

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука

Марко С. Зарев

Одржавање система за рециклирање камене вуне

Завршни рад

Крагујевац, 2018.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Инжењеринг одржавања

Број индекса: 712/2016

Одржавање система за рециклирање камене вуне

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Петар Тодоровић – ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру завршног рада кандидат треба да кратко прикаже технологију одржавања машина за рециклажу камене вуне, као и да да предлоге за унапређење тренутног система одржавања.

Препоручена структура рада

1. Увод
2. Основне методе одржавања техничких система (дати кратак теоријски приказ)
3. Опис техничког система – систем за рециклирање камене вуне
4. Критични елементи са аспекта одржавања
5. Преглед технологије одржавања система за рециклирање камене вуне
(дати преглед система код којих се примењује корективно, превентивно (планско и према стању))
6. Предлози за унапређење одржавања система за рециклирање камене вуне
7. Закључак
8. Литература

Препоручена литература:

- [1] Петар Тодоровић, Основи одржавања, Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, 2016.

У Крагујевцу,

ментор

Проф. др Петар Тодоровић

Изјава о самосталној изради рада

Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством, као и наведеном литературом.

Марко Зарев 712/2016

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
2. ОДРЖАВАЊЕ МАШИНА КРОЗ ИСТОРИЈУ	3
2.1. Нови трендови у одржавању машинских система	5
3. МЕТОДОЛОГИЈЕ ОДРЖАВАЊА МАШИНСКИХ СИСТЕМА	8
3.1. Циљеви одржавања	8
3.2. Одржавање као функција	9
3.3. Интегрални системски прилаз одржавању	10
3.4. Концепција и технологија одржавања	10
3.4.1. Систем техничког одржавања	10
3.4.2. Концепција система одржавања	11
3.4.3. Организација система одржавања	11
3.4.4. Технологија одржавања	12
3.5. Видови отказа техничких система	12
4. ОСНОВНЕ МЕТОДЕ ОДРЖАВАЊА ТЕХНИЧКИХ СИСТЕМА	14
4.1. Корективно одржавање	15
4.2. Превентивно одржавање	17
4.3. Проактивно одржавање	18
5. ОПИС ТЕХНИЧКОГ СИСТЕМА ЗА РЕЦИКЛИРАЊЕ КАМЕНЕ ВУНЕ	19
5.1. Технички опис постројења	19
5.2. Пројектно решење система	23
6. КРИТИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ СА АСПЕКТА ОДРЖАВАЊА	27
6.1. Сецкалица модел SEC1600	27
7. ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈЕ ОДРЖАВАЊА МАШИНЕ ЗА РЕЦИКЛАЖУ КАМЕНЕ ВУНЕ	29
7.1. Циклон-филтер модел CFV80	29
7.2. Гранулатор модел GR1500	30
7.3. Пуж изузимаач модел PR 300	33
7.4. Пужни транспортер модел PT200	36
7.5. Секторски дозатор модел SD6	39
7.6. Скретница модел SK273-30	41
7.7. Вентилатор модел C.V.9_5.25	43
7.8. Заштитна опрема и ознаке приликом одржавања	46
8. ПРЕДЛОЗИ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ОДРЖАВАЊА МАШИНЕ ЗА РЕЦИКЛАЖУ КАМЕНЕ ВУНЕ	48
9. ЗАКЉУЧАК	50
ЛИТЕРАТУРА	52

1. УВОД

Веома важно место у производним системима свих компанија заузима одржавање техничких система, уређаја и машина, односно средстава за рад и оно представља функцију и део процеса у производњи. Постоји неколико фактора који су утицали на развој одржавања, попут брзог индустријског напретка, сталног пораста у аутоматизацији, као и повезаности међу средствима за рад, наглог пораста фиксних трошкова у поређењу са променљивима.

Одржавање може да се дефинише у смислу сталне контроле свих средстава за рад, као и вршења одређених поправки и превентивних радњи, које има за циљ да за стално и функционално оспособи и чува производну опрему, постројења и друге машине и уређаје. Уз сваки појам производње одговарајућих добара долази и појам одржавања. Временом и употребом средства за рад почињу да старе, технолошка ефикасност се смањује, а могуће је приметити и очигледно технолошко застареваше.

Временом се средства троше, па самим тим долази и до смањења радне способности. Врло често долази до прекида у раду, зато што су средства рада подложна разним ломовима, кваровима и оштећењима. Услед тих прекида се јављају и трошкови који се односе на замену и поправку делова, а исто тако и трошкови који настају услед застоја приликом процеса производње.

Главни циљеви које би требало постићи у процесу одржавања су:

1. Минимизација трошкова када дође до застоја у раду, због непланираних кварова који су се догодили на неким средствима рада.
2. Спречити, односно успорити застареваше средстава рада, које се дешава као последица која се јавља услед лошег квалитета производа као и шкарта.
3. Смањити трошкове рада и материјала приликом производње, који настају када постоје повећани кварови и застоји током процеса рада.
4. Пружити организовану помоћ свуда где постоји потреба за одржавањем и управљањем средствима рада.

Циљеви који се односе на одржавање током процеса производње указују на широку област битности одржавања, које представља процес који је повезан са

производњом. Постоји неколико аспеката у којима се огледа важност одржавања средстава, а то су:

1. Развојни аспект, који се односи на истраживање појаве многобројних застоја код средстава за рад, који су у порасту и због великог пораста броја система и аутоматизовања производних процеса.
2. Технолошки аспект, који се односи на брзину застаревања средстава за рад као последица брзог развоја технолошког и техничког процеса, као и на застаревање које настаје приликом трошења, које представља технолошки процес.
3. Економски аспект, који се односи на појаву трошкова услед употребљавања средстава за рад.
4. Социјални аспект, који се односи на средства за рад која се налазе у несигурном и лошем стању и која самим тим доводе до лошег стања, односа, па чак и до незгода у радној организацији, па исто тако и у окружењу.
5. Одржавање је значајно и у смислу очувања ресурса који су на располагању радним организацијама.

2. ОДРЖАВАЊЕ МАШИНА КРОЗ ИСТОРИЈУ

Под машином се подразумева скуп делова који су повезани у једну логичну целину са циљем да се изведу одређене операције. Операција представља најнижи сегмент у обради, док обрада представља један од сегмената технологије. Према научној дефиницији машине, она представља сваку нараву која може да пренесе или претвори енергију, или нараву уз помоћ које се повећава вредност силе, мења правац у коме сила делује или повећава брзину обављања неког рада. Што се тиче свакодневног живота, значење је устаљено за нараве код којих постоји најмање један део који се помера, а које помажу извођење неких радова. [1]

Са једне стране, машине изискују један облик улазне енергије, како би приликом излаза дале неки други облик енергије који се врло често јавља у виду механичког рада. Нараве код којих не постоје покретни делови се називају алати, а не машине. Још пре него што су научили да пишу, људи су се користили разним машинама, које су им помагале у свакодневном животу тако што су смањивале количину силе која је неопходна за обављање неког рада.



Слика 2.1. Развој приступа одржавању од почетка до садашњег времена [5]

Током историје су људи почели да користе врло рано основне машине, а то им је дало могућност да обављају радове за које им је била неопходна снага већа од снаге коју могу да пруже људски мишићи. Даљи развоја машина је условљавала потреба да се пронађе још већа снага, или потреба да се одређена снага примењује дужи временски период. Како би то било могуће, употребљавали су се извори енергије који

су тада били доступни и познати, а то је била енергија коју су давале природне силе, односно енергија воде и ветра. [7]

Мали напредак је постигнут уз помоћ традиционалног прилаза за повећање нивоа успешног одржавања кроз структурирање организације, у поређењу са прилазом пројектовања опреме за минимална одржавања, што представља спој карактеристика које се односе на поузданост, погодност одржавања и логистичку подршку за одржавање приликом пројектовања. Са филозофског или методолошког аспекта одржавања, одређује се постојање двеју методологија које у скорије време привлаче највише пажње, а то је одржавање према поузданости, односно *Reliability Centered Maintenance – RCM* и интегрисано продуктивно одржавање, односно *Total Productive Maintenance – TPM*.



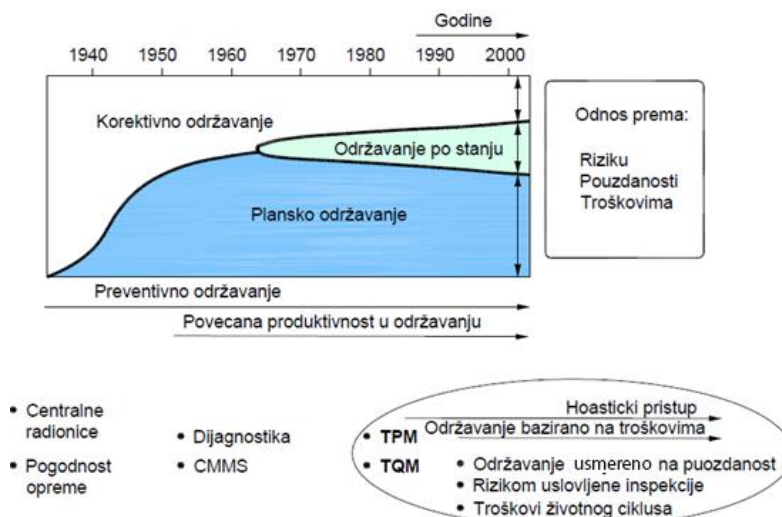
Слика 2.2. Раст очекивања од одржавања [5]

Циљеви који се односе на процес одржавања се одређују и детерминишу као активности одржавања којима је обухваћено снижење трошкова, квалитет производа, расположивост, безбедност и очување животне средине. Они морају да испуњавају *SMART* стандард (*Symple* – једноставни, *Measurable* – мерљиви, *Achievable* – достижни, *Reliable* – поуздани и *Time specific* – временски одређени), при чему је неопходно да се узме у обзир утицај који имају поједине струке на укупне трошкове за одржавање.

Према томе, веома је лако доћи до закључка да око 80% трошкова који се односе на одржавање потичу од периода који се односи на припрему, пројектовање, израду техничког постројења и његову предају кориснику, а остатак се састоји од трошкова који се односе на одржавање, односно на искуствено особља, њихову обуку, организацију одржавања у оквиру једне компаније и слично. [4]

2.1. Нови трендови у одржавању машинских система

На слици 1.3. су приказани приступи који се користе у процесу одржавања, посматрано са аспекта филозофије, стратегије и начина на који се управља, као и развој одржавања током времена. Примена сваког од система за одржавање је веома битна за кориснике техничког система, зато што мора да обезбеди карактеристике које се односе на ефективност и квалитет целокупног техничког система. [1]



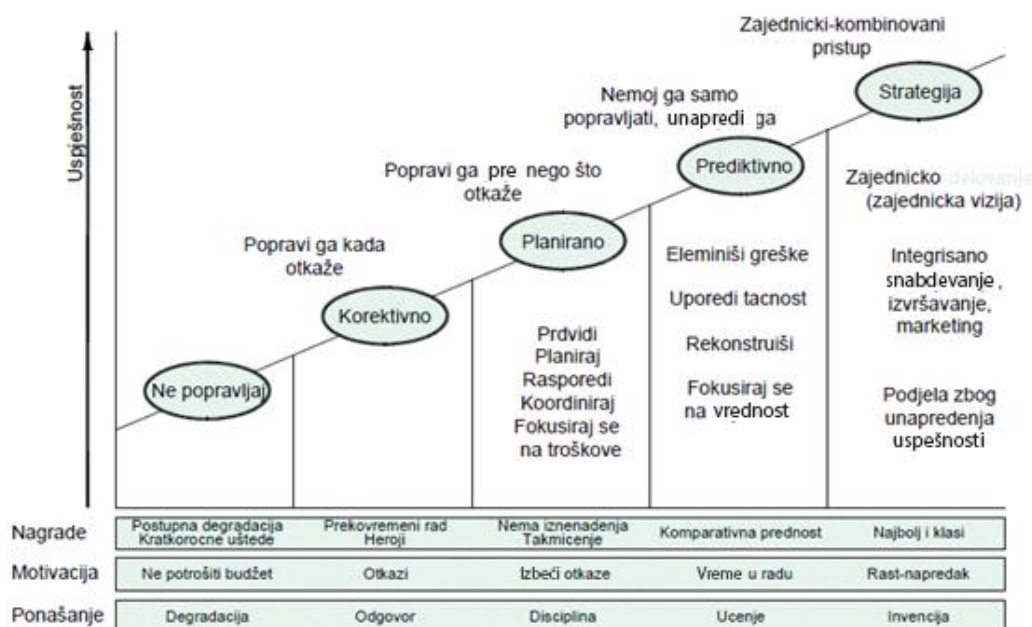
Слика 2.1.1. Трендови у одржавању [6]

Резултати који се постижу применом традиционалне стратегије, која се односи на превентивна, корективна и комбинована одржавања и савремене стратегије за одржавање, која се односи на одржавање према стању, према предвиђањима, *RCM*, *TPM*, „убрзане“ стратегије за одржавање, су различити. Слична ситуација се дешава и када се посматрају разлике и потребно време да се оствари реструктурирање у нови систем, за шта је потребно најмање од пет до осам година, што је приказано у табели 2.1.1. Разлике између традиционалне и савремене организације одржавања техничких система.

Табела 2.1.1. Разлике између традиционалне и савремене организације одржавања техничких система [5]

КАРАКТЕРИСТИКА	СТАРО (Традиционални начин одржавања)	НОВО (Савремени начин одржавања)
Оријентација	На поправке	На поузданост
Активност	Поправи	Унапреди
Концепт	„Гашење пожара“	Предвиди, планирај и програмирај акције
Извршилац (носилац)	Мајстор	Члан пословног тима
Појава отказа	Отклањај отказе	Отклањај узроке
Последица у складу са постављеним циљем	Смањи трошкове одржавања	Повећај време у раду
Унапређење послова	Акција програм седмице/месеца	Континуално унапређивање
Веровање	Отказу се неизбежни	Откази су само изузеци
Давање приоритета	Отказима који су се десили	Елиминисању узрока отказа
Број отказа	Велики	Свега неколико отказа
Удео планских послова	Низак	Висок
Број рекламација	Велики	Мали
Ниво поузданости	Низак	Висок
Ниво трошкова одржавања	Висок	Низак
Период планирања	Краткорочан	Дугорочан
Карактер инвестиције	Непрофитна инвестиција	Привлачи инвестиције

Суштина преоријентације је заправо напуштање првенства активности које се односе на непосредне и краткорочне циљеве и прелазака на оријентацију према циљевима који су дугорочни, наравно уз одређене промене у неопходним кадровима и стварање предуслова како би они били боље мотивисани. [3]



Слика 2.1.2. Фазе у развоју система одржавања [7]

Суштина деловања се мења када се уведе стратегија планско-превентивног одржавања, при чему се акценат ставља на дисциплиновано извршење задатака који су планирани и целокупно спровођење свих процедура које су потребне. Уместо да се

награђују „хероји“ који умеју брзо да отклоне отказ, награда се даје онима који одраде свој посао на време и по процедурама које су унапред дефинисане и усвојене, односно стимулишу се планска повећања расположивости техничких система.

