

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Ивана, М Терзић

**Истраживање тржишта и усавршавање
конструктивно експлоатационих својстава
турбодуваљки за усисивач за прашину
завршни рад**

Крагујевац, 2013.

Име кандидата:	Ивана, М Терзић
Број индекса:	729/2012
Студијски програм:	Машинско инжењерство-Енергетика и процесна техника
Ниво студија:	Основне академске студије
Модул:	М4
Предмет:	Хидрауличне и пнеуматске машине
Назив завршног рада:	Истраживање тржишта и усавршавање конструктивно експлоатационих својстава турбодуваљки за усисивач за прашину
Ментор:	др Милун Бабић, редовни професор

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

1. Детаљно проучи и опише основне компоненте, функционисање и радне карактеристике једног савременог усисивача (са фотографијама усисивача као целине и сваке појединачне компоненте);
2. Истражи тржиште дате класе усисивача, утврди и опише конкурентне предности и мане датог усисивача у односу на усисиваче исте класе других произвођача;
3. Изради предлог конструкцијских и других мера за повећање степена корисности датог усисивача, уз исти или бољи степен филтрације;
4. Прорачуна основне димензије унапређене турбодуваљке за дати усисивач и постојећи електромотор;
5. Уради конструкцијску документацију у 3D облику усавршене турбодуваљке;
6. Уради елаборат о извршеним истраживањима (у писаном и електронском облику).

Препоручена литература:

[1]

[2]

[3]

...

Крагујевац

Датум: 05.07.2013.

ментор:

Проф.др Милун Бабић

Резиме

У овом раду су у првом поглављу проучене и описане основне компоненте, функционисање и радне карактеристике усисивача за прашину произвођача ППТ Фуд Брус. У другом поглављу је истражено тржиште дате класе усисивача и описане конкурентне предности и мане усисивача ППТ Фуд Брус у односу на усисиваче исте класе других произвођача. Треће поглавље обухвата предлоге конструкцијских и других мера за повећање степена корисности усисивача као и предлог за бољу филтрацију, могућност и предлог уградње система централног усисавања. Четврто поглавље обухвата прорачун унапређене турбодуваљке и постојећег електромотора.

Кључне речи:

Усисивач, склоп електромотор-турбодуваљка, центрифугални вентилатор, филтер, потпритисак, степен корисности.

Abstract

Main components of a vacuum cleaner from the manufacturer PPT Fud Brus, its mode of operation, and performance were studied in the first Chapter of this work. The second Chapter explores the market for this class of vacuum cleaners and presents the advantages and disadvantages of the studied vacuum cleaner compared to the ones from other manufacturers. The third Chapter includes suggestions for structural and other improvements that would lead to an increased efficiency of the studied vacuum cleaner, as well as a proposal for better filtration, and the possibility of installing a system for central vacuuming. Finally, a design guideline for an improved centrifugal fan with an existing electromotor is presented.

Keywords:

Vacuum Cleaner, electric power circuit- centrifugal fan, centrifugal fan, filter, vacuum, level of efficiency.

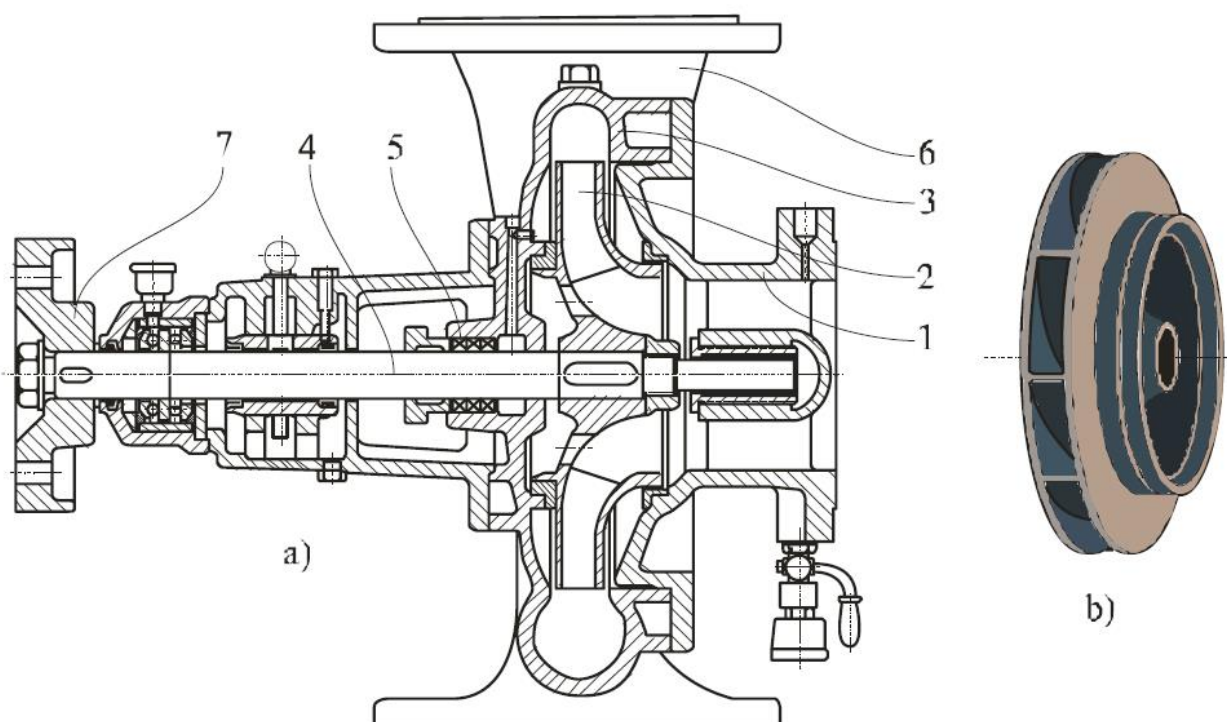
САДРЖАЈ

1.	УВОД	5
1.1.	Карактеристике усисивача	6
1.2.	Електромотор и центрифугални вентилатор	7
1.3.	Радне криве и заједнички рад	10
1.4.	Контејнер за прашину	11
1.5.	Филтри	11
1.6.	Црева за усисавање	12
1.7.	Рад усисивача	12
2.	Истраживање тржишта	14
2.1.	Ефекат усисавања	15
2.2.	Снага и радна способност	15
2.3.	Филтери у функцији непрекорног чишћења	15
2.4.	Мања бучност, додатни квалитет	17
3.	Повећање степена корисности	17
3.1.	Предлог уградње централног система за усисавање	19
3.2.	Главне компоненте система	20
3.3.	Фазе пројектовања и потребни подаци	20
3.4.	Пројектовање система за централно усисавање на једном примеру	23
3.5.	Како саставити спецификацију материјала	25
3.6.	Додатак 1.	28
3.7.	Додатак 2.	29
3.8.	Додатак 3.	30
4.	Прорачун унапређене турбодуваљке	31
4.1.	Додатак 4.	40
4.2.	Додатак 5.	41
4.3.	Додатак 6.	42
4.4.	Додатак 7.	43
4.5.	Додатак 8.	44
4.6.	Додатак 9.	45
4.7.	Додатак 10.	46
5.	Технолошка документација израде турбодуваљке за усисивач	47
6.	Закључак	48
	ЛИТЕРАТУРА	49

1. УВОД

Усисивач је справа која служи за чишћење. Углавном се користи за чишћење подова, али наравно постоје изузеци као што су усисивачи за чишћење завеса, одеће, за кућне љубимце и слично.

