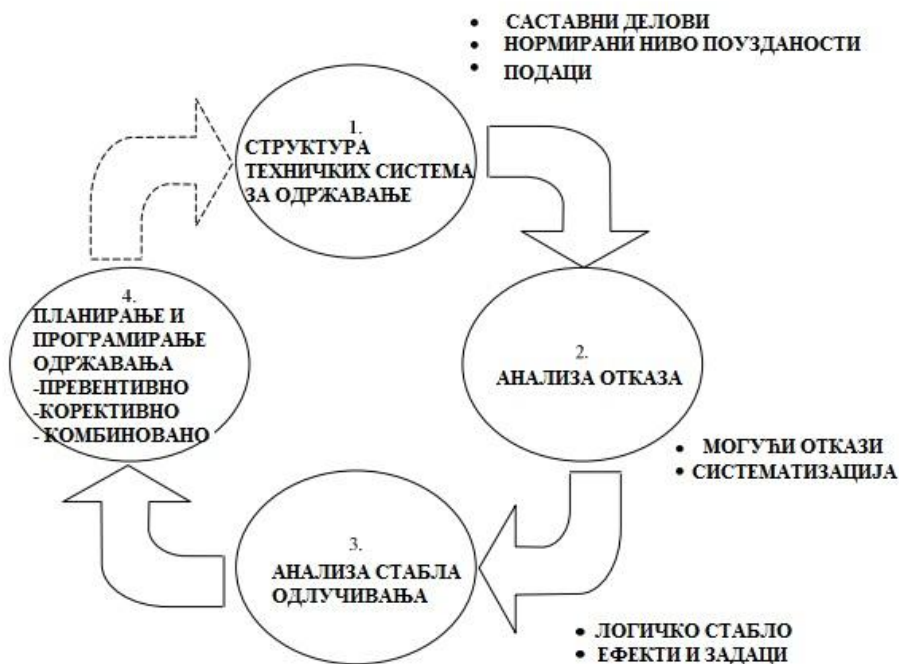
- ✚ Карактеристике,
- ✚ Распоживост и
- ✚ Корисност.

3. Ефективност система (трећи начин):

- ✚ Готовост — вероватноћа да ће систем успешно ступити у дејство у датом времену и у датим условима,
- ✚ Поузданост — вероватноћа да ће систем успешно вршити функцију критеријума у пројектованом времену рада и датим условима околине и
- ✚ Функционална погодност — способност система за успешно прилагођавање условима околине у пројектованом времену.

Према методологији одржавања постоје два прилаза:

- ✚ Одржавање према поузданости (слика 21) ОПП (енгл. *Reliability Centered Maintenance – RCM*),
- ✚ Тотално продуктивно одржавање - ТПО (енгл. *Total Productive Maintenance – TPM*).



Слика 21 – Алгоритам одржавања према поузданости (ОПП)

Комбинацијом једне или више опреме неуспеха и/или људских грешака доводи до губитка функције система. Следећи фактори који утичу обично на неуспех опреме су:

- ✚ Грешка у дизајну,
- ✚ Погрешан материјал,
- ✚ Неправилан изум и конструкција,
- ✚ Неправилно руковање,
- ✚ Неадекватно одржавање и
- ✚ Грешке при одржавању.

Дакле, одржавање је само један од многих приступа побољшању опреме поузданости и, самим тим, поузданости система. RCM анализа фокусира се на смањење отказа насталих услед не адекватног одржавања. Осим тога, помаже у идентификовању RCM прераних отказа опреме увођењем грешака у одржавању. У овим случајевима, RCM анализа може да препоручи побољшања за конкретне активности одржавања, као што су побољшање процедуре одржавања, побољшање перформанси радника, или додавање контроле осигурање квалитета/квалитета задатака за проверу правилног обављања важних задатака одржавања. RCM анализа поред циља побољшања

одржавања, може да препоручи измене дизајна и/или оперативних побољшања када поузданост опреме не може да се обезбедити кроз одржавање. [5]

Како би се ефикасно побољшала поузданост опреме кроз одржавање, промена дизајна или оперативног побољшања, мора имати разумевање потенцијалних механизма отказа опреме и повезаних утицаја система. Опрема неуспеха треба да се дефинише као стање које више не задовољава компоненте неког аспекта његове намере дизајна (нпр. функционални неуспех до кога долази због отказа опреме). RCM се фокусира на управљање пропуста опреме који се доводе у функционалним неуспесима. Како би развили ефикасну стратегију управљања неуспеха, стратегија мора бити заснована на разумевању механизма отказа.

4. ОДРЖАВАЊЕ ПРЕМА ПОУЗДАНОСТИ

Методологија заснована на поставкама теорије поузданости и системским наукама у целини је одржавање према поузданости. Основни циљеви и методе методологије ОПП су:

- ✚ Обезбеђење поузданости и безбедности постројења, односно објекта који се одржава на нивоу који одговара његовим уграђеним својствима (односи се на успешност конструкције и квалитета израде);
- ✚ У случају појаве отказа, квара или било каква функционалне грешке, враћање постројења на претходни ниво поузданости и безбедности;
- ✚ Добијање информација нужних за побољшање конструкције, односно за побољшање оних елемената чија је инхерентна поузданост недовољна и
- ✚ Остваривање свих оних задатака уз што мање трошкове, подразумевајући и трошкове одржавања и трошкове последица отказа које се не могу отклонити.

Суштина овог прилаза може добро да се сагледа из предлога препорука за формирање програма одржавања према методологији ОПП, коју припрема Међународна комисија за електротехнику (енгл. *International Electrotechnical Commission –IEC*). Овде се истиче да планирање и реализација одржавања у овом случају треба да укључи:

- ✚ прикупљање и састављање података значајних за формирање програма одржавања,
- ✚ детаљно упознавање, односно дефинисање техничког система и подсистема (делова) у његовом саставу, посебно са становишта међусобних веза, граничних услова и ограничења,
- ✚ потпуно дефинисање функције циља техничког система и свих његових подсистема,
- ✚ идентификацију функционално значајних подсистема и делова, чији отказ онемогућава испуњење функције циља,
- ✚ детаљну анализу и идентификацију отказа функционално значајних подсистема и делова применом метода „Анализа облика и последица отказа”, односно АОПО (или енгл. *FMEA*),

- ✚ предвиђање вероватноће појаве отказа значајних подсистема и делова, оцену критичности отказа функционално значајних делова применом методе „стабла одлучивања”, и
- ✚ дефинисање адекватних и ефективних поступака одржавања или, евентуално, предузимање других мера које могу да спрече или смање вероватноћу појаве отказа значајних подсистема и делова.

Почетак брзог развоја поузданости као научне дисциплине везује се за 30-те године овог века, када је почео и нагли развој ваздухопловне индустрије. Искуства стечена у другом светском рату, а касније и у локалним ратовима у Кореји, Вијетнаму, на Блиском истоку и слично била су драгоцене за касније свестране анализе поузданости елемената и система и акције у циљу повећања поузданости. Следећих неколико примера, заснованих на стварним праћењима рада система илуструју огромне користи остварене сагледавањем значаја организованог, планског и детаљног праћења поузданости:

- ✚ Године 1958. американци су лансирали успешно само 28% сателита, док је сада та цифра 92% и има сталну тенденцију пораста;
- ✚ Године 1959. период гаранције за аутомобил износио је 90 дана или 6000 километара, док данас неки произвођачи већ нуде гаранцију од 5 година или 80.000 километара;
- ✚ Хидраулична пумпа на авиону DC-8 првобитно је имала време између ремонта 1200h. Континуалним прикупљањем података о отказима, омогућене су конструкцијске измене које су повећале поузданост пумпе. Као резултат тога повећано је средње време између ремонта на 2 000h, затим 4000h и најзад 5800h. Значи, повећана поузданост резултирала је смањењем трошкова одржавања;
- ✚ Добро постављеним и вођеним програмом, поузданост система наоружања на авиону F-105 подигнута је са 0,7263 на 0,8986. Трошкови поузданости били су високи –25,5 милиона долара, али су зато и уштеде биле огромне –54 милиона долара годишње у трошковима одржавања.