Међу разрадом и пројектовање, односно развојем и производњом са једне стране, и одржавања са друге стране, постоји веза која постаје двосмерна, зато што изражава планирање застоја због реализације радова који се односе на одржавање. Уколико се смањи потреба за одржавањем, аутоматски се смањује и број чланова ангажованог особља, при чему се реализују захтеви њиховог учешћа приликом откривања прилика за елиминисање отказа. [6]

С обзиром на то да је одржавање техничког система на непосредан начин условљено појавом отказа, који могу да буду различитих карактера и интензитета, управљање компликованим поступцима одржавања мора да се заснива на изучавању и анализирању појаве отказа, односно на законима који се односе на теорију поузданости.

3. МЕТОДОЛОГИЈЕ ОДРЖАВАЊА МАШИНСКИХ СИСТЕМА

3.1. Циљеви одржавања

Под техничким одржавањем система, односно машина и постројења се подразумева скуп у чијем саставу се налазе поступци и активности, који имају циљ да спрече појаву стања у отказу или застоју, и да врате систем приликом појаве стања у отказу опет у радно способно стање, у што краћем временском периоду и уз што мање трошкове, у одређеним условима које постављају околина и организација рада.

Један од узрока због чега одржавање мора да постоји у животном циклусу система јесте процес трошења, односно хабања система. Произвођачи система морају да воде рачуна да трошење буде у границама које су пројектоване, а корисници да услови трошења током експлоатационог процеса буду што мање изражене. Сврсисходност одржавања може до краја да се сагледа само кроз ефективност која се испољава у основном процесу производње, да трошкови који се односе на одржавање и застој у производњи буду што мањи, и да квалитет производа и продуктивност производње буду што виши и већи. [7]

Коришћењем техничког одржавања за обезбеђивање основних процеса производње, односно коришћења, преузима се велики број задатак који су међусобно зависни, као што су идеолошки, технички, организациони, технолошки и економски. Могло би се рећи да одржавање техничког система представља функцију производње у којој су обухваћени сви поступци које би требало предузети како би технички систем био што дуже време у исправном, односно радно стању, да раде са дозвољеним степеном поузданости, економичности и продуктивност током животног циклуса. Што значи да одржавање у великој мери утиче на повећање нивоа ефикасности како предузеће послује, а то представља услов за опстанак предузећа у будућем периоду.

Служба која се бави Одржавањем мора ефикасно да ради на томе да спречи и отклони отказ. У принципу се откази спречавају уз помоћ Превентивног одржавања (одржавање пре него што настане отказ), а отклањају се уз помоћ Корективног одржавања (одржавање након отказа) или Комбинованог одржавања (комбинација корективног и превентивног одржавања). Код техничких система за производњу

долази до што веће механизације и аутоматизације, што значи да њихов рад мора да буде поузданији. [1]

Из тог разлога се појам одржавања нагло шири, а у данашње време могло би се рећи да одржавање представља процес уз помоћ кога је могуће управљати техничким стањем и поузданошћу током целог животног циклуса једног система. Затим, циљеви који се односе на одржавање, између осталих, залазе и у сферу пословања, па се могу приказати у облику рационализације и у принципу се могу измерити. Управо из тог разлога савремена наука посвећује више пажње процесу одржавања, односно изучава га и придаје му већи значај у друштву и привреди.

3.2. Одржавање као функција

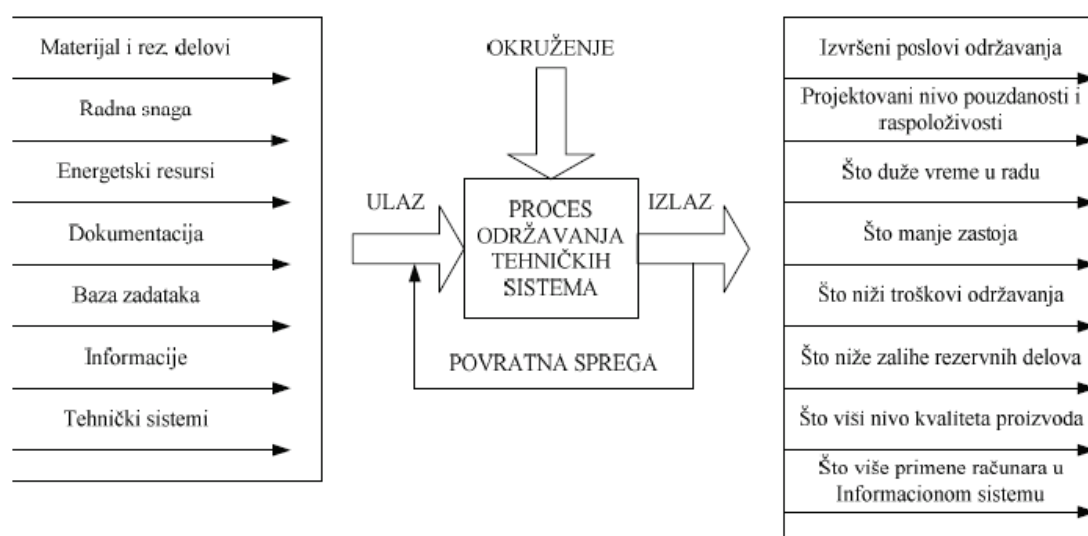
Одржавање техничких система представља функцију основне производње у једном предузећу, због чега се и организује у виду одређених организационих форми и целина, а функционише у виду посебног подсистема у предузећу. То значи да је одржавање суштински повезано са основним процесом производње, зато што доприноси томе да се производња одвија рационално, при чему постоји оптимални ниво поузданости за све техничке системе у предузећу. [8]

Када је у питању јединство функција које се односе на одржавање и производњу, као јединствени чинилац производње, онда треба узети у обзир основне поставке:

- Целокупна функција производње састоји се од збира активности које се односе на производњу и одржавање, а које подржавају остали послови у предузећу, као што су послови који се односе на развој, финансије, маркетинг итд.;
- Без обзира на то како је постављена функција одржавања у организацији, она није само услужна делатности, већ садржи и производни карактер;
- Радници који обављају своју делатност у Одржавању су производни радници;
- Послови који се односе на одржавање савремених техничких система имају мултидисциплинарни природу и захтевају постојање стручније радне снаге, него када је реч о класичним пословима производње.

3.3. Интегрални системски прилаз одржавању

Одржавање техничких система може се посматрати и анализирати уз помоћ метода Интегралног системског прилаза, односно као скуп великог броја сегмената који обављају своју функцију у одговарајућој околини у одређено време. Другачије речено, у питању је Систем одржавања који представља скуп сегмената или елемената који делују заједно како би обезбедили одржавање техничког система, у складу са захтевима и критеријумима који су постављени (слика 2.1.).



Слика 3.3.1. Системски приказ одржавања [5]

Једно од основних својстава техничког система и један од најбитнијих чинилаца укупне сигурности функционисања јесте поузданост техничког система, односно вероватноћа да систем исправно ради. Овакве особине техничких система на непосредан начин имају утицај и на његов систем одржавања, тако што диктирају захтеве и потребе за одржавањем, у смислу садржаја и обима. [7]

3.4. Концепција и технологија одржавања

3.4.1. Систем техничког одржавања

Систем за одржавање техничког система могуће је реализовати на неколико начина, у неколико варијанти које се међусобно разликују. Неке варијанте или решења која се односе на систем одржавања могу се разликовати у великом броју детаља, а исто тако и у основним обележјима која су битна за систем. Ово се првенствено односи на концепцију система за одржавање, а потом и на примењивање технологије и

организације. Концепција система одржавања се односи на принцип на основу кога се доносе одлуке о томе у које време би требало спроводити поступке, односно скупове активности, за одржавање. [1]

У том смислу, постоје три основне опције, па тако одржавање може да буде превентивно, корективно или комбиновано. Када је реч о превентивном одржавању, неопходни поступци се спроводе пре него што се појави отказ, а када је реч о корективном након појаве отказа.

3.4.2. Концепција система одржавања

Још једно обележје одржавања јесте концепција система који се користи, а који има утицај на општи квалитет система за одржавање. Овај појам подразумева обележје система које је у зависном односу са принципом на основу кога се одлучује о спровођењу поступака за одржавање. Као и код осталих, постоје три основне могућности за концепцију, а то су превентивно, корективно и комбиновано одржавање. Када је у питању превентивно одржавање, поступци одржавања спроводе се пре него што се појави отказ, односно када је у питању ова концепција, одржавање треба да спречи отказ да се појави или да га одложи. [1]

Када је у питању концепција корективног одржавања, она је супротна од превентивне, јер се поступци који се односе на одржавање спроводе тек након што се отказ појави. Тако да је, у оваквој ситуацији, њихов задатак да врате систем из стања отказа у радно стање. [5]

3.4.3. Организација система одржавања

Организацијом система за одржавање се дефинишу односи који постоје међу појединим нивоима, односно местима – радионицама, у којима се врши спровођење поступака за одржавање. У случају да је систем за одржавање компликованији, односно ако постоји неколико места или радионица у којима се обавља одржавање, онда је структура система одржавања знатно компликованија, па је самим тим и његова организација сложенија, при чему постоји централизована и децентрализована концепција.

Постоји велики број могућности како се може организовати одржавања, а најзначајнији су линијски и хијерархијски систем. Организација система за одржавање је тесно повезана са његовим макро-технолошким обележјима, нарочито када су у питању хијерархијски системи, а исто тако и са подсистемима који се односе на персонал, тј. на раднике који су запослени на пословима везаним за одржавање. [8]

3.4.4. Технологија одржавања

Технологијом одржавања се дефинишу поступци који се односе на одржавање и начин на који се спроводе поступци за одржавање. Ова технологија се користи како би се одредио начин на који треба обавити поступак, који алат се користи, према ком редоследу и у које време.

Ова одређења се односе на све нивое одржавања појединачно, као и на све поступке одржавања који су предвиђени:

- Основно одржавање којим се бави руководицац;
- Превентивни породични прегледи при чему се не користе посебни инструменти;
- Контролни прегледи које регулишу прописи и закони;
- Подмазивање делова у техничком систему;
- Техничка дијагностика, односно утврђивање у ком стању се систем заиста налази;
- Превентивна периодична замена делова;
- Тражење и отклањање сваког слабог места, односно иновације;
- Поправљање и обнављање делова који су истрошени;
- Мале или средње превентивне периодичне оправке, односно профилаксе.

3.5. Видови отказа техничких система

Приликом процеса експлоатације се смањује или губи радна способност техничког система, а на то утичу различити узроци, који остварују утицај на почетне параметре, тако што изазивају хабање, деформисање, лом, корозије и остала оштећења. Уколико је систем у таквом стању да вредност бар једног задатог параметра који је карактеристичан за способност да се изведе задата функција, не одговара захтевима

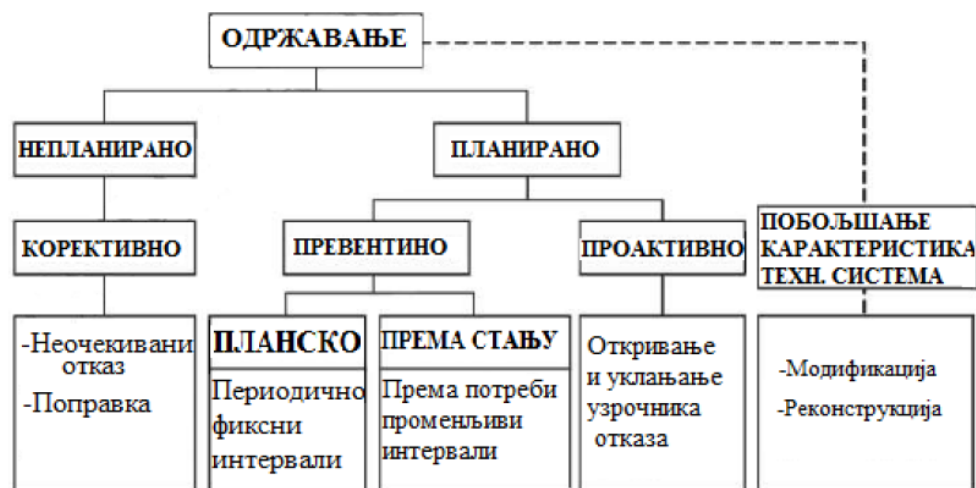
који су утврђени према нормативима, односно према техничкој документацији произвођача опреме, сматра се да је систем нерадно способан. [3]

Радна способност може да се обнови приликом одржавања, а могуће је и да се испостави да је то економски нецелисходно или техничких немогуће. Показатељи за могућност и целисходност обнове система су трошкови који се односе на време рада и средства за одржавање, а они могу да се одреде уз помоћ констркционих особина система. Облицима отказа је одређен карактер појављивања и протицања процеса оштећења, а сваки облик оштећења техничких система је неизбежан услед њиховог деловања и рада.

Рани откази система – када се истражују узроци отказа у почетној фази рада система, односно рани откази, увек се показало да је отказ настао зато што конструкција није била довољно проучена, монтажа или израда је била лоша или није било довољне контроле. **Случајни откази система** – случајни откази техничког система могу да се догоде у било ком тренутку у животном циклусу система, а ови откази могу да буду зависни или независни. **Постепени откази** – главни разлог зашто се појављују откази и снижава поузданост система, као и век трајања система јесте појава слабљења, хабања и мењање одређених делова система. [1]

4. ОСНОВНЕ МЕТОДЕ ОДРЖАВАЊА ТЕХНИЧКИХ СИСТЕМА

Човек се данас налази у зависном положају од машина и опреме више него што је икада зависио у историји човечанства, због чега је веома важно да се о свакој машини води рачуна и да се одржава. У данашње време се одржавање дефинише у смислу процеса у коме се све спроводи у складу са циљевима који су унапред дефинисани. На почетку 20. века је дошло до развоја великог броја фабрика и увођења масовне производње, па се самим тим јавила и потреба да одржавање развоја, као и за управљањем одржавања. У производним системима свих компанија одржавање техничких система, односно средстава за рад у смислу функција и дела процеса заузима веома битно место.