Један од принципа рада усисивача јесте коришћење четки и филтера. Када ваздух са честицама прашине бива усисан, четка која се врти помаже да се одвоји прашина, док кеса на себи има неку врсту филтера. Други начин је да се уместо филтера користи вода. Сва прљавштина се задржава на води тако да је драстично смањено пропуштање прашине кроз филтер. Често овакви усисивачи поседују цео систем комора са водом да би се осигурало да што мање штетних материја доспе у атмосферу.



*Једностепена радијална турбопумпа конзолног типа
а)-меридијански пресек турбо пумпе, б)-радно коло, 1-усисно грло, 2-радно коло,
3-спирално кућиште, 4-вратило турбопумпе, 5-заптивач, 6-потисно дифузорско грло,
7-спојница*

1.1. Карактеристике усисивача

Усисивач који је одабран за овај рад је са ејекторско-гравитационим филтером, снаге 1100W, јачине струје 5A, номиналног напона 230V, фреквенције 50/60Hz, протока ваздуха 22l/s, тежине 7,5kg, са кесом за прашину запремине 10l, поклопац са мотором горе и усисина цев на канти, дужина кабла 4,4m, укупна радна дужина 8m (слика 1)[6].



Слика 1. Одабрани усисивач

1.2. Електромотор и центрифугални вентилатор

Рад усисивача се заснива на раду електромотора који претвара електричну енергију у енергију струјања флуида. Претварањем механичког рада у струјну енергију гасовитог радног флуида врши се у радном колу у току динамичке интеракције лопатица радног кола и масе гасовитог радног флуида која протиче кроз његове међулопатичне канале.

Усвојен је универзални склоп електромотор-турбодуваљка из каталога Домел Словенија (слика 2)[1], чије су предности:

- Малих су димензија и могу постићи висок број обртаја
- Примењују се за покретање ручних бушилица, усисивача, млинова за кафе, миксера, вентилатора
- Израђују се за снаге до око 1 kW и за брзине обртања преко 10000 ob/min за ручне алате и друге ручне електромоторне уређаје, око 15000 ob/min и више за усисиваче и миксере, око 30000 ob/min за млинове за кафу.

492.3.209-2 Vacuum cleaner motor performance

DOMEL®

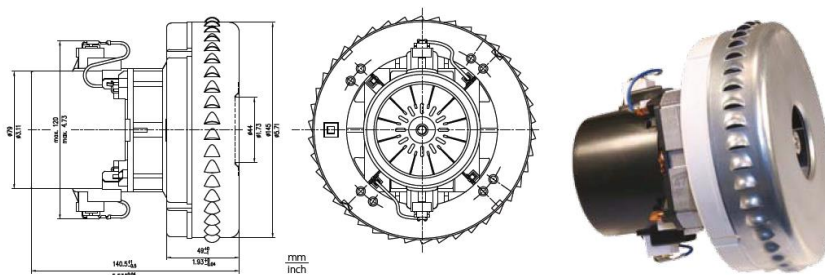
Technical data:

Vacuum cleaner motors with double insulation 492.3.209-2/ 1100W/ 230V/ 50Hz are used for wet and dry aspiration. Technical data and dimensions are given in the table. Vacuum cleaner motors consist of universal commutator motor and single fan stage. The rotor is supported with two ball bearings enabling vertical or horizontal installation of motor. The motor is designed for insulation class 155 (F) and constructed according to EN 60335-1.

Normal operation:	P_m	$\geq$	960 W
Vacuum:	P_{max}	$\geq$	16,8 kPa 67,6 in H ₂ O
Air Flow:	Q_{max}	$\geq$	63 dm ³ /s 133 CFM
Air Power:	P_{2max}	$\geq$	368 W
Efficiency:	η_{max}	$\geq$	32 %
Mass:	m	=	1,58 kg

Max power 1300W

Voltage:	230 V
Frequency:	50 Hz
Nominal Power:	1100 W

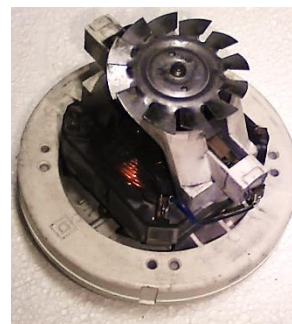
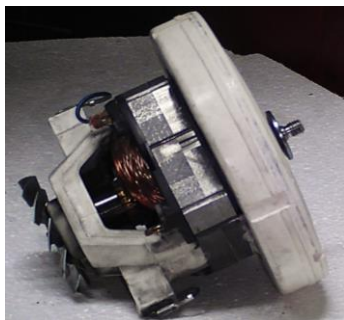


Dimensional and performance data are subject to change without notice.

Orifice		Current	Input Power	Speed	Pressure		Air Flow		Air power	Efficiency
mm	in"	A	W	min ⁻¹	kPa	in H ₂ O	dm ³ /s	CFM	W	%
40	1 1/2	5,87	1270	22321	3,6	14,5	57,8	122,5	210	16,5
30	1 1/8	5,71	1237	22650	8,1	32,6	48,0	101,7	388	31,3
23	7/8	5,25	1141	23699	12,0	48,2	33,4	70,8	383	33,6
19	3/4	4,91	1072	24519	12,9	51,8	24,1	51,1	310	29,0
16	5/8	4,61	1011	25288	14,0	56,3	17,8	37,7	249	24,7
13	1/2	4,28	942	26216	15,0	60,3	12,2	25,9	183	19,4
10	3/8	3,96	874	27179	16,0	64,3	7,5	15,9	119	13,7
6,5	1/4	3,68	815	28138	16,6	66,7	3,3	7,0	54	6,6
0	0	3,49	775	28780	17,7	71,1	0,0	0,0	0	0,0

Слика2.склоп електромотор-турбодуваљка[1]

У електромотору (слика 3) се електрична енергија претвара у механички рад, затим претварање механичког рада у струјну енергију гасовитог радног флуида у радном колу. Преко вратила је електромотор спојен са турбодуваљком.