Поузданост је вероватноћа да ће систем радити на предвиђени начин у одређеном времену и у предвиђеним радним условима, уз минималне прекиде изазване грешке у дизајну или раду. Поузданост техничког система је једна од основних својстава, где је са проблемом квантитативног изражавања поузданости повезан појам показатеља поузданости. Под овим појмом подразумева се квантитативна карактеристика неког од својстава које одређује поузданост. До квантитативних података о поузданости може се углавном доћи на следећа три начина: прорачуном, лабораторијски и у току експлоатације. Такође, непосредно утиче и на систем производње и одржавања. Непостоји апсолутно поуздан технички систем, који не би никада, ни под каквим условима могао да откаже, и за такав систем не би ни био потребан систем одржавања.

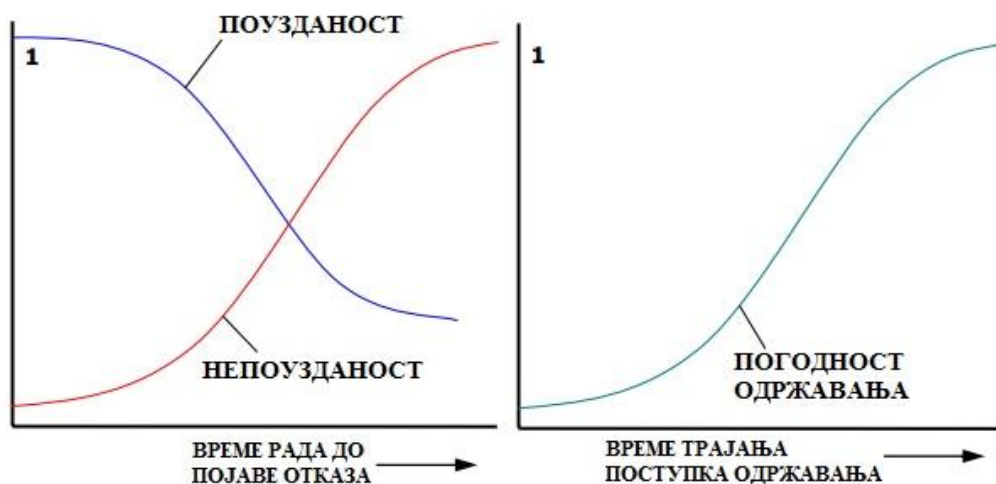
Први начин је посебно интересантан за уређаје или системе. Поступак се састоји у утврђивању степена поузданости на основу познавања поузданости компонената или блокова, кола уређаја и предвиђених режима рада. Тако утврђена поузданост је прорачуната поузданост. Од значаја је при развијању нових типова уређаја и система, када се у фази пројектовања узима у обзир потребна поузданост као један од захтева који треба да испуни пројектовани уређај. [5]

Други начин добијања података о поузданости је лабораторијски. Постоје разне нормалне и убрзане статичке и динамичке методе утврђивања поузданости у лабораторијским условима. Испитивања се врше било у нормалним било у посебним режимима рада.

Трећи начин, односно најприроднији начин добијања података о поузданости је на основу експлоатације. Специфичан проблем који се при томе јавља је организација добијања информација и веродостојност добијених информација.

Код фактора поузданости поузданост је вероватноћа да ће технички систем успешно обављати функцију у датом временском периоду уз задовољење постављених критеријума циља у дефинисаним радним условима. Основни показатељи поузданости су закон расподеле, интензитет отказа λ и средње време отказа.

Функција погодности одржавања има исти смисао као функција непоузданости у теорији поузданости (слика 22).



Слика 22 – Функција погодности одржавања

Формиране су агенције и Комитетиза праћење и анализу поузданости електронских компонената и система у многим богатијим земљама света. Они су прописивали спецификације са прецизним захтевима по питању поузданости које произвођач мора да задовољи. У садашњим спецификацијама захтева се да произвођач буде у стању да демонстрира постигнуту поузданост. Данас не само војна техника, већ и друге области примене технике намећу конкретне захтеве развоју поузданости, што је условљено све широм применом сложених уређаја и система. Дефиниције неких појмова који се користе у теорији поузданости су:

- 1) **Производ** – је широк појам под којим се могу подразумевати: систем, уређај, склоп или компонената;
- 2) **Компонента** - основна јединица или део који се не може раставити на мање делове без њеног уништења;

- 3) **Склоп** – је самостална целина, која се састоји од више компонената, а која има специфичну функцију;
- 4) **Уређај** – представља комплетну јединицу за употребу, а састоји се од извесног броја склопова смештених у једном заједничком оквиру и
- 5) **Систем** – је техничка организациона целина, односно интегрисана група уређаја, за самостално извршење неке групе задатака.

Поузданост (вероватноћа рада без отказа) се добија експериментом који се врши над N једнаких елемената, где под истим условима, после времена t у отказу је N_1 елемената, а N_2 је још у раду, где су [1]:

$$N_2 = N - N_1 \quad (7)$$

$$R(t) = \frac{N - N_1(t)}{N} = \frac{N_2(t)}{N} \quad (8)$$

$$F(t) = \frac{N_1(t)}{N} \quad (8.1)$$

$$R(t) + F(t) = \frac{N - N_1(t)}{N} + \frac{N_1(t)}{N} = 1 \quad (9)$$

где су:

$R(t)$ – поузданост,

$F(t)$ – вероватноћа отказа.

Под отказом у смислу поузданости подразумева се престанак способности уређаја да врши захтевану функцију. У току експлоатације уређаји и системи и њихови саставни делови (елементи) могу се наћи у једном од два могућа стања: исправном или неисправном. У исправном стању система (елемената) његове карактеристике задовољавају прописане захтеве, како радне, тако и споредне као што су изглед, погодност за експлоатацију и слично. Свако одступање од прописаних радних захтева може се сматрати отказом или неисправношћу.

Зачеци RCM-а се јављају половином 20. века и током развоја основа RCM, прошло се кроз три фазе (слика 23).

Прва фаза обухвата период до II Светског рата у коме индустрија није била високо механизована, па откази опреме нису били значајни. Менаџери у тој фази нису давали посебан приоритет превенцији отказа. Истовремено опрема је била предимензионисана, врло поуздана и лака за поправљање. Није било потребе за систематским одржавањем, осим чишћења, подмазивања и опслуживања. Потреба за обученошћу одржавалаца је била знатно нижа него у каснијим фазама.

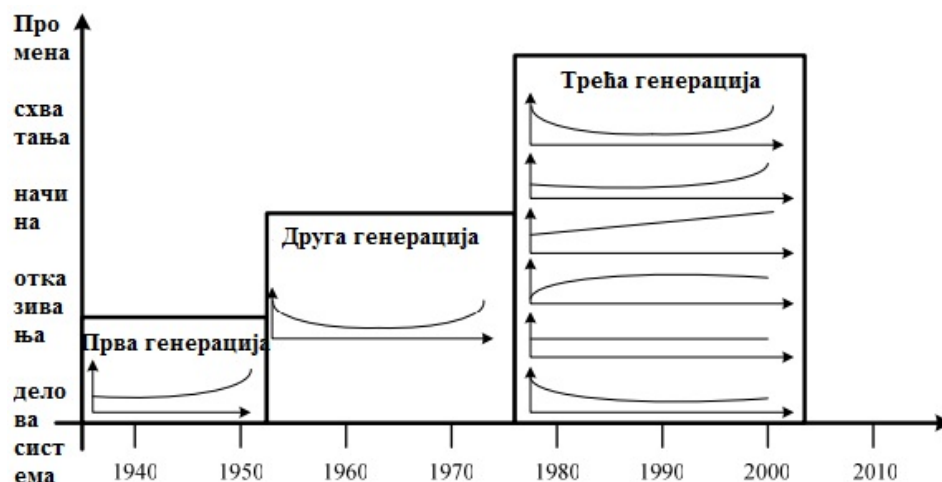
Друга фаза је започела драматичним променама у II Светском рату, порастом захтева за различитим робама и наглим порастом механизације, тј. све бројније и сложеније

машине изазивају све оштрије изражене појаве отказа. Идеја која је уследила је да се откази могу спречити превенцијом и јавља се концепт превентивног одржавања. У 60-им се овај концепт огледа у примени превентивног одржавања у фиксним интервалима – одржавање по унапред утврђеном ресурсу: сати рада, убрзано у односу на остале експлоатационе трошкове, што доводи до развоја система планирања и управљања одржавањем.

