

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

„Повећана енергетска и еко-ефикасност производних процеса фабрике Новарт“

Аутори техничког решења

- *др Душан Гордић, ванредни професор*
- *др Милун Бабић, редовни професор*
- *др Вања Шуштершич, доцент,*
- *Дубравка Јелић, дипл. маш. инж, истраживач-сарадник,*
- *Давор Кончаловић, дипл. маш. инж, истраживач-сарадник,*
- *др Гордана Јовичић, доцент,*
- *мр Ненад Милорадовић, асистент,*
- *Владимир Вукашиновић, мастер инж. маш.*

Наручилац техничког решења

- пројекат министарства за науку Републике Србије – TR18202

Корисник техничког решења

- предузеће „Новарт“ д.о.о. из Крагујевца

Година када је техничко решење урађено

- 2011

Област технике на коју се техничко решење односи

- енергетска ефикасност, према међународној класификацији производа и услуга техничко решење припада класи 42 (Научне и технолошке услуге и истраживање и пројектовање у вези наведених услуга и услуге индустријске анализе и истраживања).

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Проблем за чије се решавање стварају услови овим техничким решењем односи се на умањење потрошње енергије у постројењу предузећа „Новарт“ д.о.о. из Крагујевца.

Дијаграми месечне потрошње енергената и производње у овој компанији карактерише велико расипање резултата енергетске потрошње у односу на производњу, што наговештава да се потрошња ових енергената не надзире адекватно и да се газдовање енергијом може унапредити.

Техничко решење се конкретно односи на дефинисање и реализовање мера за смањење потрошње енергије и троškova odlaganja otpada. Акцент је на мерама за унапређење ефикасности које карактеришу брзи рокови реализације инвестиције, које би обезбедиле да се специфични троškovi енергената и/или odlaganja otpada по јединици производа смање за минимум 15%, уз услов да у наредном периоду не буде драстичне промене цене енергената (првенствено електричне енергије и природног гаса).

2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

Све до недавно, пракса енергетског менаџмента (газдовања енергијом) у свету подразумевала је замену неефикасне опреме и употребу различитих метода за процену остварених уштеда. Искуства показују да се позитивни ефекти оваквих мера повећања енергетске ефикасности временом умањују. Током последњих десетак година у развијеном индустријском свету учињени су значајни напори у дефинисању одговарајућих стандарда и примера најбоље праксе да би се формирао и у пракси имплементирао постојан систем енергетског менаџмента који треба да обезбеди одржање и/или повећање поменутог обима уштеде енергије. Знања и искуства стечена реализацијом на хиљаде пројеката енергетске ефикасности, условило је прелазак из традиционалне праксе - тактичког нивоа: једном имплементираних и заборављених пројеката, на стратешки ниво газдовања енергијом који предлажу и подржавају бројне релевантне међународне организације, укључујући Energy Star (USA), National Resources Canada (Canada), Action Energy (UK), EPA Victoria (Australia), итд. Тренутно постоје неколико националних стандарда газдовања енергијом Denmark – DS/INF 136, Ireland - EM Systems. Standard, Sweden - IS 393 (2005), United States – ANSI MSE 2000, etc. Штавише, у Фебруару 2008. године, Технички управни одбор међународне организације за стандардизацију ISO одобрио је иницирање новог пројектног подкомитета (PC 242 – Energy Management) који је именован са циљем да развије нови ISO стандард система енергетског менаџмента ISO 50001.

Газдовање енергијом је непрекидан процес који обухвата праћење енергетског учинка и непрестано проналажење начина да се исти одржи и побољша. Стандардне активности газдовања енергијом обухватају: набавку енергије, мерење и фактурисање, мерење учинка, развој енергетске политике, израду енергетских прегледа и биланса, подизање нивоа свести, обуку и образовање, управљање инвестиционим пројектима.

Са друге стране непрестано загађивање животне средине, страх од потпуног исцрпљења природних ресурса, повећана заинтересованост јавног мњења за очувањем животне средине, недостатак организованог и систематског праћења последица загађења и посебни услови рада у угроженим областима, довели су до изражене потребе за увођењем еколошког система менаџмента као што су EMAS и ISO 14001:2004. Имплементацијом система еколошког менаџмента може да се постигне смањење расхода у предузећу, чиме долази и до

повећања продуктивности и прихода. Повећање прихода произилази из проналажења начина за драстично смањење количине генерисаног отпада, за његово правовремено и адекватно уклањање, као и за ефикасније и рационалније коришћење енергије у предузећу.

Према анализама светски релевантних актуелних истраживања (Amundsen, Capenhart, Turner, Mogvaу-Gvozdenac), индивидуални елементи система енергетског менаџмента могу се поредити са елементима система еколошког менаџмента. У једном индустријском предузећу, се стога може увести јединствена пракса енерго-еко менаџмента. Тиме се остварује непрекидно побољшање енергетских и еко перформанси постројења и читавог предузећа, са основним циљем смањења оперативних трошкова (кроз остварене уштеде у трошковима енергије и одлагања/смањења отпада), количине генерисаних отпадних материја и утицаја функционисања предузећа на животну средину.

Индустрија намештаја укључује израду делова намештаја и њихово склапање са одговарајућом завршном обрадом. Основни материјал у овој индустрији је дрво и материјали базирани на дрвету (иверица, универ, МДФ, ХДФ, ОСБ, лесонит). Уз то користе се пратећи материјали, као што су: метал, сунђер, тканина, пластика и сл.

Према класификацијама DOE (USA Department of Energy) и IEA (International Energy Agency) индустрија намештаја спада у групу релативно малих енергетских потрошача. Зато се често на трошкове енергије у овим предузећима гледа као фиксан режијски трошак, мада је заправо један од трошкова којима се најлакше управља (газдује). И заиста, у великом броју земаља ЕУ и посебно САД (извор: IAC - Missisipi State University), искуство је показало да многе фабрике ове индустрије могу смањити трошкове за енергију (природни гас и електричну енергија) и до 20% са релативно малим улагањима и брзим роком повраћаја средстава и да је често лакше повећати профит предузећа смањењем трошкова за енергију него повећањем обима продаје.

Као резултат производног процеса и коришћења различитих материјала у индустрији намештаја јављају се различити проблеми везани са загађивањем човекове околине (течни и чврсти опасни и остали отпад, емисија штетних гасова у ваздух, итд). Произвођачи намештаја у развијеним индустријским земљама (Канада, САД, ЕУ) суочавају се великим бројем строгих еколошких прописа и ограничења, јер владе тих земаља захтевају од произвођача већу одговорност према животној средини. Зато предузећа треба да обрате пажњу на смањење генерисања свих врста отпада при производњи и одлагању кроз поново коришћење материјала и рециклажу.

3. Суштина техничког решења

Суштина техничког решења огледа се у интегралном приступу анализи снабдевања и потрошње енергената и могуће уштеде енергије у производним погонима предузећа „Новарт“. Иницијални корак у овом приступу, представља израда енергетског биланса постројења, на основу којег се дефинишу трошковно ефикасне мере за смањење потрошње енергије уз критичку анализу и примену светских искустава "најбоље праксе" уштеда енергије за овај индустријски сектор. За израду биланса, поред мерне опреме која се налази у самом постројењу, коришћена је и преносна опрема за енергетско билансирање, власништво Машинског факултета у Крагујевцу. Мере се посебно односе на сваки од енергената и свеобухватно на праксу увођења енерго и еко система управљања енергијом (праћење енергетских параметара, постављање и остваривање циљне енергетске потрошње у

функцији од производње, биланс отпадног материјала). Сваку меру прати детаљно техно-економско сагледавање (могућност набавке опреме и средстава на домаћем тржишту, потребна финансијска средства за набавку и уградњу, трошкови одржавања, предвиђање периода повраћања уложених инвестиционих средстава за имплементацију активности). Последњи корак представља извођење предложених, економски најисплативијих мера за смањење потрошње енергије, што подразумева набавку одговарајуће опреме и материјала, њихову уградњу (монтажу) у постројење, праћење функционисања постројења и мерење и сагледавање ефеката примењених активности на потрошњу енергената.