Слика 4.1 Методе одржавања [3]

Брз напредак индустрије је имао веома велики утицај на развој одржавања, а исто тако и стални раст у аутоматизацији и повезаности међу средствима рада, као и нагли пораст фиксних трошкова у поређењу са променљивима. Приликом процеса одржавања је потребно постићи неке од основних циљева, што значи да је потребно[1]:

1. Минимализовати трошкове када дође до застоја у раду, због непланираних кварова који су се догодили на неким средствима рада.
2. Спречити, односно успорити застаривање средстава рада, које се дешава као последица која се јавља услед лошег квалитета производа као и шкарта.
3. Смањити трошкове рада и материјала приликом производње, који настају када постоје повећани кварови и застоји током процеса рада.
4. Пружити организовану помоћ свуда где постоји потреба за одржавањем и управљањем средствима рада.

Што се тиче поделе метода одржавања, најопштија би била подела на:

- Непланирана одржавања и
- Планирана одржавања.

Према овој подели, постоје три основне методе које се користе при одржавању:

- Корективно одржавање,
- Превентивно одржавање и
- Проактивно одржавање.

Предузећа у пракси врло често примењују неколико метода одржавања, у зависности од тога који тип опреме имају на располагању, као и од организационе структуре која је усвојена. Према подели одржавања која је усвојена, активности које се изводе са циљем да се побољшају карактеристике техничког система такође спадају у једну од метода које се користе за одржавање. Са циљем да се побољшају карактеристике техничког система, користе се активности које се односе на модификацију и реконструкцију. [4]

4.1. Корективно одржавање

Прве фабрике које су се бавиле масовном производњом су углавном биле веома велике, ако се у њима одржавање углавном сводило на замену неког дела, само ако се налази у отказу, а тада је то представљало решење које је било веома задовољавајуће. Под корективним одржавањем се подразумева скуп свих оних радњи и поступака, уз помоћ којих се технички систем враћа из стања отказ у радно стање. Овакво одржавање је још увек најчешће употребљаван начин за одржавање техничких система. Концепција корективног одржавања техничких система је таква да се, према њој, поступци који се односе на одржавање спроводе само у оним ситуацијама када дође до отказа.

Генералним корективним одржавањем је обухваћено идентификовање отказа техничких система, узрока отказа и уклањање отказа који је наступио. Отказ се отклања тако што се мењају и дорађују функционалне целине у техничком систему. Основне карактеристике корективних одржавања су: [1]

- Непланирани и неочекивани отказ, након чега следи оправка,

- Дозвољена је експлоатација техничких система све док се отказ не појави, а претходно се не прегледа и не прати стање у коме се налази технички систем,
- Немогуће је предвидети застоје у раду, исто као ни време које је потребно за извршавање поправке.

Подела корективног одржавања може да се изврши и у односу на време које протекне од тренутка када је примећен отказ до поправке, па оно може да буде:

- Корективно одржавање које је извршено одмах и
- Корективно одржавање које је одложено.

Корективно одржавање има одређене недостатке, а то су:

- Немогућност предвиђања застоја у раду.
- Случајност, односно стохастичност која се јавља код појаве отказа, а због које је планирање и реализација процеса одржавања отежана.
- Како би застоји што краће трајали, било би добро да широка лепеза резервних делова буде на располагању, што само повећава трошкове.
- Оваква пракса одржавања не пружа увид у стање у коме се налази технички систем, већ тек након отказа.

Исто тако, код корективног система постоје и одређене предности, а то су [6]:

- Искоришћавање делова који припадају техничком систему у потпуности, зато што се замене, односно поправке функционалних целина врше тек када се деси отказ
- Није потребно познавати законитости на основу којих се појављује отказ.

Када су у питању сложени и скупи технички системи, не препоручује се корективно одржавање, зато што откази могу да:

- Доведу до дугачких застоја,
- Угрозе технолошки процес у којима постоји ангажованост система,
- Угрозе безбедност и здравствено стање људи,
- Доведу до високих трошкова за одржавање.

4.2. Превентивно одржавање

Под превентивним одржавањем се подразумева скуп активности које се врше са циљем да се спрече или одложе појаве функционалних отказа. Те активности су редовни прегледи у каквом стању се налазе технички системи, регистрација могућих проблема и вршење активности којима може да се спречи појава отказа. Задатак поступака превентивног одржавања јесте да спречи или одложи појављивање отказа. Када се изврши квалитетно превентивно одржавање на значајном нивоу се смањује неопходност да се технички системи корективно одржавају.

Код превентивног одржавања постоји неколико основних активности, а то су:

- Чишћења техничких система,
- Подмазивања техничких система,
- Прегледи техничких система и
- Поправљање техничких система.

Превентивно одржавање има одређене предности, које се односе на:

- Квалитетно управљање процесом производње.
- Обезбеђивање жељених квалитета производа.
- Повећање продуктивности у производном систему.
- Повећано коришћење ресурса који су на располагању.
- Повећану ефикасност у раду техничких система.
- Нормирање послова везаних за одржавање.
- Смањени прековремени рад.
- Рационализацију планирања за резервне делове.
- Повећану безбедност и бољу контролу загађивања средине.

Исто тако, код превентивног одржавања се јављају и одређени недостаци, а то су:

- Могућност да се појави оштећење.
- Високи нивои раних отказа.
- Расположиви ресурси остају неискоришћени.
- Почетни трошкови су веома високи.
- Често долази до прекида у процесу експлоатисања система.

У сваком случају, увек је боље превентивно одржавање од корективног одржавања. На први поглед се чини да је најлакше и најбоље да се ништа не ради превентивно, зато што је то само привид да су тако најмањи трошкови. Превентивно одржавање може да се подели на две групе, а то су:

- Превентивна планска одржавања и
- Превентивна одржавања према стању.

Под превентивним планским одржавањем се подразумевају интервали који су временски дефинисани, а у којима долази до извођења одређених активности из области одржавања, са циљем да се одржи стање радних система. Према стању, превентивно одржавање може да се заснива на периодичном или непрестаном праћењу стања техничких система, као и да се односи на регистровање и препознавање проблема који могу да доведу до тога да се појаве откази.

4.3. Проактивно одржавање

Проактивно одржавање представља савременији начин за одржавање, који је настао тако што су се методе одржавања развијале. Оно се заснива на непрестаном праћењу и уклањању главних узрочника отказа, уколико не постоји могућност да се отклоне узрочници онда се ради на томе да се умањи њихово негативно дејство. Детаљна анализа је потврдила да је само 10% од свих узрочника отказа који постоје одговорно за више од 90% отказа који се дешавају. [1]

Када се посматра P-F крива, долази се до закључка да се свако превентивно одржавање своди на то да се открију могући функционални откази и да се спрече функционални откази. Разлика између овог и превентивног одржавања је та, што се овде све дешава лево од тачке S, а проактивно одржавање има задатак да помери тачку S што више може у десно, односно да се најранији отказ догоди што касније.

5. ОПИС ТЕХНИЧКОГ СИСТЕМА ЗА РЕЦИКЛИРАЊЕ КАМЕНЕ ВУНЕ

У фабрици камене вуне KNAUF INSULACION ДОО Сурдулица у производном процесу јавља се једна количина материјала (окрајака) које је потребно вратити у процес производње. Као и готове производе од камене вуне који не задовољавају по питању квалитета или су оштећени приликом манипулације. Новим постројењем које биће изграђено, решиће проблем складиштења ових отпадних сировина и њиховим враћањем у процес производње смањити потрошњу нових сировина.

С обзиром на изражену опасност од утицаја ове прашине на здравље радника, важећи стандард СРБС З.БО.001 предвиђа врло оштар критеријум за максимално дозвољене концентрације лебдеће прашине. Заштита животне околине има још оштрији третман и он је такође регулисан законом који забрањује испуштање штетних материја у животну околину, ван индустријских погона, односно уређаја за пречишћавање гаса у количинама које би могли штетно утицати на здравље становништва и саму животну околину.

5.1. Технички опис постројења

У фабрици камене вуне KNAUF INSULATION ДОО Сурдулица линија се састоји од следећих функционалних целина:

1. Шаржирање – дозирање сировина
2. Топљење сировина и спаљивање димних гасова
3. Прављење влакана (центрифуге) и дозирање везива са таложном комором за скупљање влакана
4. Примарна линија са вагом и транспортерима
5. Секундарна линија са вагом и транспортерима и јединицом за кримповањем
6. Поликондензациона комора
7. Тестере за обликовање производа
8. Слагање и паковање

Конструкције које су саставни део грађевинског пројекта су

1. Хала са краном носивости 2t са пратећим темељима
2. Силос за камену вуну запремине 150m³

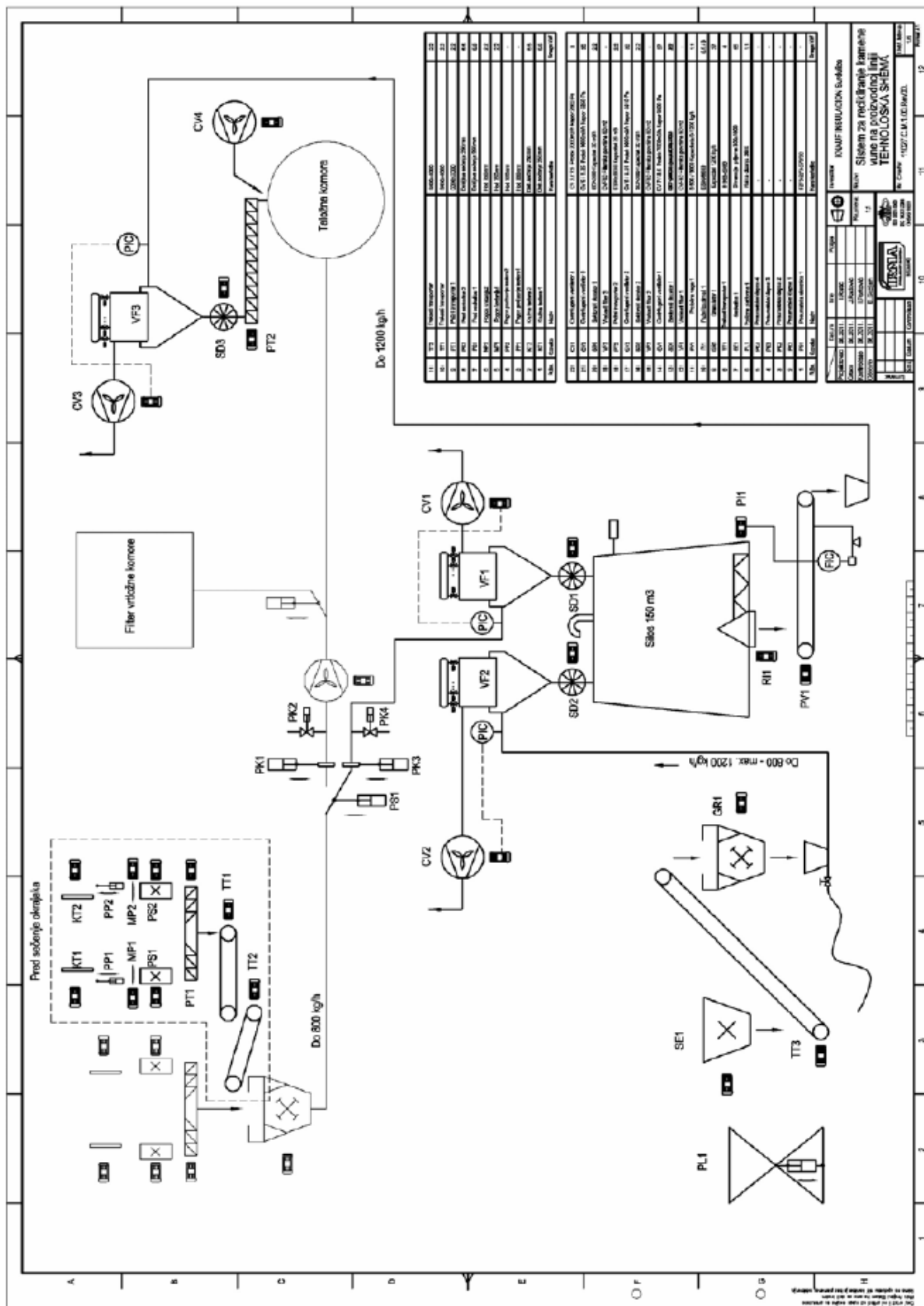
3. Темељи вентилатора
4. Ослонац излазног цевовода

Хала са краном носивости 2t је урађен као челична конструкција чији главни носач је носач са затегом висине 1m при чему је горњи притиснути појас од 2xU120 а доњи затегнути појас од 2xL60x6. Нагиб крова је $\alpha=14^\circ$. Распон главног носача је 8m. На местима ослањања рожњача је усвојена вертикала од 2L60x6. Рожњача је правила U120 распона 4.5m на половини распона рожњаче је усвојена затега које је уједно и ослонац за савијање око слабије осе. Фасадни носачи су од U120 у равни стубова. Распон фасадног носача је 4.5m при чему имају на средини затегу које смањује моменте око слабије осе, затега је од округлог гвожђа Ø25. Затјега се качи на поклапачу која је од U200. Стубови хале су 2xU200 висине 5.65m. Хоризонтална стабилност је обезбеђена вертикалним спреговима.

Сви спрегови су од укрштених дијагонала при чему су дијагонале од 2xL60x6, спрегови се налазе у подужном правцу у осама 1 и 3 између оса В и С док и попречном правцу се налазе у осама А и С између оса 2 и 3. За обезбеђење преношења хоризонталне силе на бочне спрегове постоје и хоризонтални спрегови (кровни спрегови). Кровни спрегови су од 2xL60x6. Унутар хале је предвиђен кран носивости 2t са висином дизања 5.00m. Кретање крана је у х-правцу 9.00m и у и-правцу 8.00m. Кран се креће по кранској стази која је профила HEA200 система просте греде распона 4.50m са котом ГИС-а +5.00п. Унутар хале се налази и електросала. Електросала се налази и углу сале између оса В и С и 1 и 2. Два зида електросале у оси 1 и С су уједно и спољашњи зидови хале. У електро салу се може ући кроз халу и са спољашње стране.