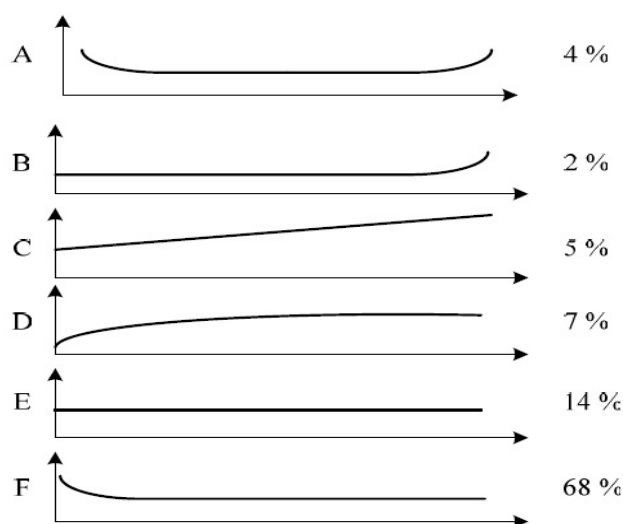
Трећа фаза почиње средином 70-их година и окарактерисана је порастом очекивања од одржавања и појавом нових истраживања и нових техника одржавања. У претходној фази се од одржавања очекивало да снизи трошкове, повиси расположивост постројења и продужи животни век опреме, у овој фази се од одржавања очекује да поред ранијих очекивања, испуни и захтеве за повишењем сигурности опреме за руководе том опремом, али и за околину, повишењем поузданости опреме, повишењем квалитета производа (снижавањем негативног утицаја неисправне – дотрајале опреме на квалитет производа) и повишењем ефективности инвестиција у одржавање (снижавањем трошкова, а повишење ефекта који су последица спровођења интервенција одржавања). Током ове фазе развоја одржавања, спроведена су многобројна истраживања, чији је резултат био сазнање да нису сви елементи подложни раније прихваћеном типу промене интензитета отказа познатом као „када (дијаграм) крива“, већ постоји шест различитих типова (слика 25) те промене, као на слици 24.



Слика 23 – Пораст очекивања од одржавања



Слика 24 – Промена схватања начина отказивања делова

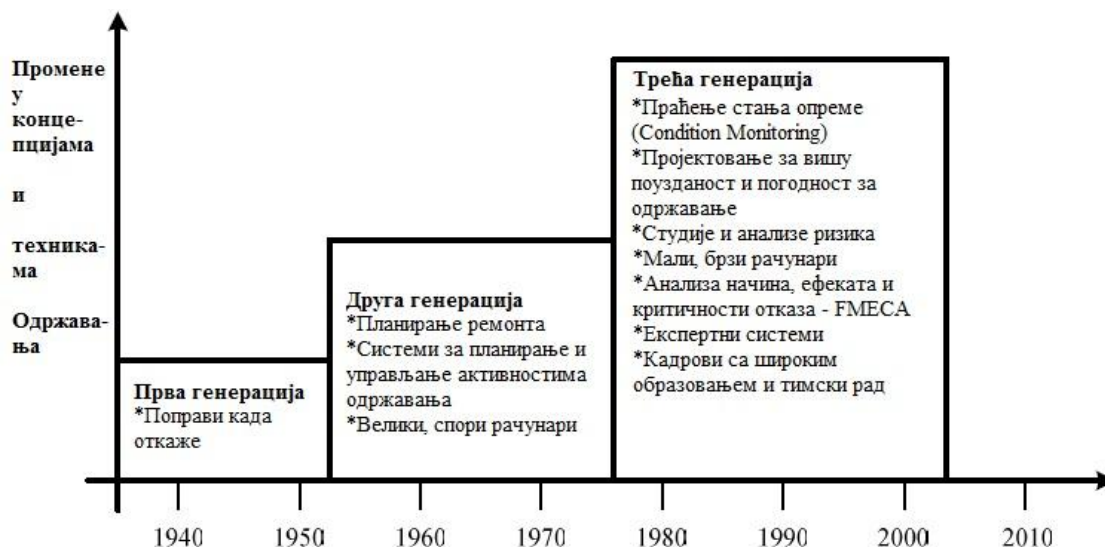


Слика 25 – Шест облика дијаграма интензитета отказа

Промене у концепцијама и техникама, које су се јавиле за време ове фазе, су биле многобројне и детаљније описивање свега новог би заузело пуно простора, тако да су те промене само приказане на слици 26.

Године 1960. су спроведена истраживања од стране FAA (*Federal Aviation Agency*) у САД са циљем да установе ефективност ремонта авиона у фиксним временским интервалима. Резултати истраживања су:

- ✚ Планирани ремонт је имао мале ефекте на укупну поузданост сложених компоненти, осим ако компонента има доминантан отказ услед хабања и
- ✚ Постоје многе компоненте за које не постоје ефективни и ефикасни начини превентивног одржавања.



Слика 26 – Промене у концепцијама и техникама одржавања

Ова истраживања су утицала на постављање концепта RCM, који је доживео даљи развој у периоду од 60-тих до 70-тих година. Пре отпочињања опсежне RCM анализе и дефинисања захтева који се постављају пред одржавање, неопходно је формирати детаљан каталог (регистар) технолошких система, који су предмет одржавања, као и спровести детаљно упознавање са производним процесом. Након реализације ова два неопходна корака, за сваки од дефинисаних технолошких система је потребно поставити седам основних питања/захтева концепције RCM и дати детаљне одговоре на свако од постављених питања. Тих седам питања су:

- 1) „Које су функције опреме битне у текућој експлоатацији?“,
- 2) „Који се откази опреме могу појавити?“,
- 3) „Који су узроци појаве отказа?“,
- 4) „Шта се догађа када се појави отказ?“,
- 5) „Колики је значај сваког отказа?“,
- 6) „Шта се може урадити да се спречи појава отказа?“ и
- 7) „Шта треба урадити, ако не може да се пронађе погодна превентивна активност?“.

1) *Које су функције опреме битне у текућој експлоатацији?* Пошто је основни задатак одржавања да обезбеди да инсталисана опрема ради онако како је и пројектовано, неопходно је да одржавање зна шта се очекује од појединог технолошког система и да зна како изгледа „нормалан“ режим рада и по којем стандарду је опрема пројектована. Из тог разлога је потребно да одржавање зна које су функције опреме битне за предвиђену експлоатацију опреме и због тога је неопходно да ово питање прво буде постављено и на њега детаљно и прецизно одговорено.

2) *Који се откази опреме могу појавити?* После упознавања са функцијама опреме, логично је поставити ово, друго по реду, питање. Сваки могући начин

престанка вршења планиране функције је потребно идентификовати, а то се чини помоћу два подпитања:

- ✚ „Како опрема може да неуспешно изврши своју функцију?“ и
- ✚ „Шта може да узрокује неуспешно извршење функције опреме?“.