Слика 3. електромотор

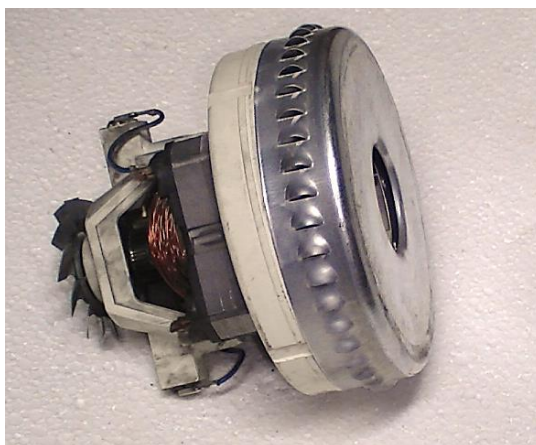
Турбодуваљка (слика 4) је турбокомпресор који остварује средње вредности надпритиска на свом излазу. Турбо компресори су турбомашине. Својим конструкцијским и функционалним својствима веома су слични са турбопумпама. Основни склоп турбокомпресора чини радно коло ротора које се размерно великом брзином окреће на вратилу које је насађено и припада статору, који мирује (слика 4.1). Енергетско стање радног флуида, ваздуха, мења се тако што се при струјању гаса у каналима између лопатица ротора повећава његова кинетичка енергија услед деловања центрифугалне силе и потенцијалне енергије, енергије притиска. Уласком радног флуида из ротора у статор, кинетичка енергија радног флуида се претвара у потенцијалну енергију, притисну енергију, тако да притисак порасте на коначну вредност.

Претварање механичког рада у струјну енергију гасовитог радног флуида врши се у радном колу у току динамичке интеракције лопатица радног кола и масе гасовитог радног флуида која протиче кроз његове међулопатичне канале.

Турбокомпресори се могу разврстати на основу више критеријума, а уобичајене класификације и принципи по којима су извршене приказане су у следећој табели [8]:

Турбокомпресори		
Критеријум класификације: главни правац струјања радног флуида у радном колу, пројектован на меридијанску раван турбокомпресора		
Аксијални	Полуаксијали	Радијални
Критеријум класификације: број радних кола смештених на једном вратилу турбокомпресора		
Једностепени	Вишестепени	
Критеријум класификације: висина притиска коју турбокомпресор остварује на свом излазу		
Вентилатори	Турбодуваљке	Вакуумтурбопумпе
Високопритисни турбокомпресори		
Критеријум класификације: постојање, или непостојање система за хлађење турбокомпресора		
Нехлађени	Хлађени	

Однос вредности апсолутног притиска на излазу и улазу турбодуваљке креће се у границама од 1,07 до 1,15, када је извођење једностепено, односно од 1,15 до 3,5, када је извођење вишестепено.

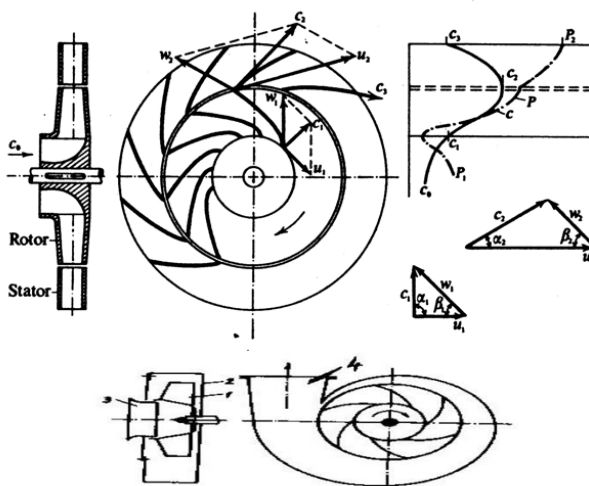


слика 4. Турбодуваљка

При раду турбодуваљке притисак у гасовитом радном флуиду од улаза до излаза из ње, мења се знатно више него у вентилаторима. На слици 5 су приказани делови радног кола турбодуваљке са електромотором.

Код центрифугалних турбокомпресора струјни ток у основи је радијалан. За разлику од аксијалних, код радијалних гас се уводи у средишњи део кућишта и затим струји у радијалном правцу између лопатица радног кола које га потискује према периферији кућишта. Радно коло може бити отворене или затворене конструкције, мада је код примена усисавања ваздуха уобичајена примена отворене конструкције кола. Радно коло се обично израђује од хемијски постојаног (нерђајућег) челика. Основне величине центрифугалног вентилатора (турбодуваљке) су радно коло заједно са главчином постављено на вратило, на главчину је постављен венац радног кола, заједно са њиме и предњим венцем постављене су заваривањем или закивањем лопатице и чине радно коло. Предњи венац може да представља раван прстен или пресечен конус. Ако се постављају захтеви за висок степен корисности онда предњи венац може да се изведе и са заокружењем на улазу по целој предњој површини. Кућиште се обично изводи од челичног лима заварен на спиралу односно кућиште вентилатора.

Радно коло (ротор), позиција 1 на слици 4.1, састоји се из већег броја лопатица које се пројектују тако да остваре што бољу размену енергије са ваздухом, чиме је степен корисности вентилатора виши, а утрошак електричне енергије за погон вентилатора нижи. Кућиште (2) је спиралног облика, правоугаоног попречног пресека, и задатак му је да усмерава струјање радног флуида од улазног отвора ка излазном. На улазу у кућиште је предвиђен конфузор (3), а на излазу из кућишта оформљен је дифузиони отвор (4), који је обично заварен на конструкцију кућишта.



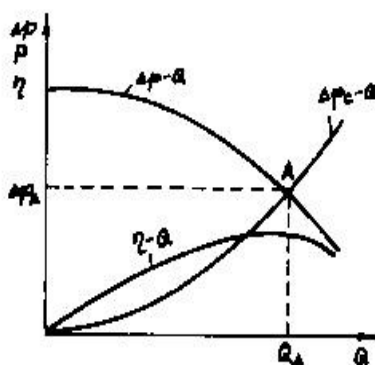
Слика 4.1. радијални турбокомпресор

1.3. Радне криве и заједнички рад

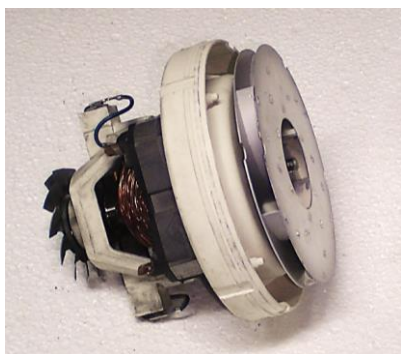
Под радним кривама вентилатора подразумевају се графици карактеристика који дају зависност тоталног притиска (напора) Δp , или потребне снаге на вратилу P , или степена корисности вентилатора η од протока Q , при константној брзини обртања ротора и нормалној густини ваздуха ($\rho=1,2\text{kg/m}^3$).