4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)

Техничко решење је реализовано кроз анализу следећих целина, предлог и реализацију мера у случају компаније „Новарт“:

- Потрошња реактивне енергије и могућности за њену компензацију;
- Анализа стања система за производњу и дистрибуцију компримованог ваздуха са предлогом мера;
- Анализа система за производњу и дистрибуцију вреле воде која се користи за потребе грејања и предлог мера;
- Пројектовање централног система аспирације и предлог мера;
- Управљање водом и предлог мера.

У наставку текста је дато објашњење за сваку од побројаних анализираних целина.

Техно-економска анализа компензације реактивне електричне енергије на објекту „НОВАРТ“ у Крагујевцу

На основу извршених мерења утврђено је да средња вредност фактора снаге износи $\cos\varphi=0,88$. Мерење је извршено са трофазним анализатором снаге марке Extech модел 382091.

Циљани фактор снаге износи $\cos\varphi=0,96$, на основу постојећих резултата мерења и предходних рачуна за обрачунату електричну енергију можемо извршити економску анализу исплативости уградње уређаја за компензацију.

Табела 1. Рачун за месец МАРТ 2010

Опис	Количина	Цена	Износ (динара)
Активна ВТ – ниски напон	30.240,000	4,855	146.815,20
Активна МТ – ниски напон	11.040,000	1,618	17.862,72
Реактивна – ниски напон	13.622,000	0,704	9.589,89
Прекомерна реактивна – ниски напон	5.738,000	1,408	8.079,10

На основу извршеног мерења средња вредност реактивне енергије износи $Q=40\text{кВАрх}$. Потребно је изабрати одговарајући капацитет кондензаторских батерија који

одговара овој реактивној снази. При избору капацитета увек се узима већа вредност због могућих осцилација оптерећења. У овом случају треба инсталирати централни тип компензације, што значи да нам треба и контролер за управљање укључења/искључења кондензаторских батерија као и остала пратећа опрема.

Потребне компоненте:

Кондензаторске батерије:

1x12,5 kVAr (стварна ефективна вредност 10 kVAr)

3x25 kVAr (стварна ефективна вредност 3x20 kVAr)

Петостепени контролер, односа 1:2:2:2:2 (узима се увек степен више због каснијег проширења)

Од осталих компоненти које се користе то су осигурачи, конектори, орман и остали ситан материјал.

Прорачун економске добити

Остваривањем циљаног фактора у износу од 0,96 можемо прорачунати енергетску добит односно ефикасност.

Садашње средње вредности:

$$P = 71,33 \text{ kW}; Q = 37,37 \text{ kVArh}$$

На основу ових вредности можемо одредити фазни угао:

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} = \frac{37,33}{71,33} = 0,52; \text{ctg } \varphi = 27,65^\circ; \cos \varphi = 0,88$$

Уколико извршимо компензацију и поправимо фактор снаге на вредност 0,96 добијамо:

$$\cos \varphi = 0,96 \Rightarrow \varphi = 16,26^\circ$$

$$Q = P \times \tan \varphi = 41280 \times 0,291 = 12012,48 \text{ kVArh}$$

Табела 2. Приказ уштеде електричне енергије на месечном нивоу

	Количина	Цена	Износ (динара)
Реактивна	1609.52	0,704	1.133,10
Прекомерна реактивна	5738	1,408	8.079,10
Укупна уштеда на месечном нивоу			9.212,204

Процена исплативости инвестиције:

Цена опреме и њене инсталације износи око 150.000,00 динара

Када поделимо цену инсталације опреме са месечном уштедом добијамо прост период отплате од приближно 16 месеци.

Анализа стања система за производњу и дистрибуцију компримованог ваздуха са предлогом мера

Анализа производног капацитета система компримованог ваздуха

Компанија „Новарт“ из Крагујевца користи један компресор произвођача Kaeser, модел ASK27.

Систем компримованог ваздуха је анализиран уз помоћ уређаја HIОKI 8430 (вишеканални аквизитер података). Сензор притска је повезан на дистрибутивну

мрежу система компримованог ваздуха у постројењу, а сензор јачине струје је повезан на једну фазу на самом компресору. Уређај је прикупио податке о раду система током 24 часа.

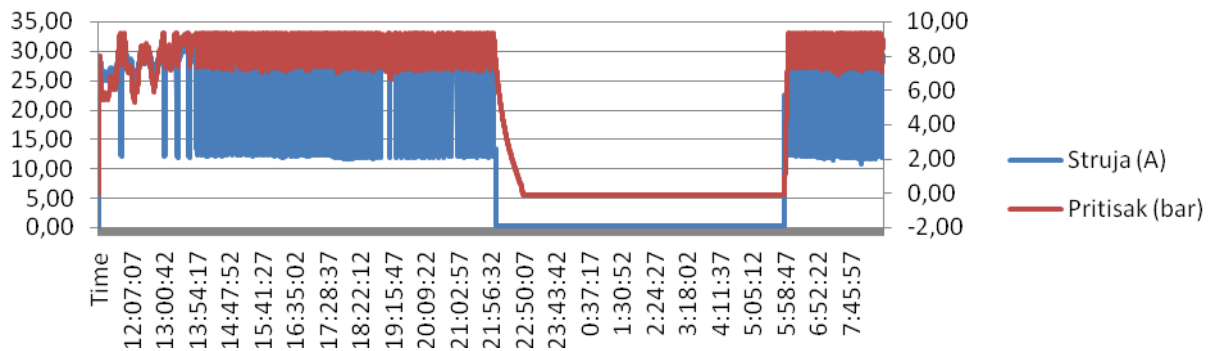


Слика 1. Аквизитер података HIОKI 8430

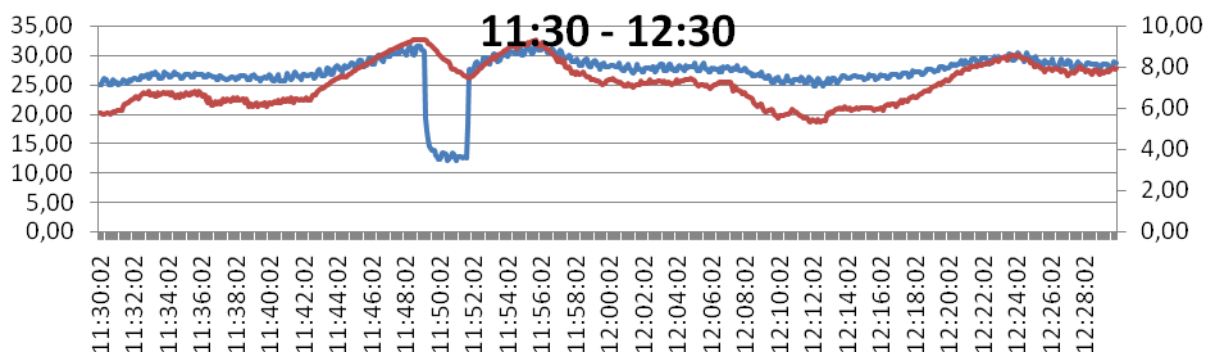


Слика 2. Давач притиска

У наставку су приказани резултати добијени мерењем:



Слика 3. Двадесетчетворчасовни профил оптерећења



Слика 4. Профил оптерећења између 11:30 и 12:30 часова

Анализа која је уследила, дала је следеће закључке:

- Компресор и резервоар су адекватно димензионисани за потребе постојеће производње;
- Препоручује се смањење потрошње компримованог ваздуха, што би створило услове за смањење притиска у систему (чиме би се смањила потрошња електричне енергије која се користи за генерисање компримованог ваздуха а смањило би се и цурење истог у систему);
- Компримовани ваздух се неадекватно користи, често на местима на којима је могуће користити дуваљке или вентилаторе. Уколико због нивоа потребног улагања, није могуће направити ову измену, него се и даље настави користити компримовани ваздух на овим местима (чишћење полуфабриката и машина од дрвених опилака) за ове потребе се предлаже употреба пиштоља/млазница које штеде компримовани ваздух.