- 3) *Који су узроци појаве отказа?* Циљ постављања овог питања је идентификовање свих начина појаве отказа - неиспуњења предвиђене функције, како би било идентификовано шта је то што је потребно спречити. За време спровођења овог корака потребно је анализу спровести са довољним нивоом детаљности, како би се избегла ситуација да се спроводу активности одржавања са циљем елиминације последица, а не узрока отказа. Са друге стране, потребно је уложити довољно пажње како би се избегло претерано залажење у детаље и непотребно трошење времена и енергије учесника анализе.
- 4) *Шта се догађа када се појави отказ?* При идентификацији сваког начина појаве отказа, потребно је идентификовати последице појаве сваког од наведених начина појаве отказа: да ли долази до заустављања производње, да ли се процес производње наставља са производњом шкарта, да ли је угрожена околина и да ли је угрожено здравље радника.
- 5) *Колики је значај сваког отказа?* Сваки отказ за своју последицу, има одређену количину времена и новца које је потребно утрошити да би тај отказ био отклоњен. Стога, откази могу имати и додатне последице по питању заустављања производње, производње шкарта, деградацију околине, повређивање радника, оштећење других делова система. Према томе, сваки отказ има неки временски и финансијски еквивалент и поред тога има и додатне последице које је некада могуће, а некада није могуће (или је то изузетно компликовано) изразити у временским и финансијским јединицама. Како су последице „скупље“ (и временски и финансијски) то је јача потреба да се такав отказ спречи, тј. да се пронађе нека превентивна активност која би елиминисала или одложила појаву отказа или барем ублажила последице тог отказа. Да би био олакшан рад са овим појмовима, RCM је дефинисао четири могуће групе последица: скривене последице, последице по безбедност и околину, производне последице и не-производне последице. Скривене последице се јављају у случају неких сигурносних уређаја чији отказ није очигледан, али када се јави потреба за укључивањем тих уређаја, последице појаве отказа могу бити катастрофалне. Откази са могућим последицама по безбедност (могућност повређивања људи или чак и смрти) и околину (могућност загађења земљишта, воде или ваздуха или дугорочног негативног деловања на климу - ефекат стаклене баште или уништавање Земљиног озонског омотача) су откази које је потребно озбиљно узети у обзир и учинити све што је могуће како би се они, ако је икако могуће, у потпуности елиминисали. Откази имају производне последице уколико њихова појава зауставља производњу, утиче на снижавање квалитета производа или нивоа услуге кориснику. Не-производне последице имају откази чији је једини негативан утицај трошак који се оствари приликом отклањања тог отказа (нпр. отказ једне од многих сијалица).

- 6) *Шта се може урадити да се спречи појава отказа?* Раније се сматрало да се сви елементи, односно њихови откази, владају по „дијаграму каде“. Касније студије у индустријским условима су показале да између 77% и 92% отказа нису временски-зависни, односно, да у тим случајевима није препоручљиво спроводити превентивне замене. Ово је разлог зашто су многе фирме одустале од превентивних интервенција, пошто су (погрешно) закључиле да никакве превентивне замене немају оправдање. Очигледно је да није могуће заменом „дотрајалог“ дела елиминисати отказе.

Из тог разлога RCM разматра три начина планирања и терминирања активности одржавања:

- ✚ активности планиране/терминирање на основу стања елемента,
- ✚ активности обнављања (поправљања) делова које су планиране/терминирање на основу неког ресурса (време рада, пређени километри, тона обрађене сировине...) и
- ✚ активности замене делова планиране/терминирање на основу неког ресурса.

Последње две групе активности се разликују само по акцији која се спроводи, док се планирање\врши на идентичан начин и ове активности су исте оне које су биле спроводене на основу предвиђања појаве отказа помоћу „дијаграма каде“. Новину представљају активности које спадају у прву групу. То су активности које су планиране на основу стварног стања елемента.

Уколико је елемент исправан, односно не показује знаке развијања процеса који ће довести до отказа, тај елемент се оставља да и даље врши своју функцију. Уколико се неком дијагностичком методом установи да је отпочео процес настанка отказа, могуће је „предвидети“ колико времена ће проћи док тај елемент не откаже и планирати одговарајућу активност одржавања пре тог термина.

- 7) *Шта треба урадити ако не може да се пронађе погодна превентивна активност?* Постоје случајеви када није могуће пронаћи одговарајућу активност која ће спречити појаву отказа и тада је потребно спровести економску анализу: да ли је економски исплативо пустити да елемент откаже и затим га заменити или је потребно урадити нешто да би отказ имао, што је могуће, блаже последице. RCM је дефинисао четири групе последица отказа и у зависности од групе којој припадају последице неког отказа, тражи се могућност деловања на неки отказ, односно његове узроке и последице. Уколико се ради о скривеном отказу, потребно је дефинисати активности откривања отказа (ове активности су широко у употреби у војсци, али се користе и у функцијама против-пожарне заштите). Ако се ради о отказу са последицама по безбедност радника или околине, корисно је спроводити само оне активности које умањују или елиминишу последице отказа. Уколико таква активност не постоји, посматрани елемент је потребно поново пројектовати или је потребно променити цео процес у коме учествује тај елемент. Код отказа који имају последице само по питању производње, препоручљиво је вршити превентивне интервенције само када су укупни трошкови тих превентивних интервенција нижи од трошкова који настају отказом тог елемента. Идентична

је ситуација и са отказима који немају директног утицаја на производњу. У оба случаја, ако није могуће пронаћи такву превентивну активност која ће снижити укупне трошкове, потребно је пустити да тај елемент откаже и након тога га мењати. Изузетак је ситуација када су трошкови који настају услед отказа изузетно високи и тада се препоручује спровођење реконструкције елемента или целог система.

Користи од примене концепта RCM се могу описати као:

-  виша сигурност и заштита околине,
-  побољшање експлоатационих перформанси (излази, квалитет производа и услуге кориснику),
-  повишена економска ефективност (смањење трошкова одржавања),
-  продужење животног века скупљих делова опреме,
-  проширење базе података о одржавању,
-  повишена мотивација радне снаге у одржавању и
-  бољи тимски рад.

Схватајући значај и могућности RCM-а, Међународно друштво аутомобилске технике (енгл. *International Society of Automotive Engineers - SAE*) је оформило Технички комитет који је 1999. године уобличио стандард JA1011: Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Овај стандард треба да помогне сваком ко жели да имплементира RCM, пошто дефинише смернице и појашњава многе детаље и активности које се спроводе приликом имплементације.

4.1. НЕКИ ЗАКОНИ РАСПОДЕЛЕ СЛУЧАЈНИХ ВЕЛИЧИНА КОЈЕ СЕ КОРИСТЕ У ТЕОРИЈИ ПОУЗДАНОСТИ

Основни појам у теорији вероватноће је појам догађаја. Под појмом догађаја у неком експерименту подразумева се свака чињеница која може да произађе или не из тог експеримента. Карактеристично за догађаје разних врста је да они имају неку меру (степен) могућности да се остваре. Како би се омогућило да се догађаји упоређују по степену могућности да се остваре, неопходно је да се са догађајем повеже одређени број, који је утолико већи, уколико је већа могућност остварења тог догађаја. За поређење разних догађаја по вероватноћи, усвојена је јединица мерења: вероватноћа извесног догађаја, тј. догађаја који ће сигурно произићи. [5]

За вероватноћу таквог догађаја усвојен је број 1, а сви остали догађаји који су могући, али не и извесни, имају вероватноћу мању од 1. Догађају који у датом експерименту уопште не може да се оствари, придодео је вероватноћа једнака нули, што је сасвим природно у односу на вероватноћу извесног догађаја. Израчунавање вероватноће случајног догађаја базира се на закону великих бројева, према коме се, при неограниченом повећавању броја испитивања, може тврдити са практичном сигурношћу да се учесталост догађаја мало разликује од његове вероватноће појављивања у једном испитивању.

Учесталост догађаја (или статистичка вероватноћа) дефинисана је на основу резултата истраживања и рачуна се из израза [6]:

$$P_S = \frac{m}{n} \quad [10]$$

где је:

m – број појављивања догађаја,

A, n – укупан број извршених испитивања.

У теорији поузданости изводе се операције са случајним величинама да би се добили показатељи поузданости.

Како би се могле вршити операције са случајним величинама, дају се начини, помоћу којих се случајна величина може описати и окарактерисати. Случајна величина X (прекидна и непрекидна) потпуно је окарактерисана, са тачке гледишта вероватноће, функцијом расподеле, која изражава вероватноћу догађаја да се оствари неједнакост:

$$X < x \quad [11]$$

x - текућа променљива

Вероватноћа P овога догађаја је функција променљиве x и означава се са $F(x)$.

$$F(x) = P(X < x) \quad [12]$$

Функција расподеле $F(x)$ назива се често још и интегралном функцијом расподеле или интегралним законом расподеле.

За дискретне случајне величине постоји још један специјални облик закона расподеле, који даје везу између могућих вредности случајне величине и одговарајућих вероватноћа. Форма задавања закона расподеле дискретних случајних величина може да буде двострука:

 у виду таблице у којој су дате вредности случајне величине и одговарајуће вероватноће (низ расподеле случајне величине X) и

 вишеугаоник расподеле, који представља графички приказ закона расподеле, где се на оси апсцисе представљају могуће вредности случајне променљиве (x_i), а на ординате одговарајуће вероватноће.