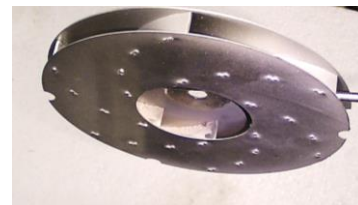
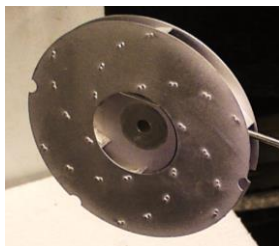
Од посебног значаја је заједнички рад центрифугалног вентилатора и електро мотора, тј. склоп турбодуваљка-електромотор код усисивача за прашину.

Карактеристика центрифугалног вентилатора ($\Delta p-Q$) подразумева параболу на доле, слика 4.2, док карактеристика цевовода (Δp_c) представља параболу на горе, са теменом у координатном почетку. У пресеку карактеристика вентилатора ($\Delta p-Q$) и карактеристике цевовода добија се радна тачка А. Она представља проток при коме су тотални притисак (напор) вентилатора и система (цевовода) једнаки тј. у њој је задовољен материјални и енергетски биланс инсталације. При томе је радни режим одређен тачком А стабилан, а одговара му радна крива $\eta-Q$ максималног степена корисности [11].



Слика 4.2. карактеристика центрифугалног вентилатора





слика 5. делови радног кола склопа електромотор-турбодуваљка

Усисни део спојен је са усисном цеви округлог пресека. У зависности од конструкције вентилатора усисни део може да се обликује различито. Да би дошли до потребних мера центрифугалног вентилатора, потребно је отворити кућиште усисивача (слика 6). Извађен је елетромотор са турбодуваљком и узете су мере улазног и излазног пречник турбодуваљке, број крилаца у радном колу, што је потребно за даљи прорачун турбодуваљке.



Слика 6. Радно коло усисивача

1.4. Контејнер за прашину

Усисивач је направљен са пластичним контејнером (слика 8) запремине од 10l, у који се ставља платнена кеса. Кеса поред тога што има улогу прикупљања прљавих честица, врши и први степен филтрације ваздуха.

Кретање посуде за прашину је омогућено преко точкића који су ушрафљени са доње стране. Приликом коришћења више од 10 година овог усисивача, закључак је то што има велики капацитет примања нечистоћа. Усисавање грубљих и крупнијих честица, као што је песак и слично не ремети усисну снагу једино што усисивач добија на тежини.



Слика 8. Контејнер за прашину са кесом

1.5. Филтри

Након кесе следи филтер од сунђера који спречава ситније честице прашине да се врате у просторију. Овај вид филтрације није баш адекватан тако да би се могао заменити

неким савременијим начином филтрирања. Усисивач садржи и трећи филтер, такође од сунђера који се налази на издувној грани, односно на поклопцу усисивача (слика 9). Сваки центрифугални вентилатор је опремљен усисним филтром ради спречавања уласка честица загађивача у усисну грану вентилатора (турбодуваљке). Зависно од типа и предвиђене примене, постоји више различитих типова филтера, а најчешћи су:

- Циклонски филтер, који издваја честице дејством центрифугалне силе
- Влажни филтер који хвата честице помоћу млаза тећности
- Суви филтер који механички зауставља честице прашине.



Слика 9. Филтри усисивача

1.6. Црева за усисавање

Усисивач садржи два пластична црева и једно ребрасто чија је укупна дужина 2,9m. Наравно да би и ту могао да дође у обзир предлог побољшања ради што мањих губитака који се јављају. Четка усисивача је пластична тако да када би се и то заменило са савременијом турбоčetком усисавање би било ефикасније (слика 10).



Слика 10. Црева и четка усисивача

1.7. Рад усисивача

Вакуум се дефинише као подручје у коме влада притисак испод атмосферског (1013,25mbar, 273K). Притисак се смањује са надморском висином, па по дефиницији, вакуум постоји у сваком тренутку изнад нивоа мора:

$$p = 101,325 (1 - 2.25577 \cdot 10^{-5} h)^{5.25588} \quad (1)$$

где је:

p - притисак ваздуха (Pa)

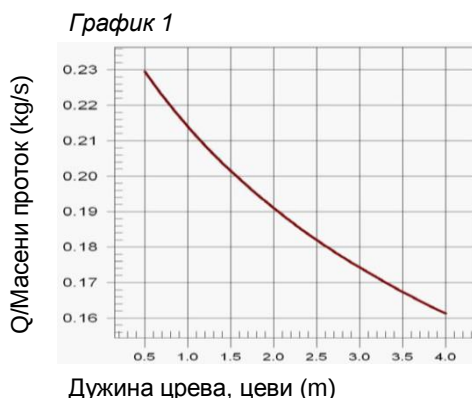
h- надморска висина (m).

Постоје, међутим, многе свакодневне примене вештачки створеног вакуума – усисивач. Усисивач користи центрифугални вентилатор да створи вакуум, који ће „подићи“ ваздух заједно са прашином. Честице прашине се скупљају и одвајају од ваздуха системом за

филтрацију или циклонски, код нашег усисивача је присутан систем филтрације. Рад усисивача је осмишљен тако да између усисног и потисног дела влада диференцијални притисак. Пумпа ствара подпритисак и на тај начин „гура“ ваздух кроз тепих у цев. Карактеристика усисивача може се мерити преко следећих параметара:

- Проток (m^3/s)
- Брзина ваздуха (m/s)
- Усисни (вакуум) притисак (Pa или bar)

Стварањем максималне разлике притиска долази до усисавања. На пример, типичан кућни усисивач усисавањем ствара подпритисак од око 20 kPa (односно 800mbar). На графику 1 је показан ефекат различите дужине цеви и црева у односу на проток (изражен у kg/s).

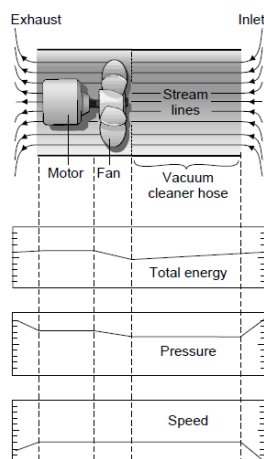


Ово јасно показује да се губици приметно јављају у случају коришћења дужег црева или малих попречних пресека црева ($<4\text{cm}$). Ток кретања честица прашине је турбулентан и циклоидан, тако да се стварају вртлози на улазу који носе са собом честице више од 200g/s.