Анализа система за производњу и дистрибуцију вреле воде и преглед мера

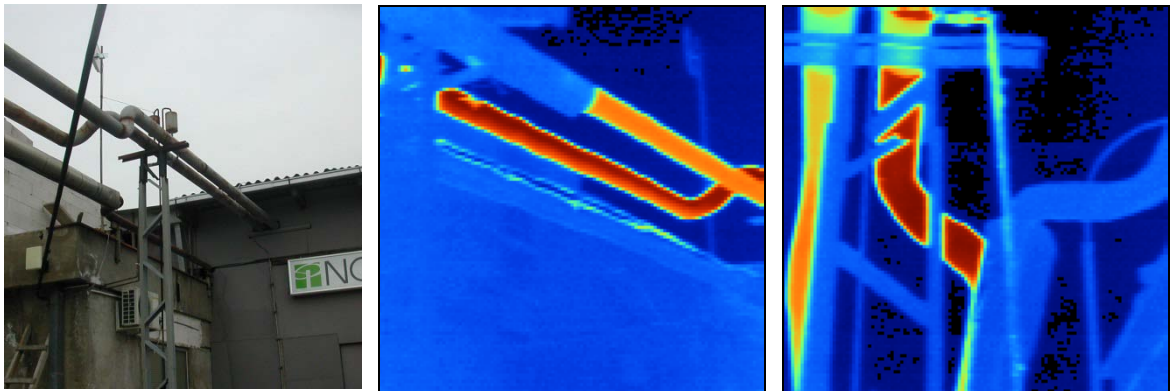
Компанија „Новарт“ користи сопствену котларницу која се у тренутку усељења налазила на локацији коју данас користи компанија. У котларници је инсталиран један топловодни котао на чврсто гориво и један нископритисни парни котао (који је већ дуже време ван употребе). Топловодни котао се користи за грејање производне хале. Као чврсто гориво се користи дрвени отпад који се генерише у производном процесу.

За грејање управне зграде се користи електрични котао називне снаге 24 kW.

Контрола рада котла на чврсто гориво се обавља ручно, оператер ложи котао на основу података са термоманометара који су постављени на котлу, иако постоји систем за аутоматско вођење рада котла (пошто је котао и код претходног власника као гориво користио дрвени отпад). Чишћење котла се такође обавља ручно. Главне предложене мере за повећање ефикасности производње топлотне енергије се фокусирају на побољшану контролу процеса, смањене губитака топлоте и побољшање регенерације топлоте.

Котао на чврсто гориво је предимензионисан за потребе грејања једне производне хале, тренутно ради са до 20% капацитета. Као гориво се користи пиљевина и остаци из производње без претходног уситњавања. „Новарт“ не поседује складиште отпадног материјала па се дневна продукција сагорева у току дана, а продукција отпадног материјала у летњим месецима се уступа предузећу које се бави брикетирањем.

Топловод између котларнице и производне хале је углавном неизолован или неадекватно изолован. Поред топловода и сам котао је неизолован. Овом проблему се, унутар фабрике, због „бесплатног“ горива, не придаје довољно пажње.



Слика 5. Фотографија и ИЦ снимци вреловодног дистрибутивног цевовода „Новарт“-а

Коришћење отпадног дрвета као горива

Како цене фосилних горива непрестано расту, све више пажње се усмерава ка обновљивим изворима енергије. Високе цене горива, једноставно, чине да обновљива горива буду финансијски доступнија, јер су корисници у потрази за најекономичнијим извором енергије међу фосилним горивима и обновљивим изворима енергије.

Предузеће „НОВАРТ“, од почетка производње користи дрвени отпад као гориво за загревање производне хале. Положај котларнице, која је удаљена више од 50 m од места прикупљања (филтерских јединица), захтева ручно преношење и ложење котла и ангажовање додатних радника за рад на овим пословима. Поред релативно велике удаљености котла, проблем је и предимензионисани катао.

У склопу са пројектовањем новог система аспирације, план предузећа је да у наредном периоду, изгради нову аутоматизовану котларницу која би се налазила неколико метара од филтерске јединице. Циљ је да се отпадни материјал у грејној сезони, аутоматизовано убацује и сагорева у котлу. Количина отпадног материјала који се генерише у току производње тренутно износи 110 t/години, односно 300 kg/дан при чему је у наредном периоду предвиђено повећање обима производње.

Аутоматизовани системи убацивања материјала у катао најчешће се заснивају на пужним транспортерима, при чему се отпадни материјал, или директно из силоса или из резервоара који је саставни део котла, убацује у ложиште.



Слика 6. Пужни транспортер; лево фиксни, десно флексибилни

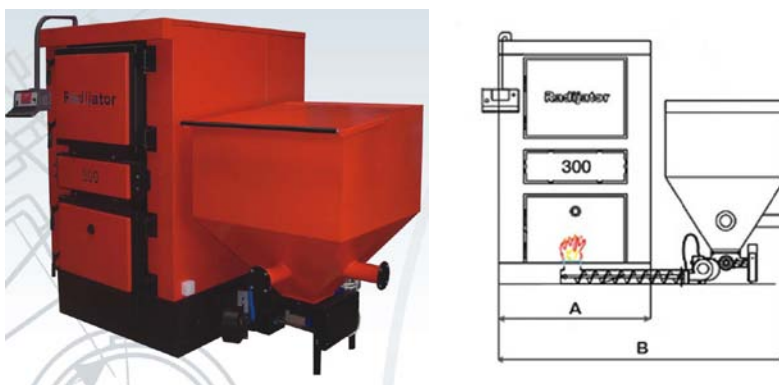
Начин складиштења и ложења зависи пре свега од врсте материјала. Транспорт материјала директно из силоса у котлоу, примењује се када се сагорева прах од медијапана и иверице.



Слика 7. Сагоревање праха од медијапана и иверице; лево силос, десно котларница снаге 500 kW

Директно сагоревање праха од медијапана и иверице, оправдано је у условима када котларница ради током читаве године, односно када се топлотна енергија користи и у друге сврхе осим за загревање производне хале.

Употреба котларнице само у току зимске сезоне, као што је случај у предузећу „НОВАРТ“, носи проблем са складиштењем отпадног материјала ван грејне сезоне. У овом случају најприхватљивије решење је употреба котла са резервоаром, слика 6.4, при чему се као гориво користе дрвени пелети.



Слика 8. Котлоу са резервоаром за сагоревање пелета

Процес сагоревања се води аутоматски, при чему су основна два параметра, температура воде у котлу и температура издувних гасова. Потпаљивање је аутоматско и врши се са два електро грејача, док регулисање снаге врши сам корисник, користећи задату количину унешеног горива и снагу вентилатора. Пуњење резервоара пелетима врши се на сваких 5 - 15 дана, при чему је могуће повезивање са великим силосом, чији би капацитет одговарао потребама грејне сезоне, помоћу пужног транспортера. Аутоматика инсталирана на котлоу предвиђа прикључивање електромотора овог транспортера.

Производња пелета

Пелет је еколошко енергетско гориво које се прави из дрвне или агро масе. Дрвни пелет се прави од огревног дрвета, дрвног отпада и пиљевине, тако што се сировина уситњава, меље на потребну величину, суши и пресује у ваљкасти облик пречника од шест до 12 mm, а дужине од 10 до 30 mm. Предност отпадног дрвета од медијапана и иверице је у великом степену сувоће и највећа количина отпада је у прашкастом облику, па је уситњавање непотребно.