За непрекидне случајне променљиве облик закона расподеле, као што је низ расподеле, не постоји. Међутим функција расподеле $F(x)$ је универзална и потпуна карактеристика свих случајних величина (прекидних и непрекидних). [6]

Опште особине функције расподеле су следеће:

- 1) $F(x)$ је неоппадајућа функција аргумента x , $F(x_2) > F(x_1)$, ако је $x_2 > x_1$;
- 2) $F(-\infty) = 0$ и
- 3) $F(+\infty) = 1$.

Ако се зна низ расподеле дискретне случајне променљиве, лако се може формирати функција расподеле:

$$F(x) = P(X < x) = \sum_{x_i < x} P(X = x_i) \quad [13]$$

где неједнакост у знаку суме означава да се сумирање вероватноћа односи на све вредности x_i које су мање од x . На тај начин се увек може формирати функција расподеле за прекидну случајну величину.

Ако је функција расподеле $F(x)$ случајне величине X непрекидна и диференцијабилна, може се израчунати вероватноћа да ће та случајна величина узети неку вредност из интервала $[x, x + \Delta x]$.

$$P(x < X < x + \Delta x) = F(x + \Delta x) - F(x) \quad [14]$$

Вероватноћа по изразу (14) представља приштај функције расподеле у том интервалу. Однос ове вероватноће према дужини интервала у граничном прелазу када $\Delta x \rightarrow 0$ представља извод функције расподеле:

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{F(x + \Delta x) - F(x)}{\Delta x} = F'(x) \quad [15]$$

Извод функције расподеле којисе означава са $f(x) = F'(x)$ је карактеристика у извесном смислу густине са којом су расподељене вредности случајне величине утачки x . Због тога се та функција назива густином расподеле непрекидне случајне величине. За исту функцију постоји још и назив „диференцијална функција расподеле” или „диференцијални закон расподеле”.

Густина расподеле $f(x)$ је такође један од облика закона расподеле случајне променљиве, али за разлику од функције расподеле $F(x)$, тај облик није универзалан, јер постоји само за непрекидне случајне променљиве. Вероватноћа да ће случајна величина X узети неку вредност на елементарном одсечку dx дата је изразом [6]:

$$f(x) dx \quad [16]$$

Вероватноћа да ће величина X пасти на одсечак $[a, b]$ може се изразити преко густине расподеле:

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x) dx \quad [17]$$

Функција расподеле $F(x)$ може се на основу релације (17) изразити преко густине расподеле:

$$F(x) = P(X < x) = P(-\infty < X < x) = \int_a^b f(x) dx \quad [18]$$

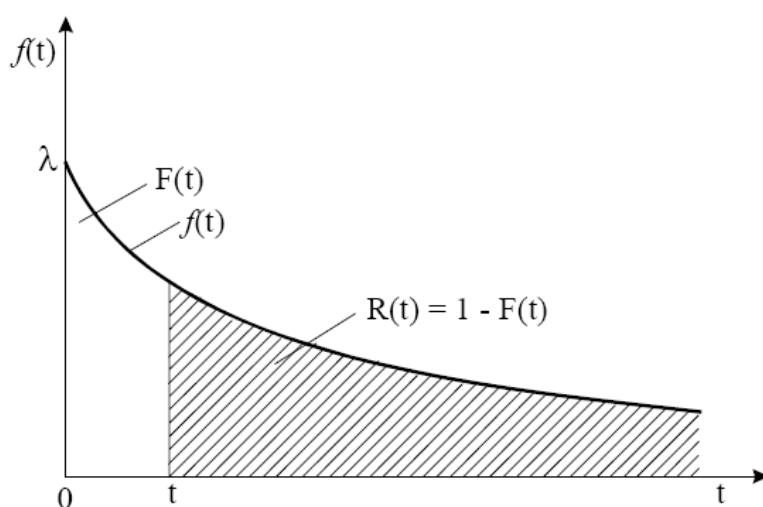
4.1.1. НЕКИ КОНТИНУАЛНИ ЗАКОНИ РАСПОДЕЛЕ ПОЈАВЉИВАЊА ОТКАЗА

Функција поузданости и функција интензитета отказа су јединствени, тј. одређеној функцији поузданости одговара само одређена функција интензитета отказа и обрнуто. На пример неке функције густине отказа које се најчешће користе у проучавању поузданости, заједно са функцијом поузданости и функцијом интензитета отказа које се на њих односе. Поред тога дати су и изрази за очекивано време безотказног рада.

Код експоненцијалне расподеле функција густине отказа у том случају гласи:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, t \geq 0, \lambda > 0 \quad (19)$$

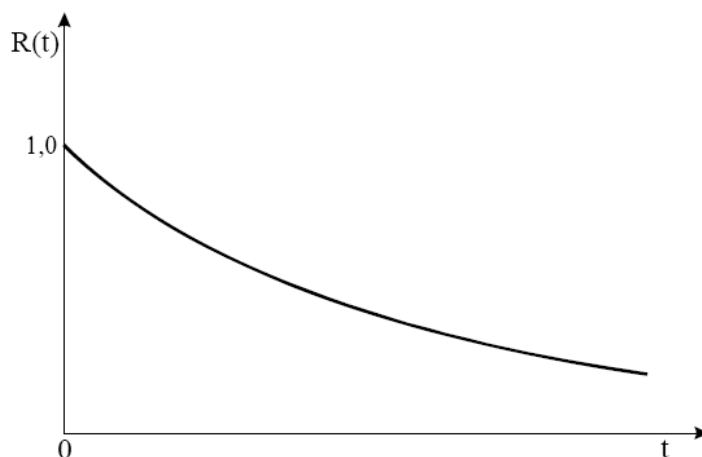
где је λ параметар, а t време отказа. Облик експоненцијалне расподеле дат је на сл. 27.



Слика 27 – Експоненцијална расподела

Коришћењем једначине може се добити функција поузданости:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt \quad \text{тј.} \quad R(t) = e^{-\lambda t} \quad (20)$$



Слика 28 – Функција поузданости у случају експоненцијалне расподеле

Облик функције поузданости је дат на слици 28. Уз позив на теорију поузданости и посебно на методе анализе отказа које се у овој дисциплини користе, потребно је да се нешто више пажње укаже анализама процеса одлучивања о одржавању. У начелу, анализе могућих одлука о одржавању треба да се врше са становишта критичности појединих отказа. То значи да прво треба проценити када и шта треба урадити да би се спречила појава критичних отказа, а тиме и спречиле, односно свеле на најмању вероватноћу последице ових отказа.

Ове процене и анализе могу да се спроводе на разне начине. Међународни ИЕС документ, препоручује „Метод стабла одлучивања”, поступак који се и иначе радо примењује за решавање оваквих и сличних задатака. Анализа стабла одлучивања је поступак који је методолошки у суштини аналоган поступцима анализе стабла отказа, широко коришћеним у изучавањима поузданости.

То је једна логичка процедура, која се алгоритамски и графички спроводи у виду стабла. Ова метода захтева снажну информатичку подршку, богате базе података о свим перформансама поузданости, расположивости и другим својствима система. Одржавање по овом методу тражи велика средства, снажне рачунаре и високо – софистициране софтвере. Зато се ова метода користи само тамо где је то посебно важно, за одржавање система високе сложености, велике одговорности и великих ризика од последица изненадних отказа (термоенергетска и процесна постројења, системи у ваздушном саобраћају и одбрани, системи телекомуникација и др.).