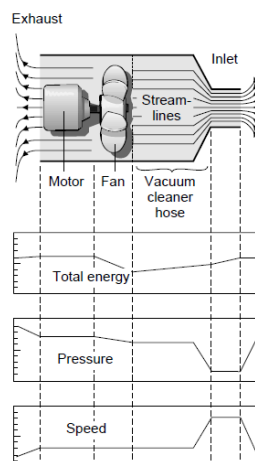
Радно коло усисивача са лопатицама “зароби” усисани ваздух који се даље шаље кроз филтере назад у просторију. Како се кеса усисивача пуни тако опада проводљивост и усисна снага се смањује. Код циклонских усисивача крупније честице прашине се одвајају из ваздуха посредством центрифугалне силе, и усисивачи на овај начин раде без губитка усисне снаге. На издувној грани се уграђују филтери који спречавају пролазак прашине назад у просторију[2].

На Сл. 10.1. приказана је зависност брзине и притиска на улазу и излазу. Притисак унутар црева усисивача је низак, тако да се ваздух убрзава ка улазу (сл. 10.1) и његова брзина повећава, његов притисак опада. Унутар црева, ваздух има исту укупну енергију коју је имао пре него што је ушао, али део своје потенцијалне енергије притиска је претворен у кинетичку енергију. Ваздух наставља великом брзином да се креће и са ниским притиском све до улаза у вентилатор. У центрифугалном вентилатору долази до повећања притиска, и на тај начин се одржава неравнотежа притиска унутар усисивача.

Али када се дода наставак на црево, проток постаје компликованији (слика 10.2). Да би ваздух наставио исто да се креће, мора да се убрза кроз уски канал, што је приказано на дијаграму (слика 10.2). Драматичан пораст брзине и пад притиска који се јављају при сталном протоку флуида кроз уски канал зове се Вентури ефекат. То је посебни случај Бернули ефекта, који свако повећање брзине флуида прати падом притиска[3].



Слика 10.1.-Кад ваздух струји на улазу у усисивач, његов притисак опада а брзина се повећава. Вентилятор повећава укупну енергију ваздуха, помажући да превазиђе губитке укупне енергије, тако да може да се врати кроз излазни отвор у просторију.



Слика 10.2.-Када додате наставак за чишћење на крају црева усисивача, ваздух у улазу достиже високу брзину и релативно низак притисак. Уски канал наставка је кратак да би се смањио губитак укупне енергије.

2. Истраживање тржишта

Шта се све очекује од доброг усисивача чија цена не мора бити висока. Најважније је да, поред тога што добро усисава прашину, кућиште самог усисивача мора да буде такво да онемогући излажење честица прашине из њега, из кутије и кесе за прашину. Већина апарата опремљена је додатно такозваним хепафилтером.

Приликом усисавања неопходно је да се прелази преко различитих површина, зато служе комбиновани наставци за усисавање, наставци за чврсте подне облоге, фуге, тапациране површине. Разне четке могу да буду саставни део опреме: четке за усисавање, турбо четке, четке за усисавање радијатора и такозване електрочетке.

Некад је било лако купити усисивач. Домаћи произвођачи нудили су два до три модела и било је још који модел страних произвођача. Данас је проблем изабрати одговарајући усисивач. Стране фирме, Electrolux, Bosch, Siemens, Philips, Hoover, нуде велики број усисивача. Битно је установити шта се од усисивача очекује и шта он физички може да пружи.

Тржиште усисивача ФУД Брус је претежно српско. Усисивач се не може наћи у слободној продаји, већ се наручује. Усисивач се показао ефикасним, што потврђује дугогодишње коришћење, за десет година свакодневног коришћења није било потребе за репарацијом. Поређење са другим усисивачима нам говори колико је наш усисивач ефикасан или не.

Произвођач усисивача villager (слика 11) нуди у својој производној линији усисивач који има суви филтер: филтер за прашину, кесу за прашину; влажан филтер: сунђерасто пенасти филтер, максимални проток ваздуха 58l/s, максимални вакуум од 14 kPa, снагу 1250W. Карактеристике указују на сличне вредности нашег усисивача чија је цена коштања нижа у односу на овај усисивач[4].



Слика 11. усисивач villager[4]

2.1. Ефекат усисавања

Телескопска цев се подешава према висини не само због удобности већ се на тај начин побољшава и преносна снага са руке на апарат. Подешавање јачине усисивача према подлози која се усисава је најбоље, уколико се смањује снага усисавања, преко броја обртаја мотора. Мањи број обртаја, изискује мању потрошњу електричне енергије. Код већине усисивача аутоматски се подешава снага усисавања, док код нашег се може подесити помоћу вентила за ваздух на ручки. Ово представља недостатак јер се на тај начин незнатно повећава потрошња електричне енергије.

На плочицама и другим чврстим површинама препоручује се коришћење усисивача са његовом највећом снагом усисавања, док за усисавање тепиха потребно је користити мању снагу усисавања, јер у супротном ће се тепих залепити за наставак и усисавање се са много више напора.

2.2. Снага и радна способност

Конструкциона решења мотора велике усисне снаге турбо мотора смањила су простор неопходан да се смести покретачки део апарата. Тако су добијени усисивачи који не захтевају много простора за чување. Нове димензије и мања тежина доприносе и лакшој манипулацији у току рада. У такве усисиваче не могу се сместити сви додатни делови прикључне опреме. Међутим не треба стављати знак једнакости између величине и снаге.

Величину треба посматрати са становишта практичности смештаја усисивача и његове покретљивости у простору. Снага се процењује на други начин. Део одговора обично се видљиво истиче на поклопцу, односно горњој



Слика 12.-снага усисивача

површини усисивача (слика12). Поред прикључне снаге мотора даје се и усисна снага, то јест колика је снага на усисној цеви. Ова снага се исказује у ватима (W) или у килопаскалим (kPa). Од тога зависи да ли апарат усисава јаче или слабије. Код већине усисивача постоји регулатор за јачину усисавања па се наводи максимална усисна снага, јача прикључна снага мотора обавезно значи већу потрошњу електричне енергије, али не и обавезно и јачу усисну снагу. На све ово утиче систем филтрације у усисивачу. Боље филтрирање и више филтера „гутају“ део усисне снаге, али доносе друге предности[6].

2.3. Филтери у функцији непрекорног чишћења

Филтер је уређај који зауставља прашину док пропушта молекуле ваздуха ван. Филтер је направљен од порозног материјала (папир), са влакнима која су ткана тако да створе отворе довољне да прође ваздух, али сувише мале да прођу честице прашине. Ваздух који пролази кроз поре филтера губи део своје укупне енергије покушавајући да превазиђе стационарно струјање на површини пора. Што се ваздух брже креће губи више енергије. Да би се смањили губици, усисивач мора спорије проводити ваздух кроз филтер. То се постиже коришћењем веома великих филтера, тако да се обезбеди велика површина кроз коју ће ваздух проћи. Када је филтер нов, ваздух струји кроз поре полако и губи релативно мало енергије, а усисивач добро ради. Али кад се прашина наталожи на филтеру, ваздух тежи бржем кретању, долази до значајног губитка енергије, филтер тиме успорава проток ваздуха, а усисивач више не чисти добро.