Међутим одређена количина отпада се налази у комадима које је потребно уситнити до величине од 1- 2 mm. Ситњење материјала се најчешће обавља у дробилицама са чекићима. Поред повољних карактеристика отпадног материјала за прављење пелета, предност коришћења пелета огледа се и у лакшем складиштењу, као и у веома повољној тржишној цени пелета. Пелети се најчешће пакују у вреће од 15 kg до 1000 kg. Цена пелета износи око 13 дин/kg, односно око 130 €/t, што је знатно јефтиније од других горива која се користе у Србији, уколико се у обзир узме чињеница да једна тона дрвених пелета може да замени две тоне домаћег лигнита, једну тону увозног квалитетнијег мрког угља, или нешто мање од 500 литара лож-уља. Цена једног литра лож-уља износи 90 динара, док цена еквивалентне количине пелета износи 26 динара. Како је количина отпадног дрвета која настаје 300 kg/дан, мобилна машина (AGICO group GC-9PK-200) за прављење пелета, која има капацитет 100 kg/h, задовољила би тренутне потребе предузећа, али и евентуално повећање капацитета производње.



Слика 9 Мобилна машина за производњу пелета

Снага електромотора машине износи 7.5 kW, док цена машине износи 2200 €. Уз дневно ангажовање од 3 часа, колико је потребно да се дневна количина отпадног дрвета трансформише у пелете, машине би се отплатила за мање од 8 месеци, док би приход за исти период износио нешто више од 5700€.

Предлог мера:

- За грејање управне зграде се користи електрична енергија. Уједно, ово је и једини објекат који се хлади у летњим месецима. Потребно је преиспитати квалитет термичке изолације омотача објекта као први корак ка смањењу трошкова грејања/хлађења овог објекта. Други неопходан корак у истом смеру је прикључење објекта на постојећи топлотни котлао. Подсећамо да је капацитет постојећег котла искоришћен свега око 15-20%. Ова мера ће сасвим сигурно довести до смањења потрошње електричне енергије, али и до смањења вршне потрошње.

- Неопходно је пронаћи начин за уновчавање генерисаног отпада у постројењу. Предлог ове студије је пелетирање као начини за директну продају отпада. Треба размотрити и повећање капацитета котларнице тј. директну продају топлотне енергије околним објектима. Оба предлога захтевају детаљну техно-економску анализу. У сваком случају, тренутна ситуацију (у којој „Новарт“ бесплатно уступа генерисани отпад) је најнеповољнија по компанију.
- Потребно је размотрити могућност аутоматизације рада котла и могућности за оспособљавање система за транспорт и аутоматско ложење котла према захтевима топлотног конзума.
- Утврђено је да постоје делови топловода са неадекватном изолацијом или без топлотне изолације. Без обзира на ниске трошкове енергента, пожељно је изоловање вентила, прирубница и линија у многим случајевима где се то до сада сматрало за неатрактивно. Детаљна спецификација изолације која се треба уградити на топловодима може се дати само након детаљне анализе. Оквирно се може проценити да могуће уштеде, износе око 1% од укупних трошкова енергије.

ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЦЕНТРАЛНОГ СИСТЕМА АСПИРАЦИЈЕ У ФАБРИЦИ ДРВЕНОГ НАМЕШТАЈА „НОВАРТ“

Опис постојећег стања

Недостатак финансијских средстава је најчешћи проблеми са којима се сусрећу предузетници, приликом започињања неког посла. Управо овај недостатак доводи до тога да предузетници, у циљу редукције трошкова, излаз проналазе у импровизованим, привременим решењима, која често имају доста недостатака и онемогућавају нормално функционисање система.

Систем аспирације у предузећу „НОВАРТ“ израђен је без претходне израде детаљног математичког модела, при чему су, код инсталирања система, коришћени елементи који су били доступни у самој фабрици. Наиме, у производним халама предузећа „НОВАРТ“, у претходном периоду (пре приватизације) обављала се обрада сировог дрвета па су за покретање производног процеса искоришћени постојећи делови система за аспирацију. Комплетан систем аспирације урађен је тако да омогући покретање производног процеса, а да при том има минималне трошкове. На слици 10 приказан је део изведеног система аспирације. Систем је изведен у четири целине са исто толико филтерских и вентилаторских јединица укупне снаге 19 kW.



Слика 10. Део изведеног система аспирације

Као што се види са слике, приликом инсталирања система прикључне, флексибилне, цеви нису правилно прикључене на магистрану цев, односно, за прикључивање нису употребљени тројници, као ни колена на местима прикључка флексибилне цеви у круту цев. Магистрална цев, такође није адекватно изведена јер је и поред великог броја прикључака, изведена са константним пречником.

Поред ових недостатака, приликом инсталирања система није урађено балансирање мреже што има за последицу деформисање појединих делова цевовода, слика 11, као и немогућност система да оствари потребне брзине струјања ваздуха у појединим деловима цевовода.



Слика 11. Деформација цевовода

Постојање четири филтерске јединице, захтева честу контролу рада система аспирације током радног времена, као и често мењање прихватних врећа за отпадни материјал. Вреће за прихват отпадног материјала су малог капацитета и нередовна замена може изазвати сметње, како у раду система, тако и у раду машина.

Утврђивање исправности функционисања постојећег система

У циљу провере исправности функционисања постојећег система аспирације, извршена је посета фабрици намештаја „НОВАРТ“. Током посете уочена је велика концентрација прашине у самој производној хали, што је одмах указало на неисправност функционисања система. Прашина се поред присуства у ваздуху, наталожила на обрађеним и необрађеним елементима, који се налазе у хали, као и између ламела калорифера, слика 12.



Слика 12. Наталожена прашина; на елементима (лево) и између ламела калорифера (десно)

Како би добили експерименталну потврду, да постојећи систем аспирације не ради правилно, извршено је мерење брзине ваздуха на свакој прикључној цеви на машини. Сем тога, провераване су и вредности пречника, поменутих прикључних цеви. Произвођачи машина, приликом продаје машине, купцу достављају комплетну техничку документацију која садржи део који је везан за аспирацију отпадног материјала који настаје приликом обраде. Најчешћи подаци које произвођачи дају и који се приликом пројектовања морају задовољити су пречници прикључних цеви на машину, минималне брзине струјања ваздуха приликом аспирације и запремински проток ваздуха који је потребно остварити. На основу ових података врши се прорачун целокупног система аспирације, од пречника цеви до, вентилатора и филтера. Потпуно поштовање ових препорука гарантује исправан рад машина.

Измерени пречници цеви одговарају прописаним пречницима од стране произвођача. Мерење брзине струјања ваздуха извршено је обртним анемометром, слика 13, и добијени резултати приказани су у табели 3.



б)



а)

Слика 13. Мерење брзине струјања ваздуха обртним анемометром; а) анемометар; б) мерење брзине струјања ваздуха

Табела 3. Резултати мерења брзине струјања ваздуха

Машина	Број прикључка	Пречник прикључне цеви [mm]	Препоручена минимална брзина [m/s]	Измерена брзина [m/s]	Препоручени минимални проток [m ³ /s]	
1 Holzma 11/43/22/P	1	200	26,0	0 н.и.	1,39	
	2	150	26,0	10,6		
2 Homag KAL 526/6/A3/25	1C	120	28,0	27,5	1,095	
	2C	120	28,0	25,0		
	3C	120	28,0	31,0		
	4C	100	28,0	30,2		
	5C	80	28,0	34,8		
	1П	1П	120	28,0	24,1	1,095
		2П	120	28,0	24,0	
		3П	120	28,0	29,2	
		4П	100	28,0	32,5	
		5П	80	28,0	34,2	
3 Homag KAL 310/5/A3/25	1	120	28,0	29,7	0,95	
	2	120	28,0	23,2		
	3	120	28,0	13,5		
	4	120	28,0	9,0		
4 Ontimat BST 503	1	160	30,0	16,0	1,21	
	2	160	30,0	0		
5 Nova	1	150	28,0	23,7	0,5	
6 Optimat BST 50	1	200	28,0	37,7	0,88	
	2	160	28,0	23,7		

Подаци приказани у претходној табели јасно показују дебаланс мреже, који се огледа у веома различитим брзинама струјања кроз цеви исте машине. Ова појава је приметна код свих машина, а посебно је изражена код машине 3 (Nomag KAL 310/5/A3/25) где се брзине кроз цеви истог пречника крећу од 29,7 до 9,0 m/s.