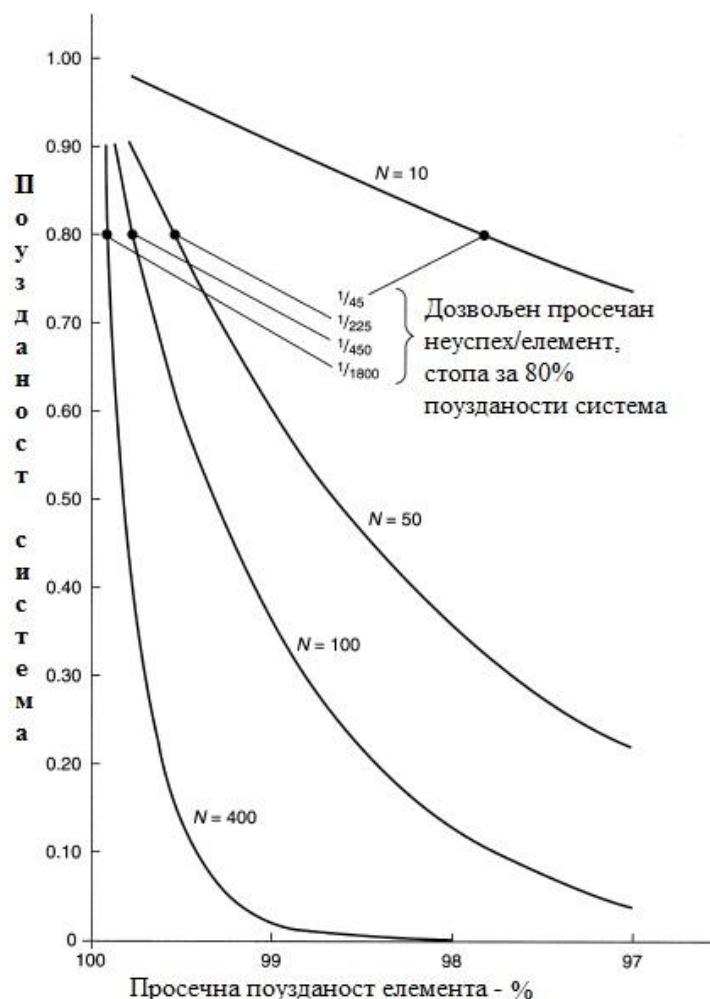
4.2. ПОУЗДАНОСТ У ПРАКСИ

Сам основ појма поузданости је постојање неког уважавања како аспект вероватноће у стварном свету може да утиче на производе који су пројектовани, изграђени и који се раде. На слици 29 се приказује та реалност, под претпоставком да постоји производ или систем који се састоји од N препознатљивих елемената или уређаја (слика 32 приказује случајеве за $n = 10, 50, 100$, и 400).

Ниједан од тих елемената је „савршен“ па крива представља случајеве (на k -оси) за појединачну поузданост елемента вредности између 100 и 97% (који, као појединачне вредности елемената, су сматрани веома добрим у многим системима). Систем захтева да сви N елементи обављају на задовољавајући начин ради успеха система. Вероватноћа система успеха, односно, вредност система поузданости је приказана на u -оси. Две ствари су очигледне [2]:

1. Како се сложеност система повећава (тј., како се N повећава), поузданост система постепено опада чак и за просечан елеменат вредности поузданости веће од 90 процената. Тако, ако систем мора да садржи велики број од појединачно потребних елемената, ови елементи морају, по себи да имају веома високе поузданости, или се може очекивати да често погреше.
2. Чак и ако је систем релативно једноставан (рецимо, $N = 50$), просечна поузданост елемента појединца треба само мало да се смањи за систем поузданости, како би имао значајан пад.

Потреба да се концентрише на поузданост производа показује један од аспекта високе поузданости производа. Стратегија је заснована на две ставке - једноставну и где постоји веома висока индивидуална поузданост елемента.



Слика 29 –Поузданост система [2]

Из тог разлога настаје питање „Како постићи високу поузданост система, и шта су кључни састојци који се морају решити?“ Прво и пре свега, мора се признати да је поузданост дизајна атрибут. Под овим се подразумева да поузданост производа утврђује колико добро (или лоше) је процес дизајна постигнут. Поузданост не може да се изради, тестирана је, или провера производа. Дизајн или, шире, дефиниција производа (који такође обухвата како производом мора да се управља и одржава) је једина детерминанта у постављању инхерентна, или горњи ниво, поузданости који се може постићи. Израда, тест, рад, па чак и одржавање може само да деградира инхерентну поузданост ако се не изводи правилно. Ниједна од ових активности не може да побољша могућности изван утврђеног основног дизајна и производа дефиниција.

Програми који се често организују под називом „Поузданост Инжењеринг“ се често користе да окупе разне техничке и функције управљања који ће се концентрисати на вођење и помагање основне инжењерске функције у постизању очекиване поузданости

производа перформансе. Како би одржали свој учинак поузданости који је на првом месту, потребно је појачати RCM напор.

5. ПРИМЕНА ОДРЖАВАЊА ПРЕМА ПОУЗДАНОСТИ НА ПРИМЕРУ КОМПАНИЈЕ ТЕТРАПАК У Г. МИЛАНОВЦУ

Тетрапак је водећи светски произвођач опреме за прераду и паковање текућих прехранбених производа у области прехранбене индустрије. Тетрапак је 1951. основао доктор Ruben Rausing и своје јединствене иновације применио је на начин паковања и дистрибуцију хране широм света. Данас је Тетрапак је једна од три независне компаније у Тетра Laval групи, индустријске групе у приватном власништву, која је започела своје пословање у Шведској. Друге две компаније су DeLaval и Sidel. Седиште Тетра Laval групе је у Швајцарској. [7]

Производња Тетрапак фабрике у Србији бележи стални пораст. У 2008. години произведено је милијарду и 700 милиона стандардних производних јединица, што је најбољи резултат од оснивања фабрике. Садашњи обим производње даје добре резултате уз високу ефикасност. Године 2009. цела група је произвела 145 милијарди паковања, што значи да је 70,6 милијарди литара течних прехранбених производа продато у Тетрапак амбалажи широм света (слика 30).



Слика 30 – Фабрика Тетрапак [7]

5.1. ИСТОРИЈА ТЕТРАПАК-А

Године 1951. у Лунду у Шведској Ruben Rausing и Erik Valenberg оснивали су АБ Тетрапак као подружницу Åkerlund & Rausing. Осамнаестог маја медијима је представљен нови систем паковања који привлачи доста пажње. 1952. године уследила је испорука прве Тетра Пак машине за паковања у облику тетраедра једној компанији за производњу млечних производа у Лунду.

Године 1953. Тетрапак започиње борбу против стаклених боца коришћењем полиетилена као пластичног премаза за картон. Године 1954. Немачка је била прво тржиште за извоз, Тетрапак машина извезена у Хамбургу у Немачкој за компанију Alster Milchwerk. Почетак развоја је почео 1956. године, где у тадашњој фабрици у

Лунду почиње развој асептичног система за паковање. 1958. Линија Тетра Classic машина за картонску амбалажу у облику тетраедра је проширена моделом Т-150 за млеко и негазирана пића у паковањима од 200ml. Године 1959. Производни капацитет достиже цифру од милијарду картонских паковања годишње. Лиценце за паковање постоје у осам земаља.

Године 1960. Тетрапак у Централној Америци отвара фабрику за производњу амбалаже у Мексику. Године 1961. је представљена прва асептична машина за пуњење млека без бактерија. Исте године Тетрапак креће на исток и продаје машине СССР. Године 1962. на запад почиње се са продајом кутија у облику тетраедра у САД. Године 1963. је означио почетак пословања у Србији, ТетраБрик паковање лансирано у Шведској и инсталирана прва Тетрапак машина у Србији. ТетраБрик паковање је лансирано у Шведској – прво у Montali, а затим и у Штокхолму. [7]

Година 2006. - редуковање трошкова Тетрапак А1 машина за пуњење је најисплативија машина за пуњење на свету са капацитетом од 9.200 паковања на сат.

Година 2008. - Тетра Lactenso Aseptic решења за производњу дуготрајног млека постављају нове стандарде одрживости и перформанси, нудећи млекарама већи учинак уз мањем улазних компоненти. Тетрапак производи више од 141 милијарде пакета.

Године 2009. - Пуштена је у рад нова фабрика за производњу материјала за паковање у граду Хохот у Кини (слика 31), као подршка расту млечне и индустрије пића у тој земљи. Више од 1,5 милијарде пакета Тетрапак са ознаком FSC.

Године 2010.– Пакети са ознаком FSC™ заузимају своје место код произвођача и потрошача. Тетрапак је покренуо прве пакете са ознаком FSC 2007. године. Током 2010. године више од 8,5 милијарди Тетрапак пакета са ознаком FSC нашло је пут до потрошача.