Код усисивача са кесом за прашину, треба обратити пажњу каква се кеса за прашину користи, да ли се лако мења, колики је њен капацитет, да ли постоји индикатор за њену замену и како функционише.

Поред стандардних микрофилтера са активним угљем који ваздух ослобађа неугодних мириса и у просторију враћа очишћен, квалитетни усисивачи имају HEPA-

филтере при чему и у оквиру ових филтера постоји више градација (HEPA, ultra HEPA, ultra HEPA Active). Они више одговарају европском стандарду за хигијену ваздуха HEPA класе 12 се препоручује за заштиту људи склоних алергијама, јер се тврди да усисивачи у које су уграђени издувавају ваздух чистији од оног у просторији. Због додатне густине HEPA филтера, усисивачи захтевају јаче моторе да би се обезбедила адекватна моћ усисавања. Бројна вредност у ознаци означава минималну вредност ефикасности. Мерв је стандард који се користи за мерење укупне ефикасности филтера. Мерв је скала у распону од 1 до 20, а мери се способност филтера да uklони честице величине од 10 до 0,3 микрометара (табела 1).

Табела1. Европски стандарди Нормализације класе филтера

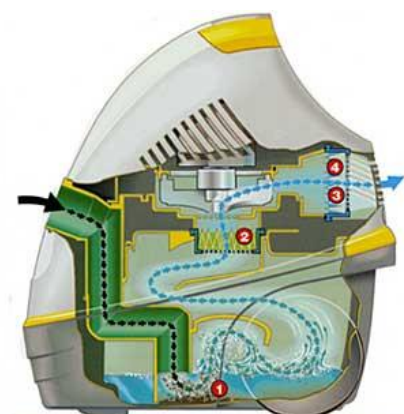
Употреба	Класа	Перформансе	Перформанс тест	Прашина величина приближава 100% задржавање	Тест Стандард
Примарни филтери	Г1	65%	Просечна вредност	> 5 μm	БС ЕН779
	Г2	65-80%	Просечна вредност	> 5 μm	БС ЕН779
	Г3	80-90%	Просечна вредност	> 5 μm	БС ЕН779
	Г4	90% -	Просечна вредност	> 5 μm	БС ЕН779
Секундарни филтери	Ф5	40-60%	Просечна вредност	> 5 μm	БС ЕН779
	Ф6	60-80%	Просечна вредност	> 2 μm	БС ЕН779
	Ф7	80-90%	Просечна вредност	> 2 μm	БС ЕН779
	Ф8	90-95%	Просечна вредност	> 1 μm	БС ЕН779
	Ф9	95% -	Просечна вредност	> 1 μm	БС ЕН779
Полу Хепа	Х10	85%	Минимална вредност	> 1 μm	БС ЕН1822
	Х11	95%	Минимална вредност	> 0,5 μm	БС ЕН1822
	Х12	99,5%	Минимална вредност	> 0,5 μm	БС ЕН1822
ХЕПА	Х13	99,95%	Минимална вредност	> 0.3 μm	БС ЕН1822
	Х14	99,995%	Минимална вредност	> 0.3 μm	БС ЕН1822

Други начин филтрације јесте вода. Сва прљавштина се задржава на води тако да је драстично смањено пропуштање прашине, која штети здрављу, кроз филтер. Често овакви усисивачи поседују цео систем комора са водом да би се осигурало да што мање штетних материја доспе у атмосферу (слика 13). Мана је што после сваког усисавања морају да се очисте делови и да се проспе вода.

Упоредјујући различите врсте усисивача може се доћи до одговарајућег предлога за побољшање усисивача.

Тако за усисивач Слобода 700K, по истраживању корисника, закључено је да одлично ради, не квари се, али систем филтрације није задовољавајући, док 1000K и ако је модернији квари се, од механизма за увлачење кабла до мотора.

Упоредјујући два усисивача са воденим филтером примећене су следеће предности и мане. Први је са воденим филтером, мотором од 850 W, електрочетком за дубинско усисавање тпиха снаге 150 W, додаци за прање тепиха, дезодорисање, етерична уља за инхалацију, али у случају да се преврне током рада, све ове предности губе смисао. Док други усисивач који је конкурент поседује сигурност у



Слика 13.-водено филтрирање

раду. Овакву предност му пружа шесто-секвенцијални сепаратор и мотор који је затворен. На излазу има сунђер уместо НЕРА филтера да би зауставио чађ, pepeo и сличне лаке материје које се тешко потапају у води. Овакве супстанце знају релативно брзо да запуше НЕРА филтер и да смање проток ваздуха, што је најбитније за усисивач.

2.4. Мања бучност, додатни квалитет

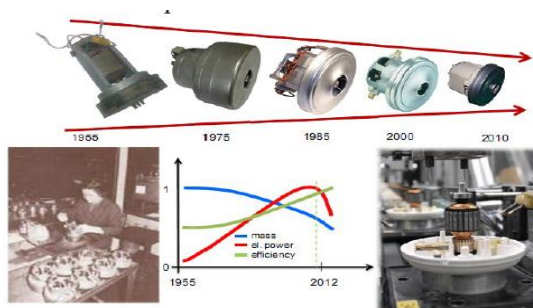
Просечан ниво буке коју ствара усисивач креће се око 78 dB. Добро нивелисан фрижидер производи око 40 децибела, а нормалан разговор између 60 и 70. Екстра тихи Електролуксов усисивач, на пример, мало је гласнији од нормалне људске приче, 72 dB. У табели 2 представљена је шема извора и јачина буке.

Табела 2.- оријентациона шема извора буке, њене јачине и ефекти које проузрокује [5]

Звуци у окружењу	Ниво буке (dB)	ефект
Лансирање ракете	180	
Млазни мотор	140	
Паљба из ватреног оружја	130	Праг бола
Гром, бука у дискотеци	120	Праг осетљивости
Рад пнеуматског компресора	115-120	Изложеност већа од 1мин-ризик од неповратног оштећења
Рад тешких камиона	100	15мин максимално без заштите
Косилица за траву, подземна железница	90	Ствара непријатност и узнемиреност
Просечна бука у градском саобраћају	80	Изазива непријатност
Рад усисивача, фена	70	Ометајући ниво
Нормална конверзација	60	
Рад расхладних уређаја	50	угодност
фрижидер	40	
Тишина у библиотеци	30	Врло тихо
Шум нормалног дисања	10	Једва чујно

3. Повећање степена корисности

У циљу повећања степена корисности деценијама се трагало и тежило што бољим резултатима. На слици 14 [9] је приказан развој склопа електромотор-турбодуваљка.