Услед неправилно пројектованог система и почетног дебаланса у мрежи, систем сам тежи да изједначи падове притиска и као последица тога јавља се повећање брзине у гранама са мањим отпорима и смањење брзине у гранама са већим отпорима. Брзине се повећавају, односно смањују док се не постигне уравнотежење мреже, односно уједначавање падова притиска кроз све гране. Као последица дебаланса, могу се јавити и деформације елемената цевовода, где је до изједначавања падова притиска дошло на рачун повећања локалног отпора у виду смањења пречника цеви (скупљање цеви на једном месту).

Сметње које изазива неправилно пројектован систем аспирације

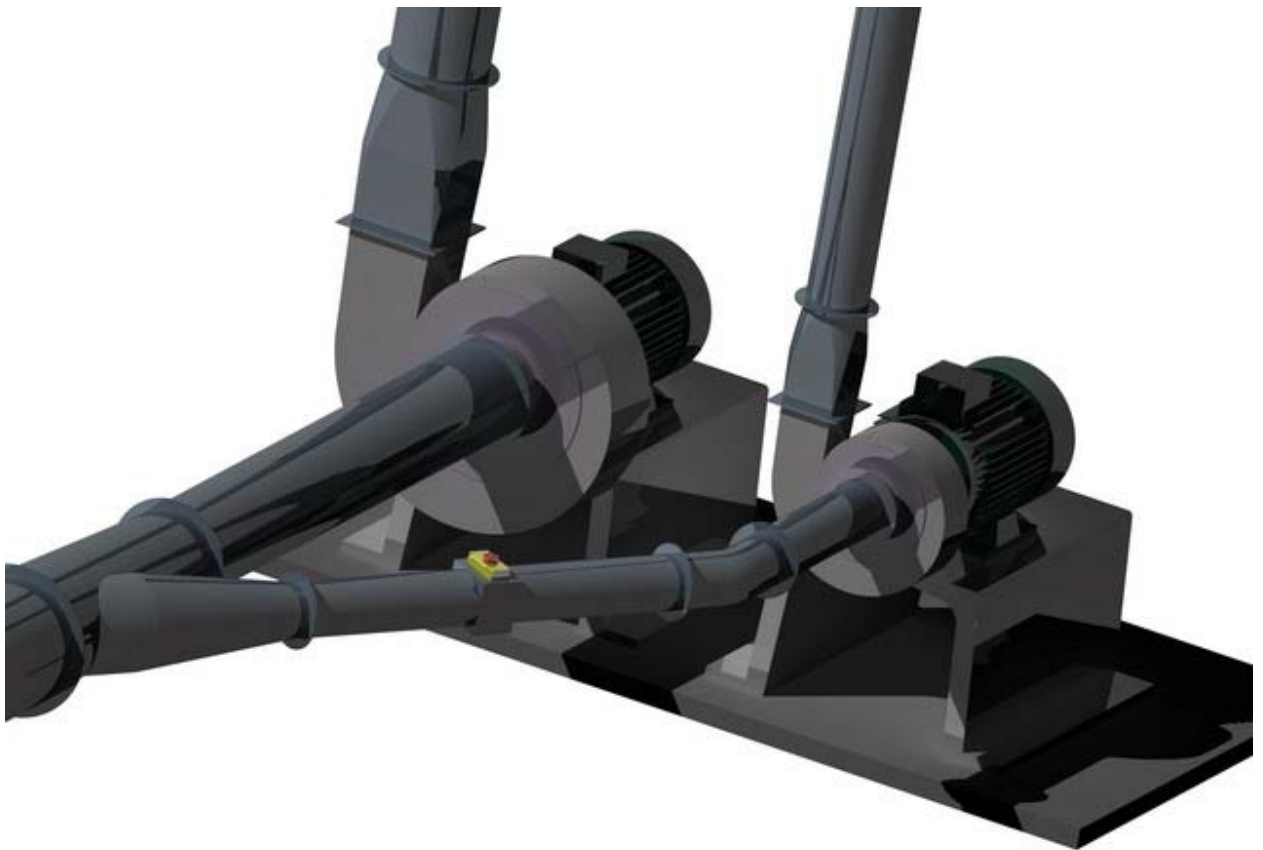
Неправилно пројектован систем за аспирацију има вишеструке последице како на рад машине, тако и на саме раднике који се налазе у производној хали.

Последице на рад машина услед неправилно пројектованог система аспирације су најчешће у виду скраћивања радног века машина и резног алата. Заостали делови материјала могу довести до оштећења и загревања резног алата и брзог смањења радних карактеристика. Оштећен резни алат смањује квалитет производа, што поред трошкова замене и репарације резног алата, може имати и веће финансијске последице по предузеће. Честице прашине и делићи од резног алата продиру до покретних делова и система за подмазивање, што временом може довести до већих хаварија, а у најнеповољнијем случају и до престанка рада машине. Највећу опасност по рад машине представља продирање честица материјала у систем за подмазивање, јер су тада угрожени највиталнији делови машине. Степен угрожености система директно је зависан од области примене, односно од агресивности радне средине. Механичке нечистоће продиру у систем на свим местима где постоји контакт система са радном околином. У том смислу су посебно критични: отвори за одушку на резервоарима уља, заптивке на покретним деловима система, лежајеви, радови на сервисирању и одржавању.

Прашина наталожена између ламела калорифера, утиче на размену топлоте принудном конвекцијом, затварањем пролаза за ваздух. Ова појава директно утиче на смањење ефикасности система грејања, што такође може имати утицај на финансије предузећа, али и на радне услове, услед немогућности размене довољне количине топлотне енергије.

Пројектовање новог система аспирације

Количина ваздуха која пролази кроз пријемник и минимална брзина струјања ваздуха, прописана од стране произвођача, су услови који се морају задовољити приликом пројектовања, тј. мора се обезбедити потпуно усисавање отпадака са места генерисања и сигуран транспорт честица у лебдећем стању кроз цевовод. Пречник прикључних цеви, као што је већ речено у претходним поглављима, дефинишу произвођачи машина, чиме је уз прописану минималну брзину дефинисана и потребна количина ваздуха. Брзину струјања ваздуха произвођачи машина не одређују из услова постизања најповољније концентрације, већ из услова ефективног одстрањивања прашине која настаје приликом обраде дрвета. Ово је главни разлог због којег су мале концентрације смеше приликом аспирације.



Слика 14. Предлог монтаже вентилатора за постројење „Новарт“

Врста система аспирације, који ће бити пројектован, зависи од величине хале и броја машина. Како је у предузећу „НОВАРТ“ производна хала са 7 машина, биће пројектован систем за аспирацију „обичног типа“.

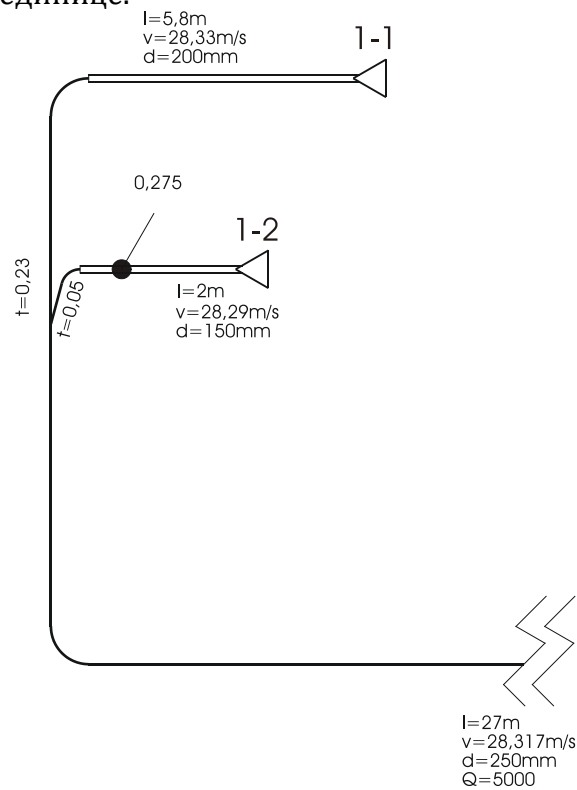
Полазна документација за пројектовање уређаја за аспирацију треба да садржи следеће податке:

- минималне брзине које је потребно остварити на прикључцима машина,
- пречнике прикључних цеви,
- распоред машина и растојања између машина,
- положај пријемника на машинама, растојање између пријемника, висина пријемника у односу на под хале, растојање пријемника од зидова хале,
- положај вентилаторске, односно филтерске јединице,
- висина хале, односно магистралне цеви.