Слика 31 – Тетрапак амбалажа [7]

Године 2012. Тетрапак компанија је остварила даљина предакка својим еколошким циљевима које је поставила за 2020. годину и ка свом крајњем циљу да обезбеди еколошки одржива паковања, користећи само обновљиве материјале и остављајући минимални утицај на животну средину са нула отпада. Пре две године компанија је

поставила амбициозне десетогодишње еколошке циљеве, фокусирајући се на три кључна подручја: утицај на животну средину, одрживе производе и рециклажу.

Како би остварили ове амбициозне циљеве и даљи лични допринос, 2012. године су отворили прво рециклажно постројење у Србији. У овом центру се рециклира употребљена Тетрапак амбалажа како она скупљена на територији Србије, тако и амбалажа скупљена и транспортована из региона, а све у циљу повећања употребе рециклираних материјала и повећања свести о значају заштите животне средине.

Најважнија достигнућа из 2012. године обухватају следеће:

1. Рециклажа - **циљ:** повећање стопе рециклаже Тетрапак амбалаже на 40% до 2020. године, а **резултат** је да се у 2012. години, рециклирање амбалаже на глобалном нивоу повећало за 10%, што укупно представља 22,9% у односу на пласирану амбалажу. Међу водећим земљама на овом пољу, са преко 80% рециклираних паковања се налазе Белгија и Луксембург, а затим следи Немачка са нешто више од 70%, док је тренутно најнижи проценат рециклиране амбалаже у Кини, Русији и Саудијској Арабији.
2. Одрживи производи - **циљ:** развијање паковања које ће 100% бити сачињено од обновљивих материјала и снабдевање папиром који је сертифицирован од стране Савета за заштиту шума (енгл. *Forest Stewardship Council - FSC*), а који се употребљава за нашу амбалажу. **Резултат** је током 2012. године, број Тетрапак пакета које садрже био затвараче направљене од шећерне трске је порастао са 80 на 610 милиона примерака. Међу првим компанијама које су представиле оваква паковања у Јужној Америци биле су Coca-Cola и Nestle. У 2012. години, 26,4 милијарди Тетрапак пакета у 39 земаља широм света је носила ознаку FSC што представља повећање од 40% у односу на претходну годину. У Србији је уведен FSC сертифициван папир 2012. год. и препознатљив лого се може видети на амбалажи производа купаца.
3. Утицај на животну средину - **циљ:** задржати стопу утицаја на климатске промене на истом нивоу као што је била и у 2010. години без обзира на раст производње. **Резултат** је да иницијални подаци говоре да је у производњи Тетрапак амбалаже емисија CO₂ смањена за 2 kgt што задовољава постављене критеријуме упркос повећању производње за 9,5% у наведеном периоду.

Данас, одржавање машина у прехранбеној индустрији и многим другим индустријама се често врши на стандардизован начин. Подаци се прикупљају од машина, а затим је одржавање заказано на основу просека за тај тип машине. То значи да док се важно одржавање не уради, то може да се уради прерано или прекасно за одређену машину у свом јединственом радном окружењу. Последице тога могу утицати на машине које имају чешћу учестаност интензитета отказа или имају већу цену него што је потребно за одржавање.

Тетрапак се залаже да сви купци брину о преради и паковању опреме у складу са препорукама компаније, и желе да понуде одржавање која одражава пословно окружење, оптимизују свих перформанси машина по најнижој цени одржавања (слика 32).

Развој система одржавања поузданости заснива побољшане радне перформансе, као и уштеде, који би помогао корисницима да троше мање на одржавању.



Слика 32 – Сервис одржавања у компанији Тетрапак [7]

У последњем кораку до оптимизовања перформанси опреме је развијен систем одржавања Тетрапака директно укљученог (повезаног) (енгл. *Tetra Pak Maintenance On-line* - *TPMS*). Користећи ову методологију, *TPMS On-line* омогућава да се идентификује одржавање покретања на машинама купаца и распоред одржавања као и када је потребно за индивидуалну машину. У индустрији је то јединствено паковање, где је Тетрапак први произвођач методологије одржавања. У ствари, он је само један од компанија у индустрији који методологију одржавања тренутно користе у осетљивим гранама индустрије, као што су нуклеарне енергије, нафте и петрохемијски производи.

У систему је специјално развијен софтверски систем који користи повратне информације и сакупља стотине хиљада задатка ажурирајући сваке године из целог света - решавајући преко пет милиона задатака одржавања годишње. Ова збирка података омогућава Тетрапак-у да понуди својим корисницима решења која раде распоред одржавања у складу са јединственим захтевима машине.

На пример, на основу тога могу да се анализирају узорци неуспеха и процене утицаја на перформансе машине. То значи да могу да се развију оптималне препоруке за одржавање које се могу инсталирати на машинама широм света преко сервисних решења - аутоматски. *TPMS On-line* такође омогућава да се прати резервни део глобалног коришћења, тако да се може осигурати да постоје довољно потребни делови у ланцу набавке како би испуни налоге клијената. Ово смањује време чекања резервног дела и обезбеђује брже сервисирање машина.

TPMS On-line је данас напредан због тога што оно што је познато као засновано праћење поузданости чиме може да се предвиди неуспех; *TPMS On-line* у будућности ће моћи да повеже све своје системе, тако да се хране у систем одржавања. Машине ће бити више интуитиван и комуникативни вид одржавања него икад.

5.2. УСЛУГЕ И РЕШЕЊА ОДРЖАВАЊА ТЕТРАПАК-А

Код обезбеђивања перформанси опреме услуге одржавања заштитне опреме и перформансе обезбеђивање минималних сметњи производних, користећи високо квалификоване инжењере у комбинацији са најсавременијим методологијама и

технологије како би обезбедили највиши квалитет превентивне и корективне услуге одржавања. То омогућава предвидљиве инвестиције одржавања, прилагођене имплементације одржавања, поузданост и доступност опреме, смањење трошкова и прековремени рад, као и економично коришћење оперативног особља и конзистентан квалитет производа. [8]

Услуге одржавања обухватају:

- 1) превентивни ремонт,
- 2) коригујући ремонт,
- 3) подршка производњи,
- 4) процену опреме,
- 5) перформансе валидације,
- 6) процену успешности и
- 7) одржавање јединице.

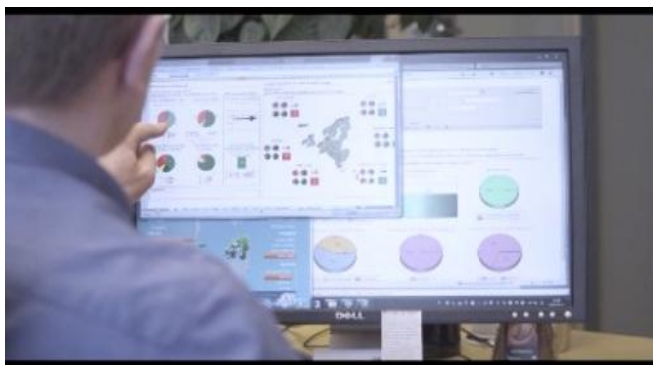
Недостатак добре праксе одржавања повећава индиректне трошкове. У ствари, ови „скривени“ трошкови су често значајно већи од очигледних директних трошкова за рад, делова и материјала. Пракса доброг одржавања помаже да се побољшају перформансе, које смањују скривене трошкове и доводе до смањења укупних трошкова по јединици. Пракса доброг одржавања је од суштинског значаја за добијање контроле и повећање продуктивности у погону, јер обезбеђује исплативо одржавање са минималним прекидом производње.

Фабрика у Горњем Милановцу Тетрапак (слика 33) је награђена Специјалном наградом вишег нивоа („Advanced Special Award“) за конзистентну примену система за унапређење производње као једина у оквиру Тетрапак групе у Европи и једна од свега неколико у свету. Процена је извршена од стране Јапанског Института за увођење тоталног квалитета (Japanese Institute for Plant Maintenance), најмеродавнијег светског института у области оцене имплементације производње светске класе.

У Србији је ова награда заслужила је континуираним усавршавањем система за унапређење производње (Total Productive Maintenance) и постигнутим резултатима. Производња Тетрапак фабрике бележи стални пораст, а у 2012. години произведено је 1.9 милијарди стандардних пакета, што је најбољи резултат од оснивања фабрике.