Висине електро сале је 2.8m. Изнад електро сале се налази и платформа за опслуживање крана. Хала је фундирана на темељним самцима димензија 1.00x0.80m и висине 0.4m. Кота фундирања темељних самаца је -1.2m. Темељи самци су армирани са RØ10/20 у једном и другом правцу. Од коте -0.80 која је горња ивица темеља самца до коте +0.2 се пружа бетонски стуб димензија 0.45x0.45 који је армиран конструктивно са 4RØ19 и утегнут узенгијама URØ8/15. Темељи самци су међусобно повезани темељним гредама (затјегама) димензија 0.40x0.20 како би се обезбедило међусобно размицање. Греде су армиране са подужном арматуром 4RØ12 и узенгијама URØ8/20cm. Силос је запремине 150m³. Данце силоса је се налази на коти +2.70m,

данце је равно од лима дебљине 8mm. Са доње стране данчета су заварени носећи профили главни и секундарни носећи профили.



Слика 5.1.1. Систем за рециклажу камене вуне – технолошка шема [2]

Главни профили су од 2xU260 заварени леђа о леђа који омогућавају поделу данцета на три дела као и његову лакшу монтажу и транспорт. У средини секундарни профили су I240 а са бочних страна у њиховом продужетку су профили IPE120 који примају оптерећење и дају додатно укрућење главним носачима. Главни и секундарни носачи преносе оптерећења на прстен који је од U300 пречника 6.5m. Поред вертикалног оптерећења које преносе греде прстен прима и хоризонтално оптерећење од притиска камене вуне унутар силоса. Доњи прстен данчета силоса се ослања на 8 стубова равномерно распоређених. Стубови су профила 2xU120 има их 8 и заварени тако да граде кутију висине 2.55. У доњем делу конструкције силоса хоризонтална стабилност објекта и стабилност стубова је обезбеђена са два спрега у једном правцу и са два спрега у њему управном.

Спрегови су од укрштених дијагонала од 2U80 који се пружају од коте дна стубова до врха стубова. Од данцета се наставља сегмент у облику зарубљене купе висине 2m доњег пречника 6.5m и горњег пречника 6.0m. Дебљина плашта овог сегмента је 6mm. На плашту су заварени „стубићи” 8 комада од 2U100 заварену леђа о леђа како би се омогућила лакша демонтажа ови стубићи се налазе у продужетку доњих. Бочна стабилност ових стубића је обезбеђена спреговима од укрштених дијагонала од L40x4. Изнад овог сегмента се налази сегмент цилиндричног облика дебљине пласта 5mm. Такође на плашту су заварени „стубићи” 8 комада од U100 заварену леђа о леђа како би се омогућила лакша демонтажа ови стубићи се налазе у продужетку доњих, и бочна стабилност је обезбеђена спреговима од укрштених дијагонала од L40x4.

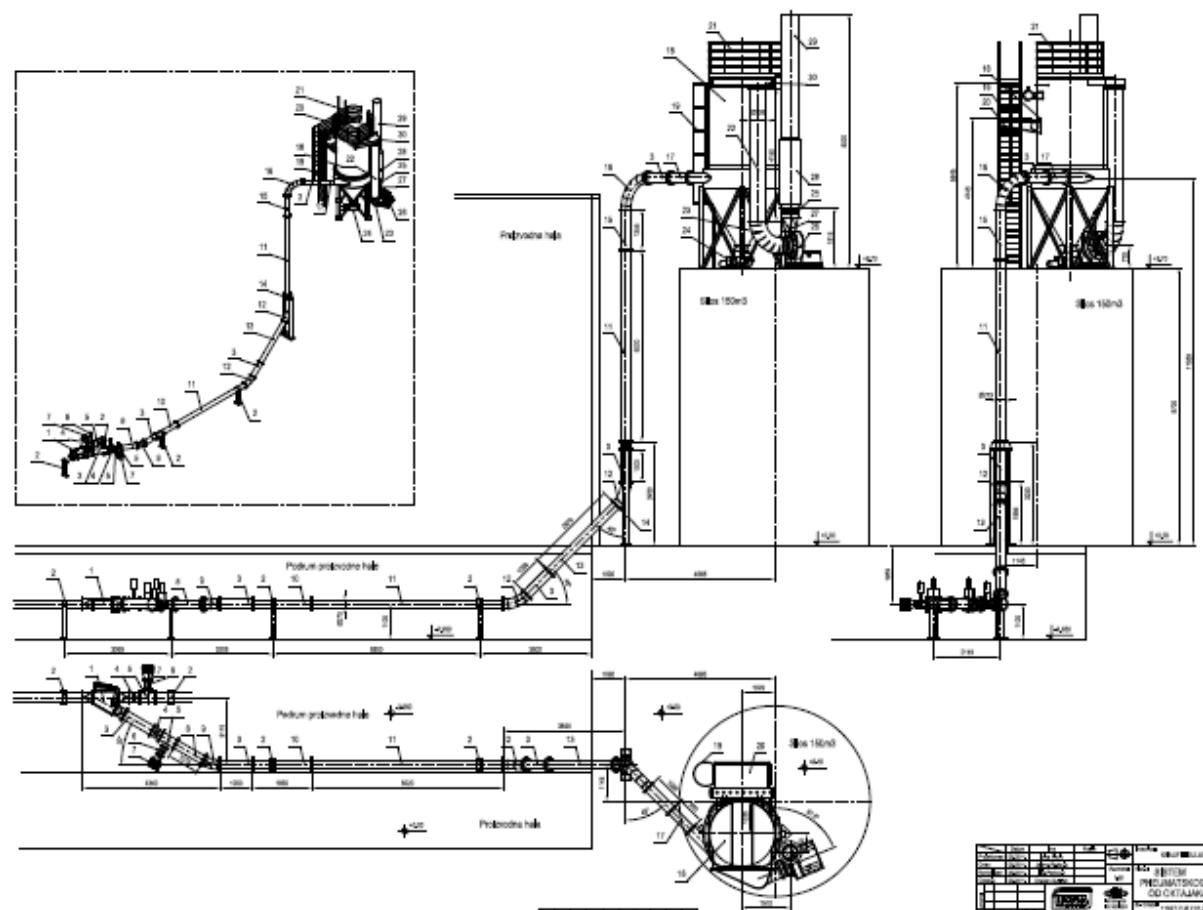
На средини ових стубића се налази и 0.5IPE160 који омогућава ослањање дијагонала на средини. Врх силоса „кров” је купаст од лима дебљине 4mm ојачан профилима 2xU120 леђа о леђа кров је утегнут са прстеном U200 пречника 6.00m. На њега се ослања платформа која се налази на висини од +8.70m, преко стубића висине 1.00m и спреговима од L60x6. Платформа носи 2 филтера и два вентилатора. Платформа је ограђена оградом а на њу се долази пењалицом. Силос је фундиран на осмоугаоном прстену правилног облика ширине 100cm и висине 50cm. Прстен је армиран подужном арматуром RØ14/15cm и попречном арматуром у облику слова Р и то URØ8/15.

5.2. Пројектно решење система

Постројење за рециклажу камене вуне на производној линији је замишљен да се састоји од следећих целина.

1. Система од пнеуматског транспорта од окрајака до силоса - Намена овог система је да окрајке са линије транспортује до силоса рециклата, и служи као резервни систем при ремонту постојећег вентилатора за транспорт. Састоји се од:

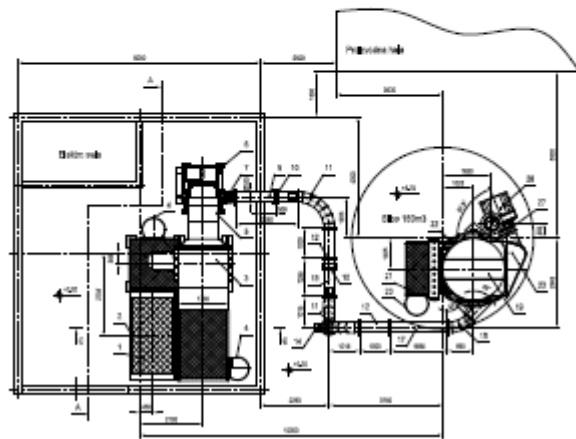
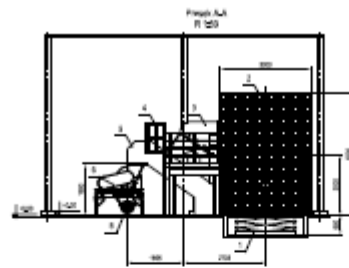
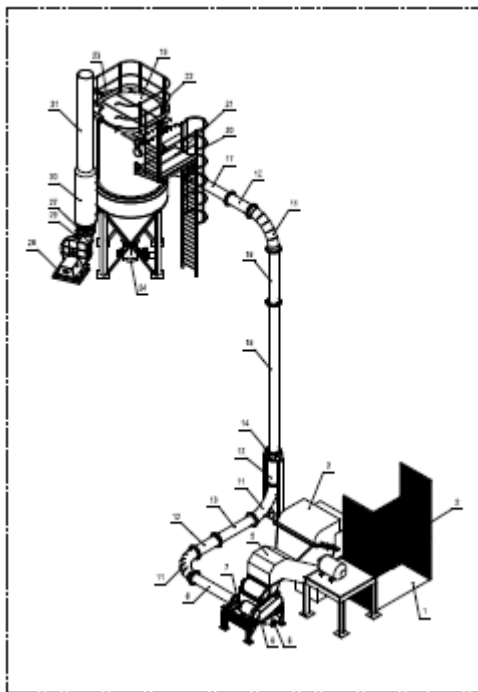
- Пнеуматске скретнице
- Система вентила за аутоматско пребацивање у току рада линије за транспорт.
- Цевовода,
- Врећастог филтера, за одвајање транспортованог материјала од ваздуха.
- Секторског дозатора,
- Центрифугалног вентилатора.



Слика 5.2.1. Систем од пнеуматског транспорта од окрајака до силоса [2]

2. Систем припреме рециклата и пнеуматског транспорта од припреме до силоса - Намена овог система је да табле камене вуне, дим. 250x1600x2200 и мање, уситни на жељену гранулацију, и транспортује је до силоса рециклата. Састоји се од:

- Подизне платформе
- Сецкалице,
- Тракастог транспортера,
- Гранулатора,
- Цевовода,
- Врећастог филтера, за одвајање транспортованог материјала од ваздуха.
- Секторског дозатора,
- Центрифугалног вентилатора.

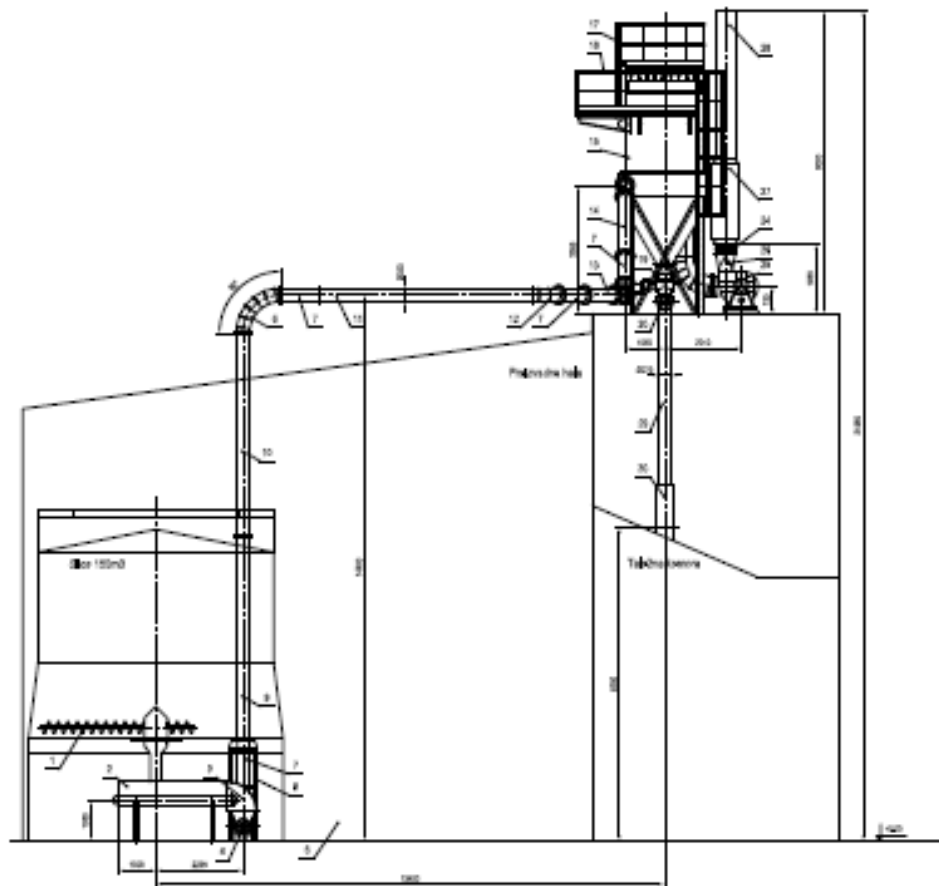


Слика 5.2.2. Система припреме рециклата и пнеуматског транспорта од припреме [2]

3. Систем дозирања и пнеуматског транспорта од силоса до вртложне коморе - Намена овог система је да у захтеваној количини дозира рециклат камене вуне и транспортује га до таложне коморе, при томе, да не оптерећује таложну комору додатном количином ваздуха и правилно распореди рециклат у комори. Састоји се од:

- Пужа-дозатора
- Проточне ваге
- Пријемног коша,
- Цевовода,

- Врећастог филтера, за одвајање транспортованог материјала од ваздуха.
- Секторског дозатора,
- Центрифугалног вентилатора за транспорт,
- Коморе за инектирање
- Центрифугалног вентилатора за вртложење.
- Систем рециклата.