Пре почетка прорачуна потребно је направити шему разгранатог цевовода, на коме ће бити обележени сви елементи цевовода, дужине и пречнике цеви, као и сви полазни подаци. На шему је, на крају, потребно унети и величине локалних отпора и падове притиска.

Магистрални вод треба постављати тако да растојање од њега до најудаљених машина буде једнако. Треба избегавати цеви под нагибом и настојати да се цеви постављају само вертикално и хоризонтално.

Прорачун мреже се врши као да се транспортује чист ваздух, тј. при прорачуну и димензионисању цевовода занемарује се присуство материјала у ваздуху. Прорачун мреже се започиње од машине која је најудаљенија од вентилаторске јединице.



Слика 15. Шема цевовода од машине 1 (Holzma HPL 11/43/22/R)

Димензионисање мреже почиње од најудаљенијег пријемника ($d_{11}=200\text{mm}$, $v_{11}=28,33/\text{с}$, $l_{11}=5.8\text{m}$). Проток Q_{11} , кроз ову деоницу, рачуна се према обрасцу (5.1)

$$Q_{11} = \frac{d_{11}^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_{11}, \quad (5.1)$$

где су:

d_{11} [m] - пречник цеви кроз прикључну цев 1, машине 1,

v_{11} [m/s] - брзина струјања ваздуха кроз прикључну цев 1, машине 1.

На исти начин се рачуна проток кроз прикључну цев 2, а затим, према једначини континуитета, рачуна проток кроз магистралну цев од машине 1 ($l_{1m}=27\text{m}$), према обрасцу (5.2).

$$Q_1 = Q_{11} + Q_{12} \quad (5.2)$$

Приближна вредност пречника магистралне цеви d_1 , од машине 1, рачуна се према изразу (5.3):

$$d_{1M} \approx \sqrt{d_{11}^2 + d_{12}^2} \quad (5.3)$$

На основу добијене вредности усваја се одговарајући стандардни пречник цеви $d_{1m}=250\text{mm}$ и на основу усвојеног пречника рачуна се брзина струјања ваздуха:

$$v_{1M} = \frac{4 \cdot Q_1}{d_{1M}^2 \cdot \pi} \quad (5.4)$$

Када су дефинисане брзине и пречници цеви, прелази се на одређивање пада притиска кроз приказане деонице, при чему се поново креће од најудаљенијег прикључка. Пре него што се почне рачунање пада притиска, потребно је уочити све локалне отпоре и исте квантификовати одговарајућим коефицијентима локалних отпора. Уочава се да деоница од прикључка 1 има три места локалних отпора и то пријемник, колена и тројник. Деоница до прикључка 2 има исти број локалних отпора и флексибилну цев у дужини $l_{f12}=1\text{m}$.

Пад притиска од прикључка 1 Δp_{11} , рачуна се према обрасцу (5.5),

$$\Delta p_{11} = \left[l_{11} \frac{\lambda_{11}}{d_{11}} + (\xi_p + \xi_k + \xi_{t11}) \right] \cdot \rho_v \cdot \frac{v_{11}^2}{2}, \quad (5.5)$$

где су:

λ_{11} [-] - коефицијент отпора трења кроз прикључну цев 1, машине 1 (рачуна се према изразу (2.2)),

ξ_n [-] - коефицијент отпора пријемника ($\xi_n=0,8$ усвојено за све машине),

ξ_k [-] - коефицијент отпора колена ($\xi_k=1,3$ усвојено за сва колена),

ξ_{m11} [-] - коефицијент отпора тројника (табела 4.2).

Пад притиска од прикључка 1 износи $\Delta p_{11}=874.919\text{ Pa}$.

Исти поступак се користи за одређивање пада притиска кроз деоницу од прикључка 2:

$$\Delta p_{12} = \left[(l_{12} - l_{f12}) \frac{\lambda_{12}}{d_{12}} + l_{f12} \frac{\lambda_{f12}}{d_{12}} + (\xi_p + \xi_k + \xi_{12}) \right] \cdot \rho_v \cdot \frac{v_{12}^2}{2}, \quad (5.6)$$

где су:

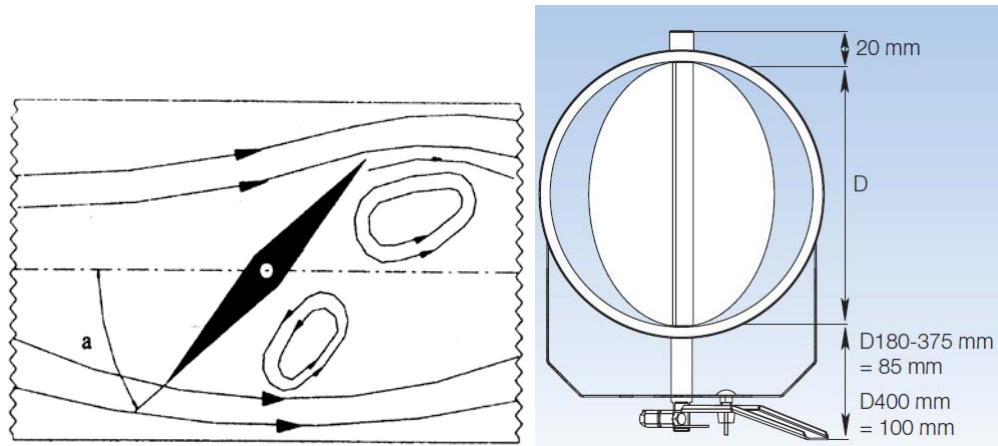
λ_{f12} [-] - коефицијент отпора трења кроз флрксибилну цев ($\lambda_{f12}=2.25 \lambda_{12}$),
 ξ_{m12} [-] - коефицијент отпора тројника.

Пад притиска од прикључка 2 износи $\Delta p_{12}=729.723$ Ра.

Када се одреде падови притисака усвим деоницама које се спајају у тројнику, врши се провера разлике притисака према обрасцу (5.7). Како је у питању редно везивање цеви, потребно је да падови притисака у датим гранама буду приближни, дозвољено одступање до 5%.

$$\frac{\Delta p_{11} - \Delta p_{12}}{\Delta p_{11}} \cdot 100\% = 16.595 \quad (5.7)$$

Добијена разлика притиска је изван дозвољене границе од 5%, па се због тога мора извршири балансирање мреже. Балансирање мреже врши се обртним засунима слика 5.7, односно повећањем локалног отпора у деоници са мањим падом притиска. Балансирање мреже може се, у неким случајевима извршити, повећањем отпора трења и то постављањем флексибилних цеви.



Слика 16. Обртни засун, принцип (лево) и ручно регулисање (десно)

Коефицијент локалног отпора обртног засуна зависи од угла закретања. Вредности коефицијента отпора у зависности од угла закретања приказани су у (табели 4).