Слика 14. Развој склопа електромотор-турбодуваљка

Оптимални избор усисивача, са што бољим степеном корисности, јесте да има минимум 20kPa усисне моћи, да нема више од 1400 W, јер није потребно више осим што ће трошити више струје, више ће се грејати и бити бучнији, да има савременији

систем филтрације, бар два НЕРА филтера, један за микро прашину и други на излазу да зауставља опилке од графита од четкице мотора које се временом лижу. Ако поседује водену филтрацију да посуда за воду прима минимум 1,5 l воде.

Одабрани усисивач нуди велики број могућности кориговања. Како је систем филтрације решен само филтерима од сунђерасте структуре, на излазу би требало заменити квалитетнијим филтером, ради побољшања квалитета враћеног ваздуха у околину. Велики број произвођача нуди, као добро решење, НЕРА филтер (његова способност филтрирања је објашњена у делу 2.3). Код усисивача улазни филтер је, као прво, сама кеса која иначе има велику површину тако да је проток ваздуха задовољавајући. Након кесе следи филтер од сунђера (слика 15) који се навлачи на пластични држач и задржава одређене честице нечистоће, али из искуства и поред тог филтера примећује се да ваздух који се враћа у просторију није довољно прочишћен.



Слика 15.-филтер од сунђера

Здравствене тешкоће, које су повезане са квалитетом ваздуха у просторији, се појављују у облику мигрене, астме и алергијске астме, као и повремених или хроничних алергија. Да би се избегле неугодне концентрације штетних материја у ваздуху, треба изабрати одговарајући филтер за ваздух који излази из усисивача. Из досадашњег истраживања, предлог је да се сунђерасти филтер замени са НЕРА филтером, али такође треба и уместо обичне кесе за прашину додати PURE НЕРА кесу, која је 30 пута ефикаснија од обичне[10].



Слика 16.- НЕРА филтер и PURE НЕРА кеса

3.1. Предлог уградње централног система за усисавање

Основни принцип рада централних система за усисавање се заснива на чињеници да централни усисивач буде монтиран ван животног простора. Сликавита речено, замислимо класичан усисивач раздвојен од црева за усисавање, ради у некој другој просторији док ми у тишини усисавамо просторије где боравимо. Не видимо га, не чујемо га, не вучемо по соби и степеништу, не удишемо нептијатан мирис.

Усисна машина за централно усисавање се, углавном, поставља ван простора за становање. Фиксира се на носећи зид гараже, подрума, котларнице или неке друге помоћне просторије. Специјални систем цеви се уграђује у зидове или бетонске плоче објекта (слика 17.)

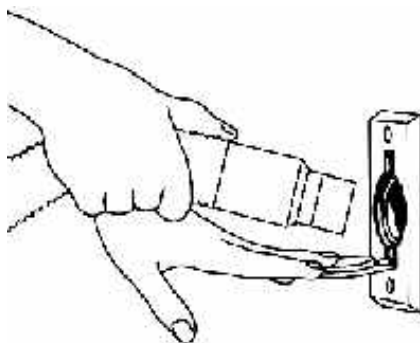


Слика 17. уградња централног система за усисавање

На једном крају се налази усисна машина, док су на другом утичнице које су уграђене у зидове. Уз цеви се уграђује и двожилни кабал слабе струје од 24 V, који омогућава укључивање и искључивање апарата преко утичница. Кабал је спојен са усисном машином и сваком утичницом.

Када се жели усисавати, крај флексибилног црева се утакне у утичницу (слика 18) и мали метални прстен на крају црева затвара струјно коло од 24 V и мотор се аутоматски укључује. Вађењем црева из утичнице струјно коло се прекида и мотор аутоматски престаје са радом.

Апарат ствара вакуум захваљујући томе прашина и друге нечистоће са ваздухом, кроз цевни систем, великом усисном брзином од 72 km/h, стижу до њега. Одавде, помоћу система филтера, прочишћени ваздух стиже у издувну грану, преко које се одводи ван стамбене просторије у атмосферу. На тај начин, све честице микропрашине, полен, гриње и остало (што филтер класичног усисивача не успева да стопостотно филтрира) потпуно бивају избачене ван простора за становање.



Слика 18. Утичница за централно усисавање

Предности:

- Чува здравље, јер сав усисан ваздух пун микропрашине, полена и гриња се избацује у атмосферу
- При усисавању се не подиже прашина као код класичних усисивача, код којих се ваздух који струји из апарата помеша, односно подигне прашина наталожена на намештају, а која се након пар сати опет наталожи
- Систем је готово бешуман, само се чује кретање ваздуха, пошто је усисна машина ван животног простора
- Физички олакшава усисавање, јер не долази до премештања тешких и гломазних апарата из просторије у просторију, или са спрата на спрат, већ само флексибилно црево

3.2. Главне компоненте система

Усисна машина се монтира на неком приступачном месту које је издвојено од животног простора (на пример у подруму, гаражи, котларници или баш за ту сврху намењеном месту). Апарат се монтира на носећи зид, на лако доступно место, где се несметано може празнити посуда за прашину. Тело машине треба да буде од нерђајућег челика, а посуда за прашину од пластике. Машине усисани ваздух филтрирају од нечистоћа помоћу папирних филтера или принципом циклонског филтрирања. Циклонски принцип је најбољи начин за издвајање нечистоће јер се добија најбољи степен филтрирања уз најмање пригушивање саме машине. Код оваквих модела није потребно куповати врећице за одлагање прашине, јер се она сакупља у посуди за прашину, која се једноставно празни.

Систем цеви и утичнице у објекту

Утичнице се постављају у зиду, а цеви се уграђују у зидове и у армирано бетонске подове. Уколико постоји подно грејање, систем цеви се уграђује у полистиролску изолацију. Утичнице морају бити лако доступне тако да је могуће усисавање и најудаљеније тачке просторије. Из просторије у којој се усисава, сав ваздух са нечистоћом преко усисне гране (изграђеног система цеви) доспева у машину, одакле се кроз систем филтера, прочишћен ваздух преко издувне гране избацује ван стамбене просторије. Издувну грану треба монтирати тако да ваздух може да одлази у атмосферу, односно да се микропрашина и остали узрочници алергија несметано одводе ван стамбеног простора. Параметри који утичу на избор снаге апарата су: врста нечистоћа која се отклања, број и величина просторија, губитак снаге усисавања (дужина уграђених цеви). Свака машина система централног усисивача има једну усисну и једну издувну грану.

Флексибилно усисно црево треба да има дужину око 9 метара. Разичити адаптери (додаци) на крају цеви пружају безброј могућности у коришћењу усисивача.