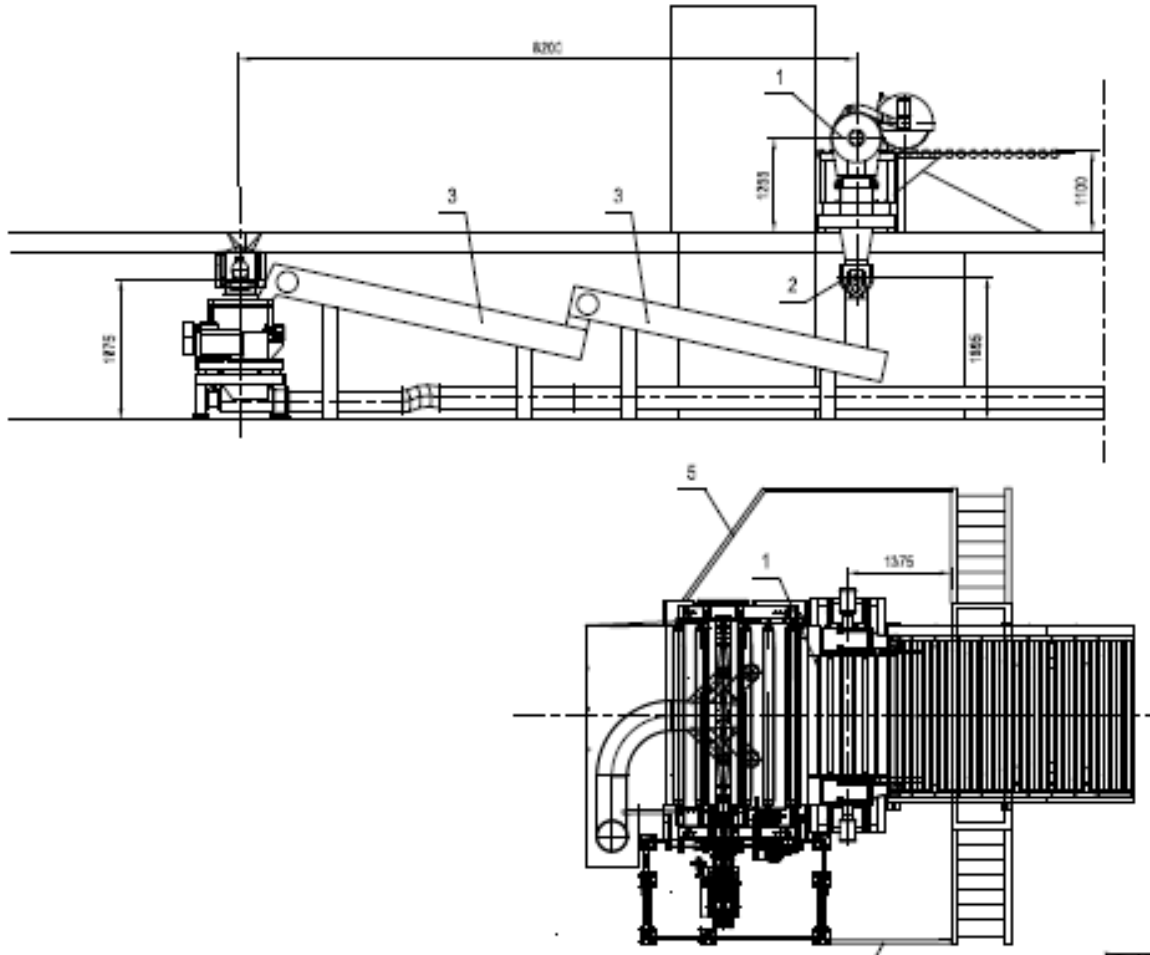


Слика 5.2.3. Система дозирања и пнеуматског транспорта од силоса до вртложне коморе [2]

Систем дозирања и транспорта је потпуно аутоматизован. Силос рециклата због своје величине је предвиђен да стоји на отвореном, непосредно поред производне хале и нове хала за смештај опреме. Дозатори и проточна вага се налазе у кућици испод силоса. Хала је предвиђена само за опрему припреме рециклата.

4. Систем пред сечење окрајака - Систем се састоји од стола са ролкама, две кружне тестере са независним погонима и променљивом брзином сечења, две сецкалице са независним погонима и променљивом брзином сечења. Подешавање ширине сечења окрајака је аутоматско, помоћу електроцилиндра, померањем сваког уређаја понаособ.

Окрајци које одсече кружне тестере иду право у сецкалице на уситњавање. Тако уситњени окрајци се пужним транспортером сабирају и убацују у тракасти транспортер један и два. Уситњени окрајци се транспортером транспортују до постојећег гранулатора. А након гранулације даље у процес.



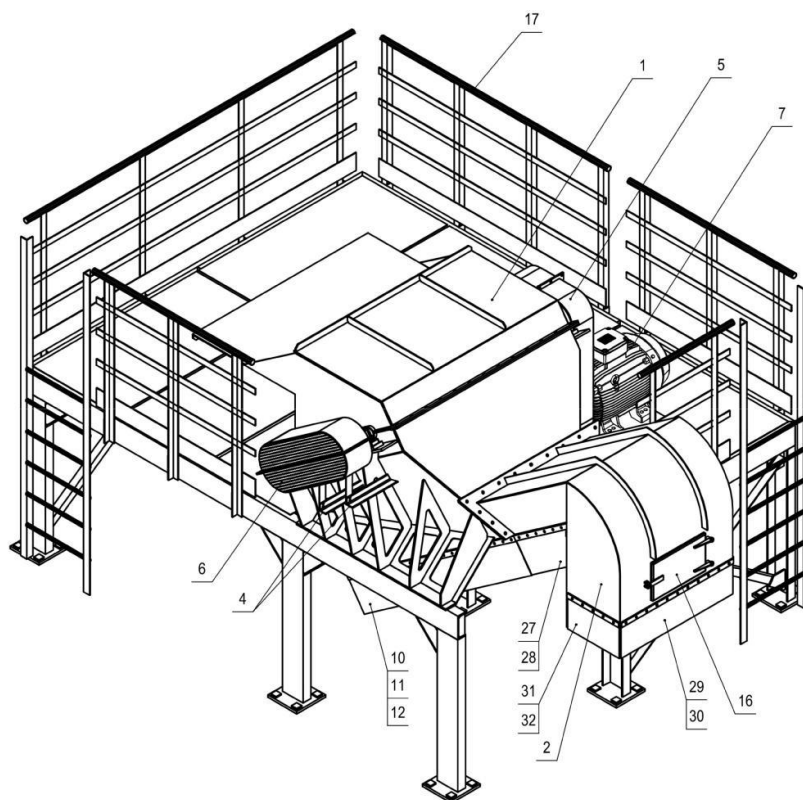
Слика 5.2.4. Систем пред сечење окрајака [2]

Капацитет уређаја је од 0 до 100% ширине окрајка, овим уређајем је могуће сећи комплетне окрајке. Систем заштите животне средине На свим уређајима биће уграђени системи за отпрашивање, емитовање чврстих честица у животну околину биће испод дозвољених законских граница. Овим постројењем моћиће да се правилно припреми складиште за рециклажу камене вуне, транспортује и дозира у жељеном односу. Без загађивање животне и радне околине, смањиће се потрошња нових сировина, и депоније шкарта и окрајака од камене вуне.

6. КРИТИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ СА АСПЕКТА ОДРЖАВАЊА

6.1. Сецкалица модел SEC1600

Табле вуне које се рециклирају, максималних димензија 250 x 1600 x 2200, се ручно убацују у сецкалицу. [2]



Слика 6.1.1. Сецкалица модел SEC1600 [2]

У сецкалици се оне уситњавају до комада максималне величине 200 x 200 x 300. Тако уситњена вуна пада на тракасти транспортер који води до гранулатора. Основни саставни делови сецкалице су:

1. Склоп
2. Сецкалица 1600
3. Ротор
4. Ротор
5. Нож
6. Осовина
7. Осовина
8. Нож
9. Нож

Табела 6.1.1. Технички подаци [2]

Укупна снага мотора	55 kW
Број обртаја сецкалице	1500 o/min
Укупна тежина	4490 kg
Капацитет	500-1600 kg/h при $\rho_m=50-250 \text{ kg/m}^3$

Приликом одржавања, чишћења и других интервенција на сецкалици, обавезна је употреба заштитних рукавица, ципела и одеће.

Пре почетка рада или одржавања на било ком делу сецкалице, неопходно је означити места на којима може бити угрожен живот или здравље људи. Неовлашћени приступ особа треба на овим местима треба забранити знаковима упозорења и баријерама. У просторији у којој се врши одржавање, сви уређаји треба да су искључени из струје. Одговарајуће мердевине, платформе или скела у употребном стању и у довољним количинама морају бити обезбеђене када се ради на висини (а не може се одрадити са земље). Нису пожељне никакве импровизације. [2]

Сецкалицу треба чистити сваке недеље. Отпадни материјал треба уклонити са свих делова уређаја. У случају појаве рђе, металне делове очистити и префарбати основном, а затим заштитном бојом.

Требало би повремено прегледати следеће компоненте, како би се замениле пре изненадног отказа:

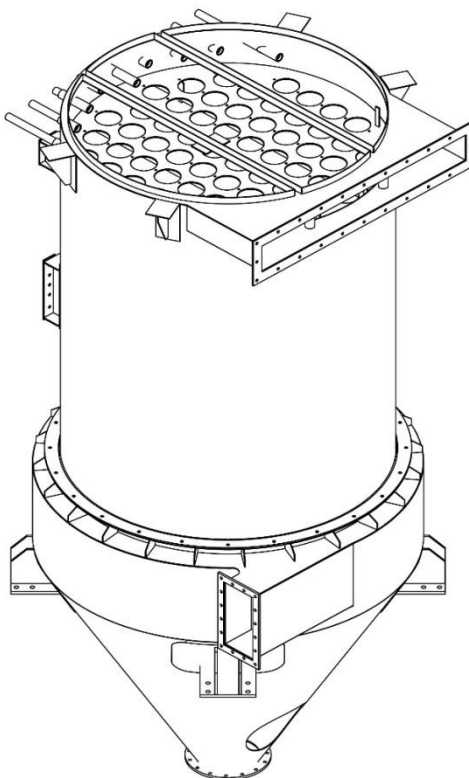
- Треба проверити хабање свих лежајева и осовина
- Треба проверити да ли су ножеви на роторима и кућишту похабани
- Треба проверити да ли су сви вијци на броју и да ли су похабани
- Треба проверити да ли су каишеви похабани

Лежајеви у сецкалици захтевају повремено подмазивање. Дужина временског периода између два подмазивања зависи од врсте материјала који се уситњава, температуре, брзине и временаведеног у раду. Редовно одржавање састоји се од подмазивања, редовна недељна контрола стања машине, замена истрошених делова.

7. ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈЕ ОДРЖАВАЊА МАШИНЕ ЗА РЕЦИКЛАЖУ КАМЕНЕ ВУНЕ

7.1. Циклон-филтер модел CFV80

Вуна уситњена у гранулатору се транспортује пнеуматским транспортом. На крају система за пнеуматски транспорт се издваја у циклону-филтеру. Честице вуне се прво издвајају у циклону, а ситније честице које прођу кроз циклон се потом издвајају у врећастом филтеру, са укупним степеном издвајања од 99,99%. Издвојене честице вуне, кроз излазни канал циклона, падају у силос. [2]



Слика 7.1.1. Циклон филтер [2]

Табела 7.1.1. Технички подаци [2]

Степен издвајања	99,99%
Ефективна филтерска површина	80 m ²
Број врећа	64
Улазна температура	до 150 °C
Укупна тежина	2089 kg
Капацитет	9000 m ³ /h
Пад притиска у филтеру	1500 Pa, max 2000 Pa

Циклон-филтер треба чистити сваке недеље. Отпадни материјал треба уклонити са свих делова уређаја. У случају појаве рђе, металне делове очистити и префарбати

основном, а затим заштитном бојом. Требало би повремено прегледати следеће компоненте, како би се замениле пре изненадног отказа:

- Треба проверити хабање свих врећа
- Треба проверити да ли су лептири забрављени
- Треба проверити да ли су све жабице добро причвршћене
- Треба проверити да ли су сви вентили за отресање исправни

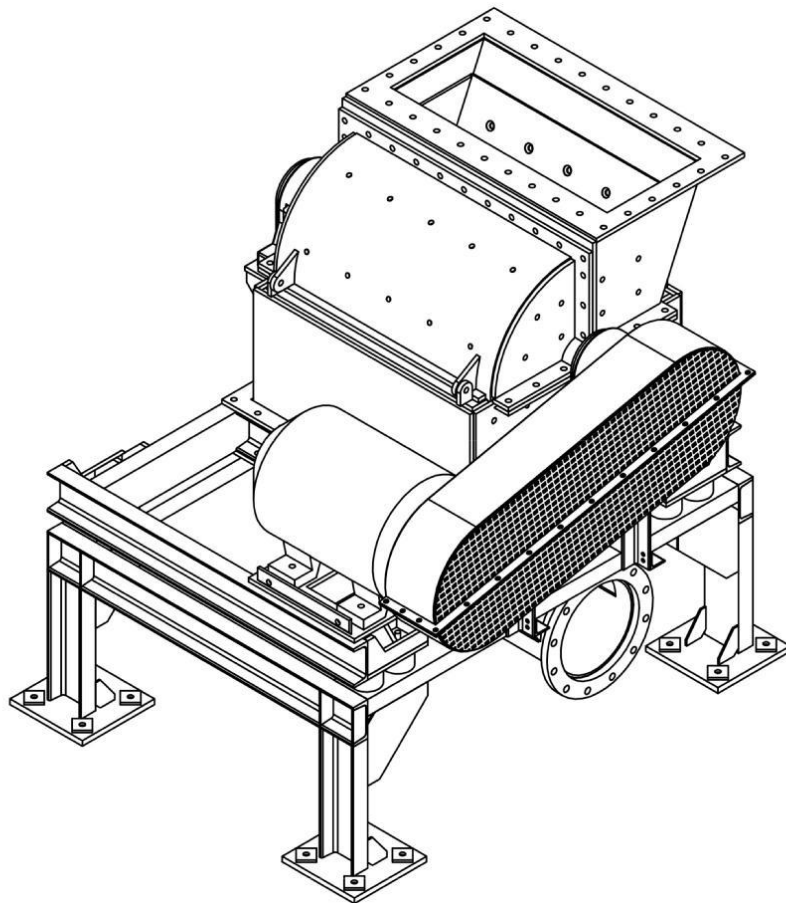
Табела 7.1.2. Списак резервних делова за циклон-филтер CVF80 [2]

Р.б.	Резервни део	Цртеж/примедба	Произвођач	Количина
1	Врећа Ø160 x 2530	11067.SC.00.00	ИРМА Пројект Систем	64
2	Дизна	IPS 160	ИРМА Пројект Систем	64
3	Лептир	IPS 150	ИРМА Пројект Систем	64
4	Кавез	Ø160 x 2500	ИРМА Пројект Систем	64
5	Вентил за отресање	SC G353A051	ASCO	9
6	Гумено црево	Ø60 x 200 PN10	ИРМА Пројект Систем	9
7	Секвенцијални контролер	E909	ASCO	1

Редовно одржавање састоји се од подмазивања, редовна недељна контрола стања машине, замена истрошених делова.

7.2. Гранулатор модел GR1500

Вуна уситњена у сецкалицу, преко тракастог транспортера улази у гранулатор и у њему се ситни до уједначених комада потребне величине. Тако припремљена вуна пада у бункер, одакле се даље транспортује пнеуматским транспортом.