Табела 4. Вредности коефицијената отпора обртног засуна ξ_b , у зависности од угла закретања

Угао закретања засуна [°]	5	10	20	30	40	45	50	60	70	90
Коефицијент отпора ξ_b [-]	0.24	0.50	1.54	3.91	10.8	18.7	32.6	118	751	

У циљу уравнотежења мреже на деоници до прикључка 2, потребно је поставити обртни засун, коефицијента отпора $\xi_b=0.275$ и тада израз (5.6), добија облик:

$$\Delta p_{12} = \left[(l_{12} - l_{f12}) \frac{\lambda_{12}}{d_{12}} + l_{f12} \frac{\lambda_{f12}}{d_{12}} + (\xi_p + \xi_k + \xi_{t12} + \xi_b) \right] \cdot \rho_v \cdot \frac{v_{12}^2}{2}. \quad (5.8)$$

Разлика притисака између 1 и 2 сада износи 0.33%.

По завршетку балансирања грана, одређује се пад притиска у магистралној цеви до прикључка друге машине:

$$\Delta p_{1M} = \Delta p_{1M} + \left[l_{1M} \frac{\lambda_{1M}}{d_{1M}} + (\xi_k + \xi_{t1M}) \right] \cdot \rho_v \cdot \frac{v_{1M}^2}{2} \quad (5.9)$$

Прорачун пада притиска за магистралне цеви врши се са усвојеном вредношћу ξ_{m1M} , а затим се, по поступку који је описан, врши одређивање пада притиска за другу машину све док се не одреди брзина струјања ваздуха и пречник цеви која се спаја на магистралу од прве машине. Тек када су познати брзина и пречник ове цеви може се прецизно одредити вредност коефицијента ξ_{m1M} , а тиме и Δp_{1M} . На крају се врши провера разлике притисака и по потреби балансирање мреже.

Када се поступак обави за све машине, на укупан добијени пад притиска, додаје се пад притиска у филтеру (800-1000 Pa).

Укупан пад притиска износи 4457,922 Pa, укупан проток кроз вентилатор 30350,356 m³/h, а потребна снага електромотора 61,18 kW.

Закључак

Постројење које је обрађено користи се за аспирацију дрвене струготине која садржи честице различитих величина, па је из тог разлога пројектован систем који ради у режиму летећег пнеуматског транспорта.

Приликом пројектовања система аспирације потребно је задовољити све услове за несметан рад машине, а које задају произвођачи машина у оквиру техничке документације. Несметан приступ машини од стране радника, као и неометан пролаз кроз производну халу су, такође, услови који морају бити задовољени приликом пројектовања. Како би се задовољили претходни, али и естетски захтеви, потребно је користити адекватне елементе система за аспирацију, при чему цеви треба постављати у вертикалан и хоризонталан положај. У циљу смањења непотребне буке вентилаторе треба поставити,

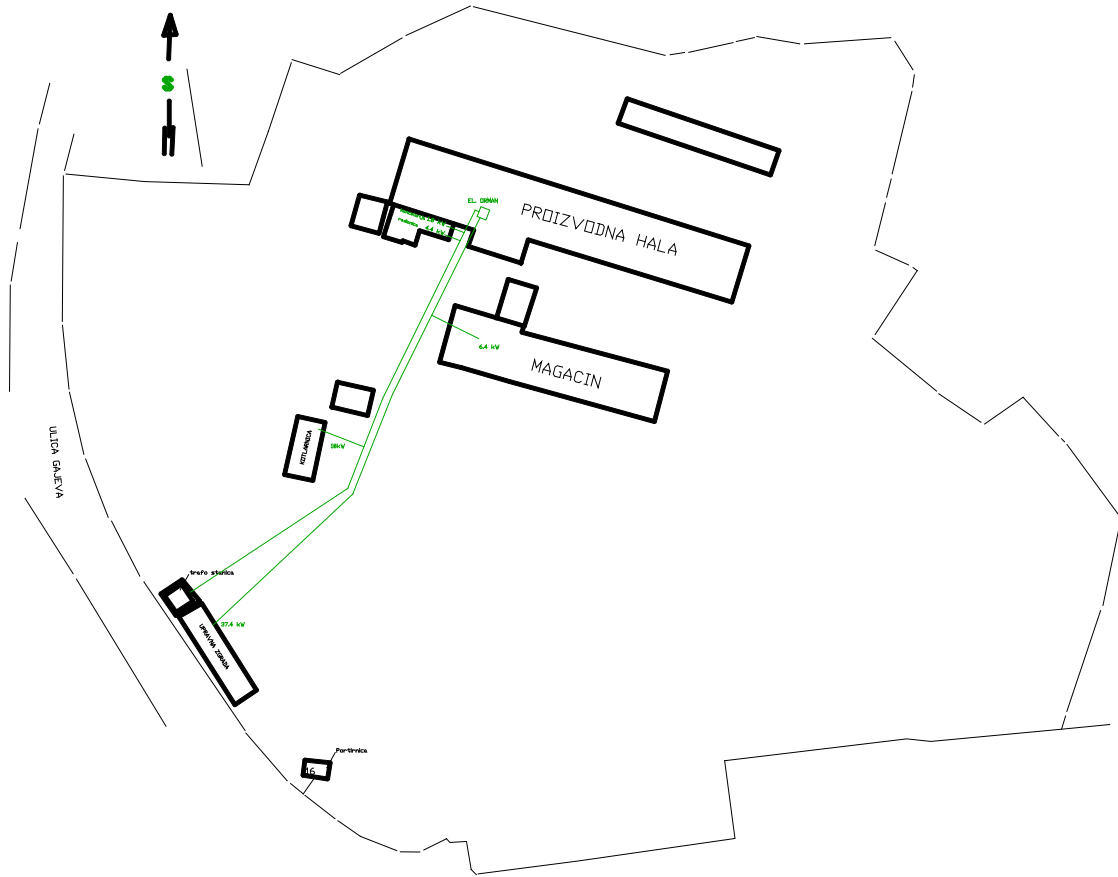
уколико је технички изводљиво, изван производне хале или у добро изолованој кабини у производној хали.

Централни система аспирације има, најчешће, једну филтерску јединицу за прикупљања отпадног материјала, што омогућава аутоматизовано искоришћење отпадног материјала. Филтерску јединицу треба постављати, уколико то услови дозвољавају, у близини котларнице, постројења за пелетирање или неког другог постојења које користи отпадни материјал.

Управљање водом и предлог мера

„Новарт“ у производном процесу не користи значајне количине воде. Највећи део потрошње пијаће воде (која у укупним трошковима енергије чини 6%) одлази на санитарне потребе.

Иако су трошкови за воду мали, постоји простор за умањење истих. Наиме, ЈП „Водовод“ фактурише компанији „Новарт“ знатно веће количине воде од количине која се на месечном нивоу читава на водомеру компаније „Новарт“. Наиме, „Водовод“ од укупне потрошње воде, коју читава на свом (централизовано постављеном) водомеру одбија потрошњу коју читава на четири водомера корисника на тој грани („Новарт“ и још три компаније) и, према неком претходном договору, ту разлику (у показивању сопственог водомера и збира та четири водомера) фактурише компанији „Новарт“. Претпоставља се да до разлике долази због цурења воде у том делу индустријске зоне Града. Предлог за решавање овог проблема је интервенција код надлежних у „Водоводу“ чији резултат треба бити наплата потрошње воде према инсталираном водомеру у кругу фабрике „Новарт“.