Овај систем је омогућио да се развијају сви запослени и да заједно допринесу, на пример, смањењу производног шкарта за више од 50%, ефикасност је повећана 60%, док се 99% целокупног отпада из фабрике рециклира.

Фабрика поседује четири престижна сертификата: за квалитет, заштиту животне средине, заштиту на раду и хигијену, а прва је производила амбалажу за храну према *НАССР* (енгл. *Hazard Analysis Critical Control Point* - Анализа Опасности и Критичне Контролне Тачке) стандарду. Са 70 одсто извезених производа, један је од највећих извозника у Србији.



Слика 33 – Тетрапак фабрика у Горњем Милановцу, најбоља у Европи [8]

Начин одржавања Тетрапак-а је:

- ✚ Највиши стандард - свака јединица пролази ригорозно тестирање и мора да прође мере контроле квалитета,
- ✚ Економски „паметан“ - Одржавање јединице нуде паметнија и трошковно ефикаснија решења за одржавање која одржавају операцију да ради глатко и
- ✚ Еколошки звук - Одржавање јединице развијене да се смањи отпад, повраћај употребљивих делова и подстицање рециклаже.

5.2.1. РЕШЕЊА ОДРЖАВАЊА ТЕТРАПАК-А

Решења за одржавање помажу да се доведе учинак инсталиране машинерије до максимума. Правилно одржавање производне опреме обезбеђује унапређење учинка и задржавање на спецификацијама дизајна. Оно је кључно иза конзистентности квалитета производа и редуковање укупних трошкова по јединици, јер правилан ниво одржавања доприноси редуковању трошкова производње. Најбољи начин да осигура правилно одржавање је путем уговора о одржавању.

Циљ за 2015. годину је да се достигне 25% етикетирања. Дугорочни циљ је да се понуди свим клијентима могућност да користе FSC™ етикету². Циљ у међувремену је до 30 милијарди FSC™ - обележени картони да се достављају клијентима као и да се удвостручи количина означених пакета између 2012. и 2016. године.

Системи за етикетирање представљају комплетно решење за аутоматско етикетирање прехранбених, хемијских, козметичких, фармацеутских производа, пића или било којих других производа са различитим стандардним или специјализованим решењима.

² Под етикетом се подразумева натписна цедуља, која може бити лепљива или привесна. Етикета може бити празна, намењена уписивању ознаке, или са већ одштампаним садржајем.

За паковање и етикетирање производа, од кључног значаја је:

- ✚ да буде лако уочљиво и препознатљиво,
- ✚ да буде информативно (да обезбеди брзо и јасно уочавање садржине паковања)
- ✚ да буди емоционалне потребе и
- ✚ да обезбеди заштиту производа, транспорт, манипулисање и чување до момента употребе.

ЕТРАК 4500 (слика 34) је специјални аутоматски систем са једном главом за етикетирање. Предвиђен је за наношење обмотавајуће самолепљиве етикете на тело боце. Етикета се лепи једновремено на тело производа у пролазу, а ДРП уређај за облепљивање производа даје ефекат да се етикета сама лепи док се производ окреће око своје осе. Машина за етикетирање почиње са радом активирањем СТАРТ фотосензора за читање производа који пролази, док заустављање функције гарантује СТОП фотосензор постављен на глави за етикетирање са могућношћу читања различитих етикета и повратног папира.



Слика 34 – Машина за етикетирање

Превентивни програм одржавања Тетрапак-а (слика 35) је спроведен на лицу места од стране техничких експерата и превентивних решења у одржавању која ће помоћи да се повећају перформансе постројења. На стварању одрживог развоја Тетрапак-а и купаца учествује се у изградњи економски, еколошки и социјално одрживог развоја широм света. Посвећеност одрживом развоју се заснива на корпоративном управљању и кодексу пословног понашања, партнерству пољопривреде и исхране у школама кроз (енгл. *Food for Development Office - FfDO*). [8]



Слика 35 - Галерија са фотографија историје Тетрапак-а и експонати - Тетрапак амбалажа [8]

4. ЗАКЉУЧАК

Појам одржавања подразумева сваку модификацију производа након испоруке кориснику како би се исправила погрешка, унапредиле карактеристике производа или нека друга обележја, или прилагодио производ према преиначеним карактеристикама опреме.

Корективно одржавање није препоручљиво код сложених и скувих техничких система где откази могу проузроковати дуге застоје, високе трошкове одржавања и угрожавање технолошког процеса, људи и околине. Док, превентивно одржавање подразумева промене у делу система како би се избегло могуће отказивање тог дела система. Увек је боље превентивно одржавање него корективно, а може бити по обиму недовољно или преобимно.

Иако је незахвално давати било какве прогнозе развоја одржавања за период дужи од пет година, због изузетно брзог - готово неконтролисаног развоја средстава за рад (машина, уређаја, алата, средстава, опреме итд.), могуће смерице развоја су опрема, тј. технолошки систем и концепција одржавања.

У наредних 15-ак година могући су правци развоја средстава за рад, односно опреме: даља аутоматизација функције управљања средствима (алатне машине без послужилаца, возила без возача, тенкови без посаде, беспилотне летелице, подморнице и бродови без посаде, даљински управљани системи на земљи, мору и у ваздуху), роботизација *slah* „нехуманих“ послова, односно замена човека машином на пословима у загађеним околинама, монотоним радним задацима, заморним пословима итд., развој меморијских јединица (нпр. CD, DVD, „flash“ меморије са више GB и TB), што би утицало на развој елемената „памћења“ у системима вештачке интелигенције друге и треће генерације (ESII, ES III), развој примене неуронских мрежа у рачунаром интегрисаним „интелигентним“ системима, развој опреме за истраживања Свемира (удаљених планета и других соларних система), развој опреме за истраживање нових извора енергије (алтернативне енергије), развој нових технологија производње вештачке хране, итд.

Како би се оптимално управљало системом одржавања, неопходно је одабрати одређен број параметара, односно дефинисати методе за квалифицирање успешности система. Успешност система одржавања у суштини представља однос између постигнутог резултата и нивоа улагања. Будућност одржавања је могуће сагледати на основу анализе познатих концепција одржавања са једне и праваца развоја техничких система са друге стране.

Поузданост и расположивост су важни показатељи квалитета било којег техничког, па и телекомуникационог система. У савременим телекомуникационим системима захтева се расположивост од „пет деветки“ тј. 99.999 %.

Праћење поузданости техничких система се огледа у прегледу саставних делова техничког система чије се понашање прати, историјат техничког стања, мерење и контролу параметара стања техничког система у процесу, подаци о радном месту и временску слику стања (у раду и отказу) у току 24 сата рада система.

Фабрика Тетрапак смањује негативан утицај на животну средину истовремено помажући купцима да унапређују пословање, обезбеђујући им поуздану дистрибуцију производа до најудаљенијих места и поправљајући квалитет живота људи широм света.

Посвећеност одрживом развоју у Тетрапак-у се заснивана корпоративном управљању, кодексу пословног понашања, партнерству пољопривреде и исхране у школама кроз *FfDO*, као и еколошкој стратегији и уверењу.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1].Б. Јеремић, Теротехнологија – технологија одржавања техничких система, 1992.
- [2].Neil Bloom, Reliability Centered Maintenance (RCM) - Implementation Made Simple, McGraw-Hill, Inc., 2006.
- [3].Адамовић, Ж., Голубовић, Д., Тотално одржавање техничких система, Технички факултет “М. Пупин”, Зрењанин, 2000.
- [4].Иванович, А. (1990): Надежност технических систем, Москва
- [5].Миросављевић Б., Рамови Р., Покорни С. Анализа поузданости и раположивости система од пет међусобно повезаних ТК центара, Зборник радова ТЕЛФОР-2003.
- [6].V. Ferretti, D. Schlenke „Reliability of telecommunication Systems“, Siemens, Aktiengesellschaft, 1993.
- [7].<http://www.tetrapak.com/>, преузето са интернет странице 10.04.2014.
- [8].<http://www.tetrapak.com/rs/publishingimages/Galerija%20sa%20fotografija%20istorije%20Tetra%20Paka%20i%20eksponati%20-%20preteca%20Tetra%20Pak%20ambalaze.jpg>, преузето са интернет странице 09.04.2014.