Слика 7.2.1. Гранулатор модел GR1500 [2]

Табела 7.2.1. Технички подаци [2]

Укупна снага мотора	37 kW
Број обртаја гранулатора	1500 o/min
Укупна тежина	2500 kg
Капацитет	500-1500 kg/h при $\rho_m=50-250 \text{ kg/m}^3$

Основни саставни делови гранулатора:

1. Гранулатор
2. Ротор
3. Решетка
4. Облога поклопца
5. Облога поклопца
6. Облога поклопца
7. Облога поклопца
8. Облога доњег дела кућишта
9. Осовина
10. Прирубница
11. Чекић

Гранулатором даљински се управља са командног пулта. Ради аутоматски, а његова брзина прилагођена је брзини целе линије. [2]

Прво стартовање

- Прво проверити подмазивање лежајева и погона.
- Стартовати мотор на кратко и утврдити да се ротор окреће у правом смеру и да нигде не качи.
- Укључити гранулатор да ради на празно неколико минута и проверити да ли се јавља необична бука, вибрације или постоји нека лабава веза.
- Када се утврди да гранулатор ради нормално, почети са ситњењем материјала и проверити да ли систем исправно функционише.
- Препоручује се провера интензитета струје ($I[A]$) при пројектованом капацитету, да би се утврдило да ли је гранулатор преоптерећен. Номинални интензитет струје се налази на називној плочици. Такође би требало проверити да ли је напон ($U[V]$) унутар дозвољених граница, јер низак напон може изазвати висок интензитет струје, као при преоптерећењу.

Свакодневни рад

- Ако другачије није прецизирано, гранулатор је пројектован да стартује празан и да се не гаси док се не испразни.

Гранулатор треба чистити сваке недеље. Отпадни материјал треба уклонити са свих делова уређаја. У случају појаве рђе, металне делове очистити и префарбати основном, а затим заштитном бојом.

Требало би повремено прегледати следеће компоненте, како би се замениле пре изненадног отказа:

- Треба проверити хабање свих лежајева и осовина
- Треба проверити да ли чекићи или прирубнице на ротору похабане
- Треба проверити да ли су сви вијци на броју и да ли су похабани
- Треба проверити да ли су облоге похабане
- Треба проверити да ли је решетка похабана

Лежајеви у гранулатору захтевају повремено подмазивање. Дужина временског периода између два подмазивања зависи од врсте материјала који се уситњава, температуре, брзине и временаведеног у раду.

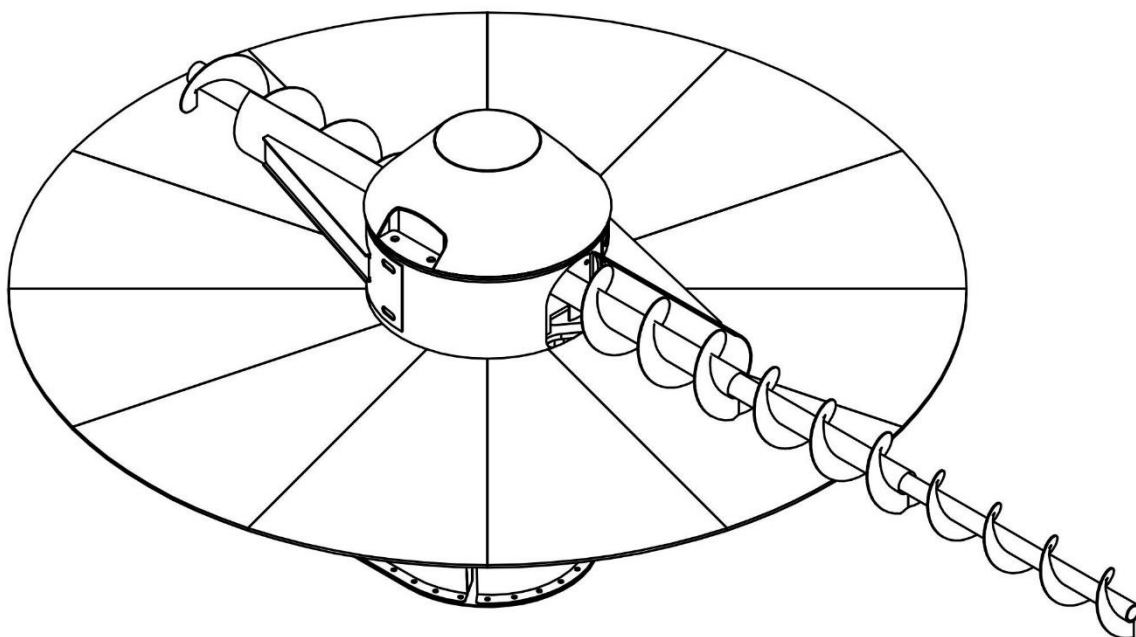
Табела 7.2.2. Списак резервних делова за грануlator GR.1500 [2]

Р.б.	Резервни део	Цртеж/примедба	Произвођач	Количина
1	Ротор	GR 1500.00.01	ИРМА Пројект Систем	1
2	Решетка	GR 1500.00.05	ИРМА Пројект Систем	1
3	Облога поклопца	GR 1500.00.14	ИРМА Пројект Систем	2
4	Облога поклопца	GR 1500.00.15	ИРМА Пројект Систем	1
5	Облога поклопца	GR 1500.00.16	ИРМА Пројект Систем	2
6	Облога поклопца	GR 1500.00.17	ИРМА Пројект Систем	1
7	Облога доњег дела кућишта	GR 1500.00.18	ИРМА Пројект Систем	2
8	Осовина	GR 1500.00.01.01	ИРМА Пројект Систем	1
9	Прирубница	GR 1500.00.01.02	ИРМА Пројект Систем	20
10	Чекић	GR 1500.00.01.04	ИРМА Пројект Систем	76
11	Каиш	SPB16.3/2500	Sati	6
12	Каишник	SPB315- 06/70/90/322/60	Sati	2
13	Лежај	22320 ЕК.W33 + H2320	NKE	2
14	Кућиште лежаја	SNK 524 - 620	NKE	2
15	Електромотор	MHERAXX225- 12V1C B-3 37kW	WEG	1

Редовно одржавање састоји се од подмазивања, редовна недељна контрола стања машине, замена истрошених делова.

7.3. Пуж изузимач модел PR 300

Спирале пужа ротирају око своје осе и око осе силоса и са пода силоса прикупљају уситњену вуну и одводе је кроз отворе на кућици. Вуна затим кроз излазни канал иде у улазни канал пужног транспортера. [2]



Слика 7.3.1. Пуж изузимач модел PR 300 [2]

Табела 7.3.1. Технички подаци [2]

Укупна снага мотора	5.5 + 0.75 kW
Број обртаја спирала око сопствене осе	0-100 o/min
Број обртаја спирала око осе силоса	0-2 o/min
Капацитет	1200 kg/h pri $\rho_m=200 \text{ kg/m}^3$

Основни саставни делови пужног транспортера су:

1. Спирала - склоп
2. Спирала - склоп
3. Осовина
4. Склизница

Пужем изузимачем даљински се управља са командног пулта. Ради аутоматски, а његова брзина прилагођена је брзини целе линије. [2]

Прво стартовање

- Прво проверити подмазивање лежајева и погона.
- Стартовати мотор на кратко и утврдити да се спирале окрећу у правом смеру и да нигде не каче.
- Укључити пуж изузимач да ради на празно неколико минута и проверити да ли се јавља необична бука, вибрације или постоји нека лабава веза.

- Када се утврди да пуж изузимач ради нормално, почети са транспортом материјала и проверити да ли систем исправно функционише.
- Препоручује се провера интензитета струје ($I[A]$) при пројектованом капацитету, да би се утврдило да ли је транспортер преоптерећен. Номинални интензитет струје се налази на називној плочици. Такође би требало проверити да ли је напон ($U[V]$) унутар дозвољених граница, јер низак напон може изазвати висок интензитет струје, као при преоптерећењу.

Свакодневни рад

- Ако другачије није прецизирано, пуж изузимач је пројектован да стартује празан и да се не гаси док се не испразни.

Пуж изузимач треба чистити сваке недеље. Отпадни материјал треба уклонити са свих делова уређаја. У случају појаве рђе, металне делове очистити и префарбати основном, а затим заштитном бојом. Требало би повремено прегледати следеће компоненте, како би се замениле пре изненадног отказа:

1. Треба проверити хабање свих лежајева и осовина
2. Треба проверити да ли су ивице спирала оштећене или похабане
3. Треба проверити да ли су сви вијци на броју и да ли су похабани
4. Треба проверити све заптиваче

Лежајеви у пужу изузимачу захтевају повремено подмазивање. Дужина временског периода између два подмазивања зависи од врсте материјала који се транспортује, температуре, брзине и временаведеног у раду.

Монтажни радови морају бити обављени у складу са следећим важећим законским регулативама: [2]

- Правилник о техничким мерама и условима код монтаже челичних конструкција.
- Правилник за обезбеђивање сигурности и здравља при ручном преношењу терета.
- Правилник о личној сигурносној опреми радника
- Уредба о обезбеђивању сигурности и здравља за рад на привременим и покретним градилиштима.

Табела 7.3.2. Списак резервних делова [2]

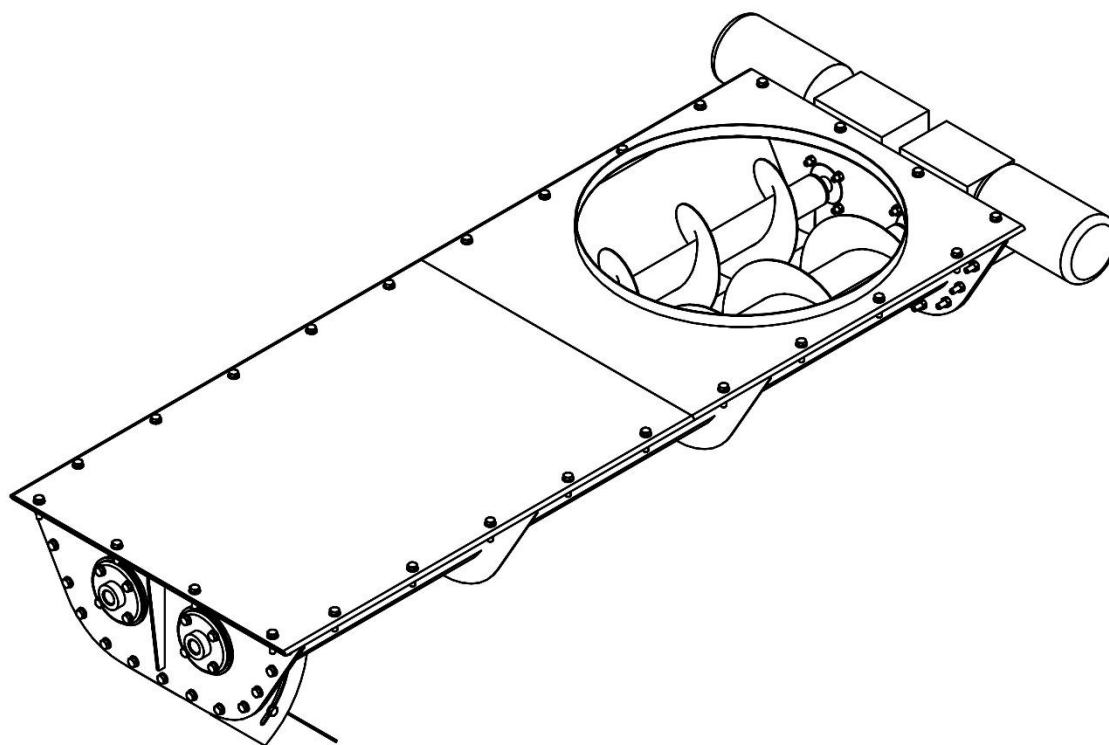
Р.б..	Резервни део	Цртеж/примедба	Произвођач	Количина
1	Спирала	PR.00.01	ИРМА Пројект Систем	1
2	Спирала	PR.00.02	ИРМА Пројект Систем	1
3	Вратило	PR.00.06	ИРМА Пројект Систем	1
4	Склизница	PR.00.08	ИРМА Пројект Систем	1
5	Лежај	VS1 200844	TG	1
6	Мотор - редуктор	B123 5.5kW	Motovario	1

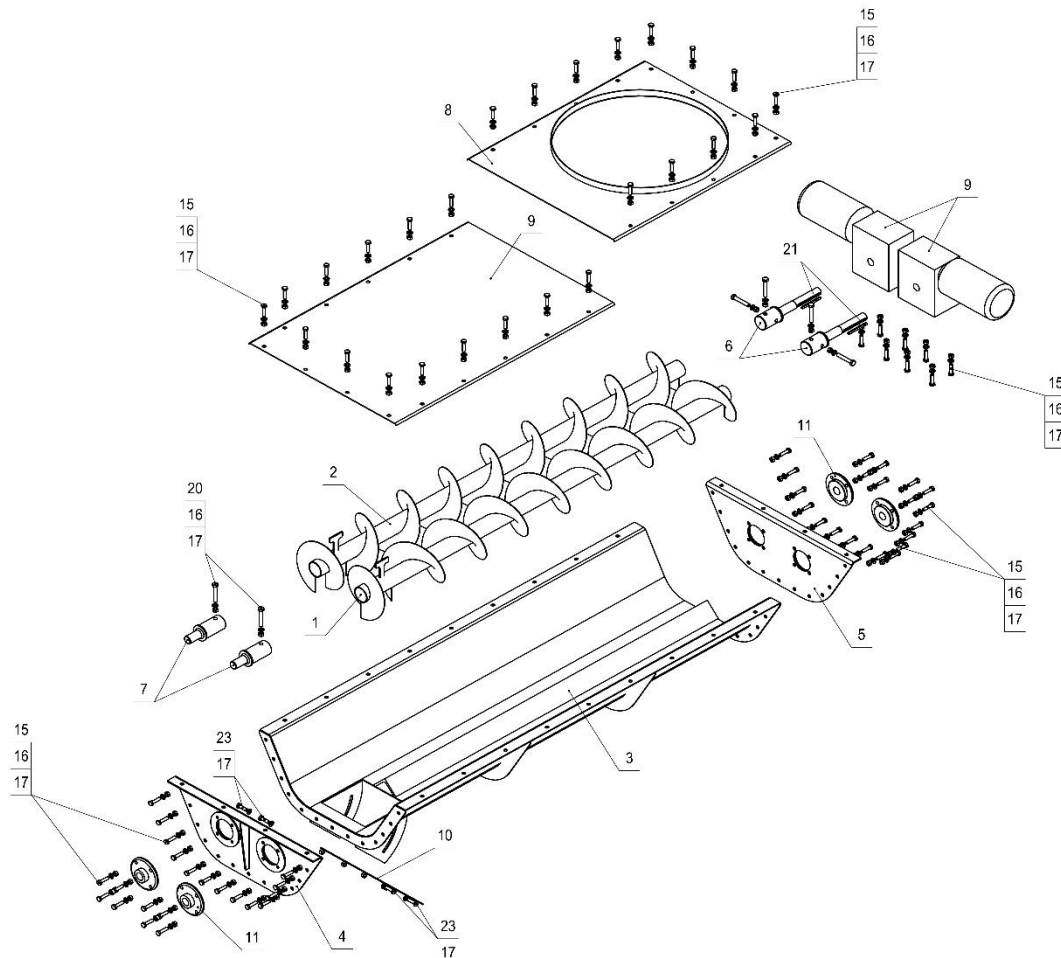
7.4. Пужни транспортер модел PT200

Уситњена вуна из излазног канала пужа изузимаача иде у улазни канал пужног транспортера. Две спирале пужног транспортера сабирају материјал и дозирају га на излазу. Материјал са излаза пужног транспортера пада на вагу.