Слика 17. Ситуациони план компаније „Новарт“

Литература

1. Gordic, D., Babic, M., Sustersic, V., Jovicic, N., Koncalovic, D., Jelic, D., „Development Of Energy Management System - Case Study Of Serbian Car Manufacturer”, Energy Conversion and Management, Vol.51, No.12, pp. 2783-2790, ISSN 0196-8904, Doi 10.1016/j.enconman.2010.06.014, 2010
2. Gordić, D., Babić, M., Jelić, D., Končalović, D., Jovičić, N., & Šušteršič, V., Energy auditing and energy saving measures in 'Zastava Automobili' factory, THERMAL SCIENCE, Vol.13, No.1, pp. 185-193, ISSN 0354-9836, 2009
3. Jelić, D., Gordić, D., Babić, M., Končalović, D., Šušteršič, V., Review of existing energy management standards and possibilities for its introduction in Serbia, Thermal Science, Vol.-, No.-, pp. -, ISSN -, Doi 10.2298/TSCI091106003J, 2010
4. Гордић Душан, Бабић Милун, Јелић Дубравка, Кончаловић Давор, Wood waste combustion in the furniture industry, Second Regional Conference: Industrial energy and environmental protection in Southeast Europe, Златибор, Србија, 2010
5. Гордић, Д., Бабић, М., Шуштершич, В., Кончаловић, Д., Јелић, Д., Могућности уштеде енергије у индустрији дрвеног намештаја, Енергија, Лист Савеза енергетичара: Енергија, економија, екологија, Vol.12, No.2, pp. 108-112, ISSN 0354-8651, 2010
6. Dušan Gordić, Milun Babić, Dubravka Jelić, Davor Končalović, Introducing Energy and Environmental Policy in Furniture Industry, 4th International Quality Conference, Center for Quality, Faculty of Mechanical Engineering, University of Kragujevac, pp. 395-402, ISBN: 978-86-86663-49-8, 2010
7. Novak Nikolic, Dušan Gordic, Waste Minimization in the Furniture Industry, 4th International Quality Conference, Center for Quality, Faculty of Mechanical Engineering, University of Kragujevac, pp. 385-394, ISBN: 978-86-86663-49-8, 2010
8. Гордић Д., Бабић М., Јовичић Н., Шуштершич В., Кончаловић Д., Јелић Д., Максимовић С., Милојевић С., Дробњак А., Тодоровић С., Успостављање система газдовања енергијом у фабрици „Застава аутомобили“, а.д., Енергија, Лист Савеза енергетичара: Енергија, економија, екологија, Бр. 1-2, Година IX, март 2007, стр. 183-189.
9. Гордић Д., Бабић М., Јовичић Н., Кончаловић Д., Политика газдовања енергијом у индустријском предузећу, Фестивал квалитета 2007, 2. Национална конференција о квалитету живота, Крагујевац 08-11. мај, 2007, Зборник апстраката, стр. 44,
10. Гордић, Д., Бабић, М., Јелић, Д., Кончаловић, Д., Уштеда електричне енергије у системима расвете индустријског осветљења, Енергија, Лист Савеза енергетичара: Енергија, економија, екологија, Бр. 1-2, Година X, март 2008, стр. 180-185.
11. Гордић, Д., Бабић, М., Кончаловић, Д., Јелић, Д., Уштеда енергије у индустријским системима компримованог ваздуха кроз санирање цурења, Енергија, Лист Савеза енергетичара: Енергија, економија, екологија, Бр. 1-2, Година X, март 2008, стр. 174-177.
12. Бабић, М., Гордић, Д., Јовичић, Н., Миловановић, Д., Шуштершич, В., Јелић, Д., Кончаловић, Д., Резултати, проблеми и перспективе у области енергетске ефикасности из угла РЕЦЕЕ Крагујевац, Регионална конференција: индустријска

енергетика и заштита животне средине у земљама југоисточне европе ИЕЕП 2008, 24-27. јуни 2008., Златибор, Србија.

13. Максимовић С., Тодоровић С., Гордић Д., Улога енергетског менаџера у рационалном коришћењу енергије у индустријском предузећу, КОНФЕРЕНЦИЈА ОДРЖАВАЊА "КОД-2006" ТИВАТ, 27-30. јун 2006., стр. 59-60
14. Гордић, Д. и група аутора: Елаборат: Приказ и анализа учинка примењених мера на енергетску ефикасност фабрике "Површинска заштита" Пројекат I.EE 302-1019V

01/682

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу именовани смо за рецензенте техничког решења „Повећана енерго и еко-ефикасност производних процеса фабрике „Новарт““ аутора: др Душана Гордића, ванредног професора, др Милуна Бабића, редовног професора, др Вање Шуштершич, доцента, Дубравке Јелић, истраживач-сарадника, дипл. маш. инж, Давора Кончаловића, дипл. маш. инж, истраживач-сарадника, др Гордане Јовичић, доцента, мр Ненада Милорадовића, асистента, и Владимира Вукашиновића, мастер инж. маш.. На основу предлога овог техничког решења подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење „Повећана енерго и еко-ефикасност производних процеса фабрике „Новарт““ аутора др Душана Гордића, ванредног професора, др Милуна Бабића, редовног професора, др Вање Шуштершич, доцента, Дубравке Јелић, истраживач-сарадника, дипл. маш. инж, Давора Кончаловића, дипл. маш. инж, истраживач-сарадника, др Гордане Јовичић, доцента, мр Ненада Милорадовића, асистента, и Владимира Вукашиновића, мастер инж. маш., реализовано 2010. године, приказано је на 16 страница формата А4, писаних Cambria фонтом, једноструким (сингл) проредом, садржи 17 слика и 4 табеле. Састављено је од следећих поглавља:

1. Опис проблема који се решава техничким решењем
2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења
3. Суштина техничког решења
4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже) и
5. Литература.

Техничко решење припада области енергетска ефикасност.

Техничко решење је реализовано у оквиру рада на пројекту министарства за науку Републике Србије TR18202 за корисника „Новарт“, д.о.о. из Крагујевца.

Полазна идеја за ово техничко решење прихваћена је и објављена у пратећим пројектним елаборатима и презентована на више научно-стручних скупова. Примена предложеног техничког решења реализована је у предузећу „Новарт“, д.о.о. из Крагујевца.

МИШЉЕЊЕ

Аутори наведеног техничког решења су јасно приказали и теоријски обрадили комплетну структуру техничког решења. Коришћењем савременог приступа билансирања енергетских токова индустријских процеса и биланса отпадног материјала оригинално примењеног на постројење за производњу дрвеног

намештаја, уз употребу базних инжењерских принципа рационалног газдовања енергијом који се односе на употребу електричне енергије и воде, аутори су овим техничким решењем дефинисали конкретне мере које су допринеле повећању енергетске ефикасности постројења и смањили загађење ваздуха при обављању производних процеса.

Предложена методологија за анализу могућности примене поменутих мера, може се ефикасно применити не само у предузећима индустрије дрвеног намештаја, него и у било ком постројењу дрвне индустрије.

Са задовољством предлажемо да се техничко решење „Повећана енергетска ефикасност производних процеса фабрике Новарт“^{“““} прихвати као ново техничко решење (битно побољшани постојећи производи и технологије – рационална употреба енергије (M84 - према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Сл. гласник РС", бр. 38/2008))).

16.03.2011. у Крагујевцу

др Небојша Јовичић, ванред. проф.
Машински факултет Крагујевац

др Слободан Савић, доцент.
Машински факултет Крагујевац



Универзитет у Крагујевцу
Машински факултет у Крагујевцу
Број : ТР-60/2011
22. 03. 2011. године
Крагујевац

Наставно-научно веће Машинског факултета у Крагујевцу на својој седници од 18. 03. 2011. године на основу члана 200. Статута Машинског факултета, донело је

О Д Л У К У

Усвајају се позитивне рецензије техничког решења „Повећана енергетска и еко-ефикасност производних процеса фабрике “Новарт””, аутора др Душана Гордића, ванредног професора, др Милуна Бабића, редовног професора, др Вање Шуштершич, доцента, Дубравке Јелић, дипл. маш. инж, истраживач-сарадника, Давора Кончаловића, дипл. маш. инж, истраживач-сарадника, др Гордане Јовичић, доцента, мр Ненада Милорадовића, асистента, Владимира Вукашиновића, дипл. маш. инж - мастера.

Решење припада класи **M84**, према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, ("Сл. гласник РС", бр. 38/2008).

Рецензенти су:

1. Др Небојша Јовичић, ванр. проф., Машински факултет Крагујевац
2. Др Слободан Савић, доцент, Машински факултет Крагујевац

Достављено:
Ауторима
Архиви

ДЕКАН МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Др Мирослав Бабић, ред. проф.