Табела 7.4.1. Технички подаци [2]

Укупна снага мотора	2 x 1.1 kW
Број обртаја пужног транспортера	45 o/min
Укупна тежина	155 kg
Капацитет	1200 kg/h pri $\rho_m=200 \text{ kg/m}^3$

**Слика 7.4.1. Пужни транспортер модел PT200 [2]**



Слика 7.4.2. Саставни делови пужног транспортера [2]

Пужним транспортером даљински се управља са командног пулта. Ради аутоматски, а његова брзина прилагођена је брзини целе линије.

Прво стартовање: [2]

- Прво проверити подмазивање лежачеја и погона.
- Стартовати мотор на кратко и утврдити да се спирала окреће у правом смеру и да нигде не качи.
- Укључити транспортер да ради на празно неколико минута и проверити да ли се јавља необична бука, вибрације или постоји нека лабава веза.
- Када се утврди да транспортер ради нормално, почети са транспортом материјала и проверити да ли систем исправно функционише.
- Препоручује се провера интензитета струје ($I[A]$) при пројектованом капацитету, да би се утврдило да ли је транспортер преоптерећен. Номинални интензитет струје се налази на називној плочици. Такође би требало проверити

да ли је напон ($U[B]$) унутар дозвољених граница, јер низак напон може изазвати висок интензитет струје, као при преоптерећењу.

Свакодневни рад

- Ако другачије није прецизирано, пужни транспортер је пројектован да стартује празан и да се не гаси док се не испразни.

Пужни транспортер треба чистити сваке недеље. Отпадни материјал треба уклонити са свих делова уређаја. У случају појаве рђе, металне делове очистити и префарбати основном, а затим заштитном бојом. Требало би повремено прегледати следеће компоненте, како би се замениле пре изненадног отказа:

- Треба проверити хабање свих лежачева и осовина
- Треба проверити да ли је ивица спирале оштећена или похабана
- Треба проверити да ли су сви вијци на броју и да ли су похабани
- Треба проверити све заптиваче

Лежачеви у пужном транспортеру захтевају повремено подмазивање. Дужина временског периода између два подмазивања зависи од врсте материјала који се транспортује, температуре, брзине и временаведеног у раду.

Сервисни прекидач треба да је искључен приликом одржавања са окаченим натписом “НЕ УКЉУЧУЈ – ОДРЖАВАЊЕ” Редовно одржавање састоји се од подмазивања, редовна недељна контрола стања машине, замена истрошених делова.

Табела 7.4.2. Списак резервних делова [2]

Р.б.	Резервни део	Цртеж/примебда	Произвођач	Количина
1	Спирала	РТ.200.00.01	ИРМА Пројект Систем	1
2	Спирала	РТ.200.00.02	ИРМА Пројект Систем	1
3	Вратила	РТ.200.00.06	ИРМА Пројект Систем	1
4	Вратило	РТ.200.00.07	ИРМА Пројект Систем	1
5	Лежај	RMEY 30	NKE	4
6	Мотор-редуктор	NMRV 075	Motovario	2

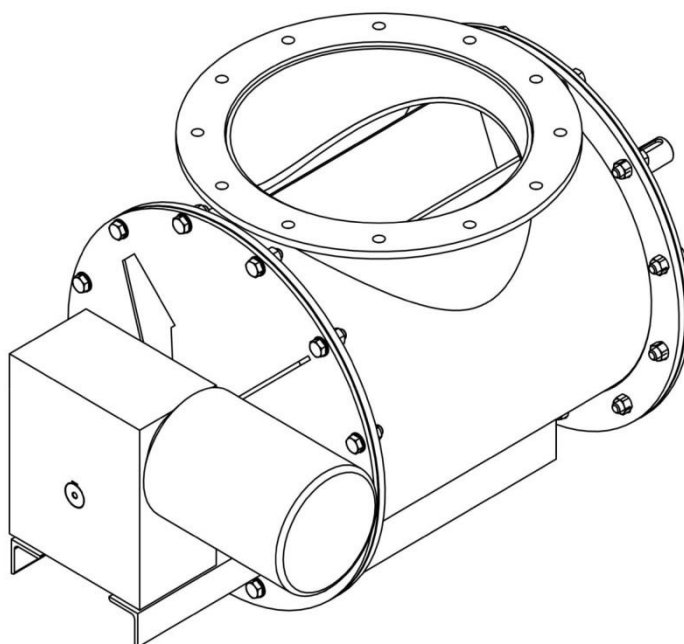
Монтажни радови морају бити обављени у складу са следећим важећим законским регулативама:

- Правилник о техничким мерама и условима код монтаже челичних конструкција.
- Правилник за обезбеђивање сигурности и здравља при ручном преношењу терета.
- Правилник о личној сигурносној опреми радника
- Уредба о обезбеђивању сигурности и здравља за рад на привременим и покретним градилиштима.

Само особе са одговарајућим образовањем и оне одабране од стране извођача радова могу руководити и обављати монтажу. [2]

7.5. Секторски дозатор модел SD6

Уситњена вуна издвојена у циклону-филтеру иде у улазни канал секторског дозатора. Секторски дозатор омогућава пролаз вуне до улазног канала пужног транспортера уз одржавање подпритиска у циклону-филтеру.



Слика 7.5.1. Секторски дозатор модел SD6 [2]

Табела 7.5.1. Технички подаци [2]

Укупна снага мотора	4 kW
Број обртаја секторског дозатора	20 o/min
Укупна тежина	219 kg
Капацитет	1200 kg/h pri $\rho_m=200 \text{ kg/m}^3$

Основни саставни делови пужног транспортера су: [2]

1. Секторски дозатор
2. Ротор - склоп
3. Осовина
4. Осовина

Прво стартовање

- Прво проверити подмазивање лежајева и погона.
- Стартовати мотор на кратко и утврдити да се ротор окреће у правом смеру и да нигде не качи.
- Укључити дозатор да ради на празно неколико минута и проверити да ли се јавља необична бука, вибрације или постоји нека лабава веза.
- Када се утврди да дозатор ради нормално, почети са транспортом материјала и проверити да ли систем исправно функционише.
- Препоручује се провера интензитета струје ($I[A]$) при пројектованом капацитету, да би се утврдило да ли је дозатор преоптерећен. Номинални интензитет струје се налази на називној плочици. Такође би требало проверити да ли је напон ($U[V]$) унутар дозвољених граница, јер низак напон може изазвати висок интензитет струје, као при преоптерећењу.

Свакодневни рад

- Ако другачије није прецизирано, секторски дозатор је пројектован да стартује празан и да се не гаси док се не испразни.

Секторски дозатор треба чистити сваке недеље. Отпадни материјал треба уклонити са свих делова уређаја. У случају појаве рђе, металне делове очистити и префарбати основном, а затим заштитном бојом. Требало би повремено прегледати следеће компоненте, како би се замениле пре изненадног отказа: [2]

- Треба проверити хабање свих лежајева и осовина
- Треба проверити да ли су ивице лопатица оштећене или похабане
- Треба проверити да ли су сви вијци на броју и да ли су похабани
- Треба проверити све заптиваче

Лежајеви у секторском дозатору захтевају повремено подмазивање. Дужина временског периода између два подмазивања зависи од врсте материјала који се транспортује, температуре, брзине и временаведеног у раду.

Монтажни радови морају бити обављени у складу са следећим важећим законским регулативама:

- Правилник о техничким мерама и условима код монтаже челичних конструкција.
- Правилник за обезбеђивање сигурности и здравља при ручном преношењу терета.
- Правилник о личној сигурносној опреми радника
- Уредба о обезбеђивању сигурности и здравља за рад на привременим и покретним градилиштима.

Табела 7.5.2. Секторски дозатор модел SD6 [2]

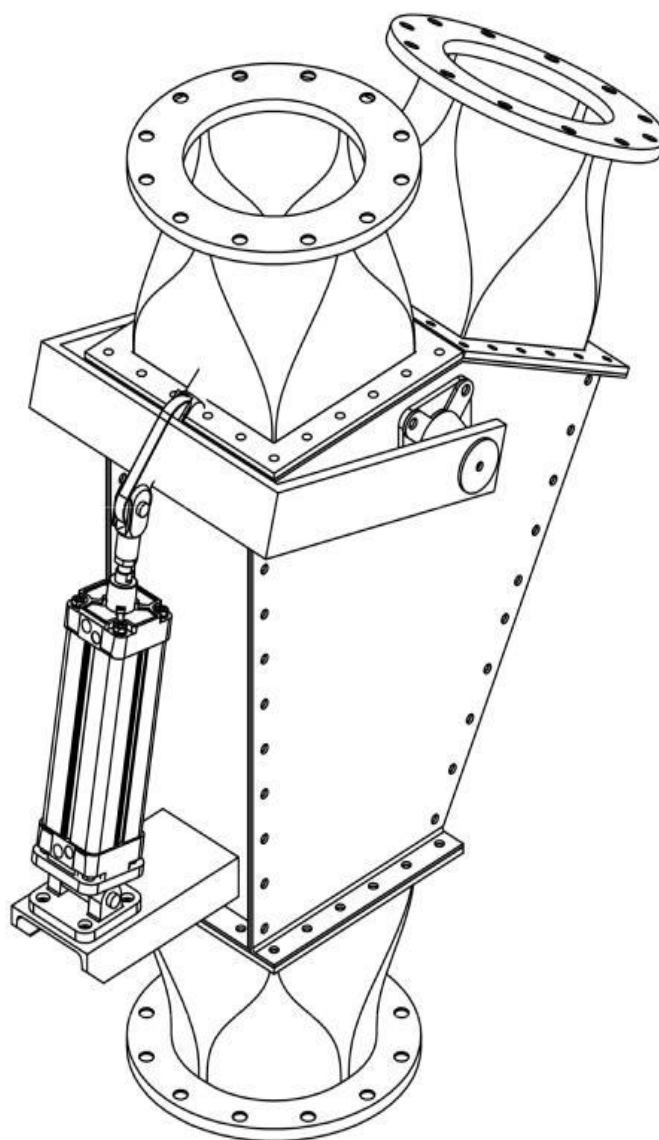
Р.б.	Резервни део	Цртеж/примедба	Произвођач	Количина
1	Ротор	SD6.00.02	ИРМА Пројект Систем	1
2	Осовина	SD6.00.02.02	ИРМА Пројект Систем	1
3	Осовина	SD6.00.02.03	ИРМА Пројект Систем	1
4	Лежај	PMEY 60	NKE	2
5	Мотор-редуктор	NMRV 150	Motovario	1

7.6. Скретница модел SK273-30

Скретницом се усмерава ток мешавине уситњене вуне и ваздуха према таложној комори или према циклону-филтеру.

Табела 7.6.1. Састав основних делова [2]

Поз.	Назив	Количина
1.	Прелазни комад	3 ком.
2.	Гума	3 ком.
3.	Бочни лим	1 ком.
4.	Бочни лим	1 ком.
5.	Бочна страна	1 ком.
6.	Бочна страна	1 ком.
7.	Гума	2 ком.
8.	Гума	1 ком.
9.	Разделник	1 ком.
10.	Клапна	1 ком.
11.	Осовина	2 ком.
12.	Полуга	1 ком.
13.	Диск	2 ком.
14.	Лежај	2 ком.
15.	Вијак M12 x 50	102 ком.
16.	Навртка M12	98 ком.
17.	Подлошка A12	102 ком.



Слика 7.6.1. Секторски дозатор модел SD6 [2]

У случају кvara, планиране интервенције или одржавања на елементима скретнице, рад треба да се обустави И као додатна мера сигурности искључи напајање компримованим ваздухом. На машину треба окачити таблу са следећим натписом: “НЕ УКЉУЧУЈ – ОДРЖАВАЊЕ” Машина на којој је извршена интервенција, било у виду оправке или одржавања, може да ради нормално тек након тестирања. Промену засебних делова машине могу вршити само квалификовани радници. Скретницу треба чистити сваке недеље. Отпадни материјал треба уклонити са свих делова уређаја. У случају појаве рђе, металне делове очистити и префарбати основном, а затим заштитном бојом. Требало би повремено прегледати следеће компоненте, како би се замениле пре изненадног отказа: [2]

- Треба проверити хабање свих лежајева

- Треба проверити хабање пнеуматског цилиндра

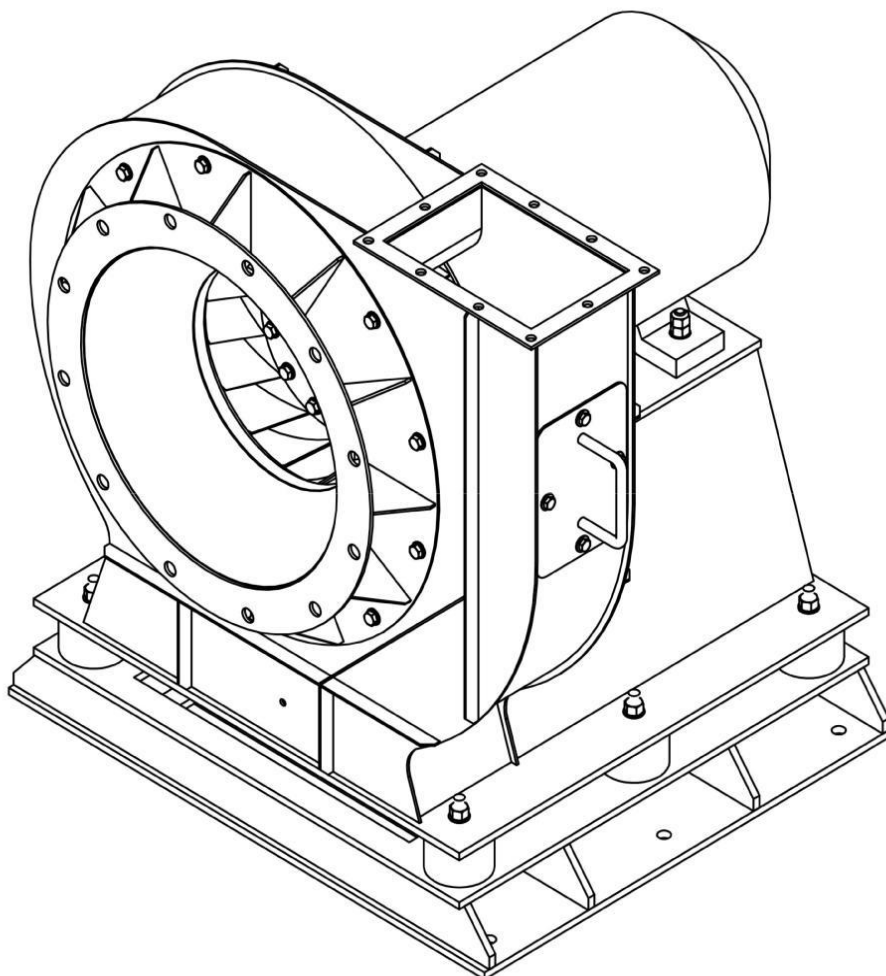
Лежајеви у скретници захтевају повремено подмазивање. Дужина временског периода између два подмазивања зависи од врсте материјала који се транспортује, температуре, брзине и временаведеног у раду. Редовно одржавање састоји се од подмазивања, редовна недељна контрола стања машине, замена истрошених делова.

Табела 7.6.2. Састав основних делова [2]

Р.б.	Резервни део	Цртеж/примедба	Произвођач	Количина
1	Лежај	PCF 40	NKE	2

7.7. Вентилатор модел C.V.9_5.25

Центрифугални вентилатор служи за одржавање подпритиска у систему за пнеуматски транспорт вуне. Ваздух из кога је издвојена вуна у циклону и врећастом филтеру пролази кроз вентилатор и избацује се у атмосферу. [2]



Слика 7.7.1. Вентилатор модел C.V.9_5.25 [2]

Табела 7.5.1. Технички подаци [2]

Укупна снага мотора	30kW
Број обртаја вентилатора	3000 o/min
Укупна тежина	565 kg
Проток	9000 m ₃ /h
Напор	5250 Pa

Прво стартовање

1. Стартовати мотор на кратко и утврдити да се радно коло окреће у правом смеру и да нигде не качи.
2. Укључити вентилатор да ради неколико минута и проверити да ли се јавља необична бука, вибрације или постоји нека лабава веза.
3. Када се утврди да вентилатор ради нормално, почети са пнеуматским транспортом материјала и проверити да ли систем исправно функционише.

Табела 7.5.2. Списак саставних делова [2]

Поз.	Назив	Количина
1.	Метална конструкција вентилатора	1 ком.
2.	Усисно грло	1 ком.
3.	Радно коло - склоп	1 ком.
4.	Електромотор	1 ком.
5.	Постоље	1 ком.
6.	Поклопац ревизионог отвора	2 ком.
7.	Вијак M10 x 25	6 ком.
8.	Навртка M10	6 ком.
9.	Еластична подлошка A10	6 ком.
10.	Вијак M16 x 80	4 ком.
11.	Вијак M16 x 50	1 ком.
12.	Навртка M16	20 ком.
13.	Еластична подлошка A16	17 ком.
14.	Вијак - амортизер	6 ком.
15.	Вијак M12 x 25	11 ком.
16.	Навртка M12	11 ком.
17.	Еластична подлошка A12	11 ком.
18.	Клин	1 ком.
19.	Плочица	1 ком.
20.	Штитник главчине	1 ком.

Пужни транспортер треба чистити сваке недеље. Отпадни материјал треба уклонити са свих делова уређаја. У случају појаве рђе, металне делове очистити и префарбати основном, а затим заштитном бојом.

Дневни преглед - Свакодневни визуелни преглед, који поред општег стања обухвата и следеће контроле:

- Контролу температуре мотора
- Контролу струје мотора и напона напајања
- Контролу шума и вибрација

Недељни преглед - Провера заптивености ревизионог отвора на металној конструкцији вентилатора, као и заптивеност између горњег и доњег дела шкољке металне конструкције вентилатора. Провера стања вијчаних веза.

Недељни преглед - Периодични преглед стања радног кола.

Процедура за преглед радног кола - Приликом периодичног прегледа стања радног кола потребно је урадити следеће:

- Искључити напајање електромотора електричном енергијом.
- Скинути ревизиони поклопац са металне конструкције вентилатора.
- Проверити стање радног кола (у случају да има наслага, потребно их је потпуно уклонити са радног кола, чиме се смањује дебаланс и вибрације вентилатора).
- Вратити на металну конструкцију вентилатора ревизиони поклопац.
- Притегнути вијке на ревизионом поклопцу.
- Укључити напајање електромотора електричном енергијом.

Процедура демонтаже ротора вентилатора - Ако се укаже потреба за заменом ротора вентилатора, потребно је урадити следеће: [2]

- Искључити напајање електромотора електричном енергијом.
- Скинути везу (флексибилна веза и усисни канал) која спаја вентилатор (усисно грло вентилатора) са системом.
- Скинути флексибилну везу и потисни канал вентилатора на излазу из вентилатора.
- Скинути горњи део шкољке металне конструкције вентилатора.
- Везати ротор вентилатора (најбоље дизалицом са сајлом), чиме се омогућује хоризонтално померање ротора.
- Одврнути матицу - осигурач са осовине мотора, који омогућава хоризонтално померање главчине ротора.
- Скинути ротор вентилатора и главчину са осовине електромотора.

- Поново монтирање ротора вентилатора се ради по истој процедури само обрнутим редоследом.

Монтажни радови морају бити обављени у складу са следећим важећим законским регулативама:

- Правилник о техничким мерама и условима код монтаже челичних конструкција.
- Правилник за обезбеђивање сигурности и здравља при ручном преношењу терета.
- Правилник о личној сигурносној опреми радника
- Уредба о обезбеђивању сигурности и здравља за рад на привременим и покретним градилиштима.

Табела 7.5.3. Списак резервних делова [2]

Р.б.	Резервни део	Цртеж/примедба	Произвођач	Количина
1	Радно коло	C.V.9/5.25/00.03.02	ИРМА Пројект Систем	1
2	Мотор	DERAXX200L-02 B-3 30kW	WEG	1
3	Вијак-амортизер	Ø100 x 50 M16	SZR BOSNA	6

7.8. Заштитна опрема и ознаке приликом одржавања

Приликом одржавања, чишћења и других интервенција на вентилатору, обавезна је употреба заштитних рукавица, ципела и одеће. Пре почетка рада или одржавања на било ком делу вентилатора, неопходно је означити места на којима може бити угрожен живот или здравље људи. Неовлашћени приступ особа треба на овим местима треба забранити знаковима упозорења и баријерама. У просторији у којој се врши одржавање, сви уређаји треба да су искључени из струје. Одговарајуће мердевине, платформе или скела у употребном стању и у довољним количинама морају бити обезбеђене када се ради на висини (а не може се одрадити са земље). Нису пожељне никакве импровизације.



Приликом одржавања, чишћења и других интервенција на вентилатору, обавезна је употреба личне заштитне опреме (заштитних рукавица, ципела и одеће).

Сви заштитни елементи који спречавају приступ опасним зонама треба да су постављени приликом рада. Не смеју се померати, отворати или скидати у току рада. Није дозвољено пењање и вешање на машину. Уколико је потребно обавити било какву интервенцију, треба користити одговарајуће обезбеђене платформе. [2]



Померање, отварање и растављање је забрањено за време рада.

Није дозвољено пењање и вешање на машину. Уколико је потребно обавити било какву интервенцију, треба користити одговарајуће обезбеђене платформе.



У току рада сецкалице забрањено је било какво ометање рада њених елемената.



Забрањено је пењање на циклон-филтер!

Сви заштитни елементи који спречавају приступ опасним зонама треба да су постављени приликом рада. Не смеју се померати, отворати или скидати у току рада. Није дозвољено пењање и вешање на машину. Уколико је потребно обавити било какву интервенцију, треба користити одговарајуће обезбеђене платформе.

На машину треба окачити таблу са следећим натписом: “НЕ УКЉУЧУЈ – ОДРЖАВАЊЕ”. Машина на којој је извршена интервенција, било у виду оправке или одржавања, може да ради нормално тек након тестирања. Промену засебних делова машине могу вршити само квалификовани радници.

8. ПРЕДЛОЗИ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ОДРЖАВАЊА МАШИНЕ ЗА РЕЦИКЛАЖУ КАМЕНЕ ВУНЕ

Захваљујући вибро-дијагностици може се извршити преглед и утврдити потенцијално оштећење машине за рециклажу камене вуне, уз помоћ ране детекције кварова и на тај начин се може доћи до превенције отказа, тј. престанак рада машине. Уз помоћ вибро-дијагностике имамо рани увид у симптоме рада опреме који се не могу детектовати на традиционалан начин. Оваквим испитивањима без демонтаже, када машина нормално ради (вентилатор, пумпа, компресор, сепаратор, центрифуга, редуктор, турбина итд.) брзо и лако се може одредити стање агрегата и могу се наћи недостаци који се налазе на њему.

Конкурентна способност фирме на тржиштима дефинисана је са три фактора: квалитет производа, продуктивност и структура коштања. Машинама и опреми, корисници постављају све оштрије захтеве. Савремене стратегије одржавања машина и уређаја подразумевају стручне и квалитетне примене метода превентивних и предиктивних одржавања у којима вибродиагностика има веома значајну улогу.

Мерење вибрација (вибро) - Ова функција се одвија кроз методологију мерења на појединачним машинама, али и када је у питању рутинг метода. Према унапред припремљеним програмима обавља се мерење вибрација на великом броју машина и уређаја и подаци који се добију, преносе се на рачунар. Добијени резултати се анализирају и примећују се промене и тачке које су критичне у сагласности са ИСО 2372.

Фреквентна анализа (ФФТ) - Могућност проналаска узрока вибрација. Фреквентна анализа представља поступак на основу које се добијају елементарне компоненте из сложеног сигнала вибрација. Овим методама добијају се опште оцене стања машине и могућност идентификације узрочника грешке.

Уравнотежење у сопственим лежиштима (ИПБ) - Неуравнотеженост је стални узрок квара на машинама. Предности поступка ИПБ:

- Избегавају се демонтаже и транспорт ротора
- Узимају се у обзир радни услови код машина
- Поступци су брзи и једноставни

Мерење шума лежишта и зупчаника (BNL) - Применом методе *Envelope* убрзања ефикасно се долази до нивоа оштећености котрљајних лежаја као и зупчастих парова. Овим поступком може се реализовати планска замена лежајева у концепту предиктивног одржавања.

9. ЗАКЉУЧАК

Потреба за одржавањем је проистекла из трошења система. Сваки технички систем у току експлоатације се троши то јест губи своје пројектоване карактеристике током времена. Губљење карактеристика је узрок хабања елемената у систему који су у међусобном контакту.

У почетку технички системи су се технички системи су се одржавали након наступања отказа, овакав начин одржавања се називао корективно одржававање. У почетку се рад техничког система није пратио и као последица долазило је до немогућности предвиђања настанка отказа на системе.

Откази на ранијим техничким системима су били ретки због предимензионисаности и једноставне конструкције техничког система. Како су се системи развијали тако су постајали све комплекснији и преузимали су све одговорније улоге од којих данас зависи и квалитет живота људи.

Технички системи у новије доба не могу да приуште настанак непланираног отказа, који би могао да доведе до настанка догађаја који може угрозити већи број људских живота. Тако да је настала потреба да се развију методе одржавања које би се спроводиле пре настанка отказа и методе за одлагање настанка отказа. Ове методе су подељене на : превентивне и проактивне.

Одржавањем система се омогућава здрави радни век система као и продужење експлоатационог века самог система ако се процес правилно организује и спроводи. Одржавање се може посматрати као неопходно зло које се мора у неком тренутку одвијати од одабира тренутка у коме ће се одвијати одржавање зависиће и саме перформансе система као и потенцијални трошкови.

Животни век посматраних машина, постројења и одређених уређаја и делова или неког другог техничког система у предузећу KNAUF INSULACION ДОО Сурдулица поседује веома сложену структуру. Обухвата велики број посебних група активности које су међусобно повезане и временски усклађене. Однос поменутих сегмената одређен је утицајем великог броја чинилаца. Како би се остварио што бољи квалитет одржавања, технички систем одржавања у компанији је потребно

пројектовати унапред. Под пројектовањем система одржавања подразумевамо системе који требају бити дефинисани у великом броју битних елементима и детаља система одржавања, а посебно када је у питању становиште концепција, организација и технологија који укључују све елементе када је у питању логистичка подршка.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тодоровић, П. (2016), *Основи Одржавања*, Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац.
- [2] Главни машински пројекат систем за рециклирање камене вуне на производној линији Knauf Insulation Сурдулица – Irma Projekt Sistem
- [3] Адамовић, Ж., Савић, Б., Станковић, Н. (2003), *Основи одржавања машина*, Нови Сад.
- [4] Адамовић, Ж., Отић, Г., Илић, Б. (2014), *Проактивно одржавање машина и постројења*, Српски академски центар, Нови Сад.
- [5] Савић, Б., Станковић, Н., Илић, Б. (2013), *Одржавање машина и опреме*, Висока техничка школа струковних студија, Нови Сад.
- [6] Милосављевић, П. (1999), *Одржавање алатних машина – технички век и циклуси*, Задужбина Андрејевић, Београд.
- [7] Марковић, С. (2006), *Одржавање машина и опреме*, Виша техничка школа, Чачак.
- [8] Ballesty S., Orlović M.: Life Cycle Costing and Facility Management, FM Magazine, Vol. 12. No.2, April/May, 2004.
- [9] Hodges N.W.: The Economic Management of Physical Assets, Mechanical Engineering Publications Limited, London and Bury St. Edmunds, UK, 1996.
- [10] McArthur I.: Design for Maintainability Using the Concurrent Engineering Aproach, Proceedings of the International Conference of Maintenance Societies, ICIMS '96, Melborune, 1996., Paper 64, 6 p.
- [11] Blanchard B.S., Fabrycky W. J.: Systems Engineering and Analysis, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Yersey, 1998., 752 p.