3.3. Фазе пројектовања и потребни подаци

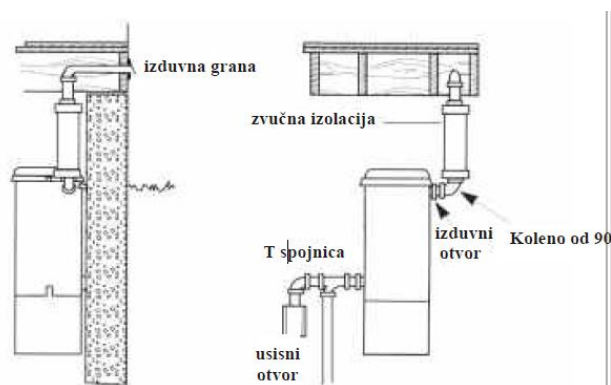
За беспрекорно функционисање система за централно усисавање неопходно је израдити одговарајући пројекат. За израду пројекта потребни су следећи подаци:

- Прецизан пројекат објекта (цртеж основе објекта)
- Познавање тачне конструкције објекта
- Познавање других уграђених система инсталација (водоводна, електроинсталација, инсталација за грејање и климу,...)
- Потребне наручилаца

Избор места усисне машине

Усисна машина се монтира на неком приступачном, лако доступном месту где би несметано могла да се празни посуда за прашину. Висина на којој се монтира усисна машина је изузетно битна, како би била на дохват руке. Мора се знати и тежина и висина машине. Просторија у којој се уграђује машина мора бити сува, не превише хладна, издувна грана треба бити близу машине да би се губици у систему смањили. Издувна грана не треба да буде дужа од 6 метара, да се машина не би превише оптеретила. Уколико је дужа од 6 метара због конфигурације објекта, мора се бирати већи пречник цеви (од 100mm). Извод издувне гране може бити изведен и кроз кровну конструкцију, али треба тежити минималној дужини издувне цеви. У случају да се издувна грана не може извести напоље, потребно је обезбедити проветравање просторије, као и монтирање специјалне вреће на крају отвора. Ради смањења издувног звука, на издувну грану се поставља пригушивач звука, што ближе самој машини.

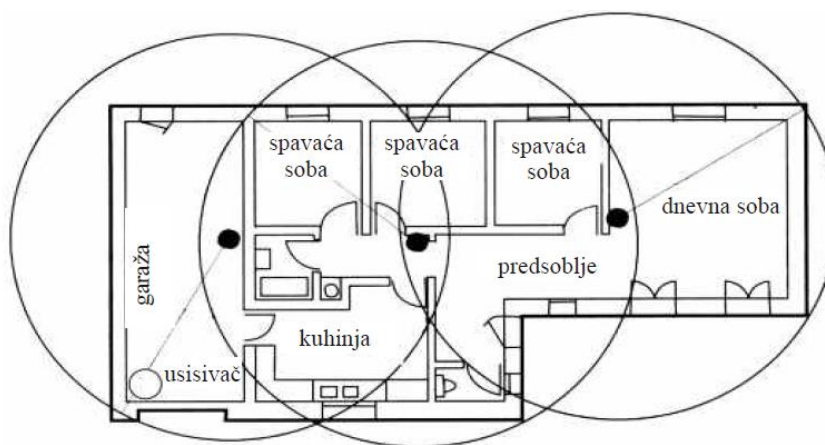
Потребно је да се машина монтира на нивоу нижем од нивоа на коме су постављене утичнице или бар у њиховој висини, ово је због тога да се нечистоћа не усисава одоздо према горе, супротно гравитацији, што отежава рад машине. Најидеалније решење је када би се машина монтирала у средиште система уграђених цеви, јер то повећава њену усисну моћ (слика 19).



Слика 19. Монтирање усисивача испод бетонске плоче

Одређивање места утичнице

За одређивање оптималног броја и места утичнице (црне тачке на слици 20) потребан је цртеж основе објекта. Утичнице треба планирати на зидовима ходника, али тако да сваки део куће, унутрашњости ормара, плафони, купатило, доњи део степеништа и други делови буду доступни приликом усисавања. Приликом пројектовања треба почети од најудаљенијих тачака куће (угао куће) и дужина флексибилног црева треба да је за метар дужа од полупречника круга (на пример ако је полупречник 8 m, потребно је црево од 9 m). Тако се може доспети до било које тачке у просторији, без обзира на препреку коју треба обићи. Није потребно ставити утичицу у сваку просторију, већ их треба поставити тако да се са једне утичнице може усисавати више просторија.



Слика 20. Постављање утичница

Утичнице не треба постављати иза врата или месту где прикључивање флексибилних црева представља проблем (иза ормара или кревета). Утичнице треба постављати у висини осталих електричних конектора, на местима где се не планира постављање плахара или фиксираних делова намештаја.

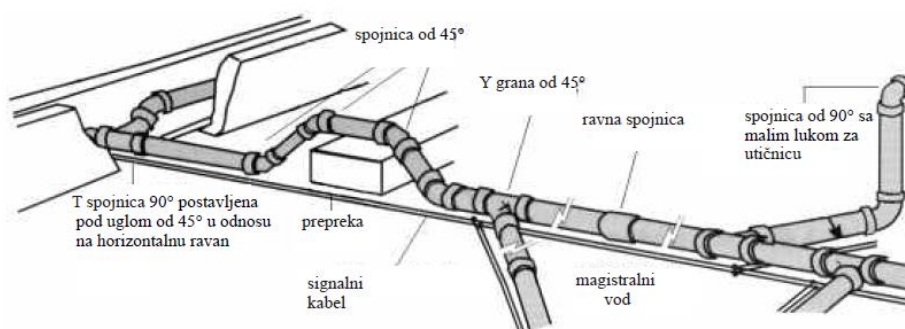
Пројектовање система цеви између усисивача и утичница

Од постављања главне цеви у систему магистралног вода и његовог гранања зависи флексибилност система. Треба тежити да губици снаге буду сведени на минимум. Број кривина на цевном систему мора бити минималан и треба настојати да траса буде што краћа са минималним заобилажењем. Треба дати предност коришћењу колена и Т спојница од 45 степени у односу на спојнице од 90 степени, пошто су у том случају губици у пола мањи.

Магистрални вод

Повезује машину са најудаљенијом утичном тачком система. Од цртежа основе и конструкције саме куће, објекта и места предвиђеног за постављање машине зависи путања магистралног вода. Код класичних кућа изграђених од цигли, уграђује се у зид или бетонски под. Уколико је у објекту уграђено подно грејање, магистрални вод се поставља у изолациони слој или у зид. Уградња цеви у монтажним објектима лаке конструкције се препоручује у међуспратним конструкцијама или у зидовима. Приликом уградње у већ завршеним кућама, објектима, препоручује се уградња у вентилационим каналима, плакарима или по зидовима просторија.

Цевни систем се не сме монтирати по спољашњим зидовима објекта, јер хладан ваздух може проузроковати кондензацију цеви и може доћи до зачепљења.

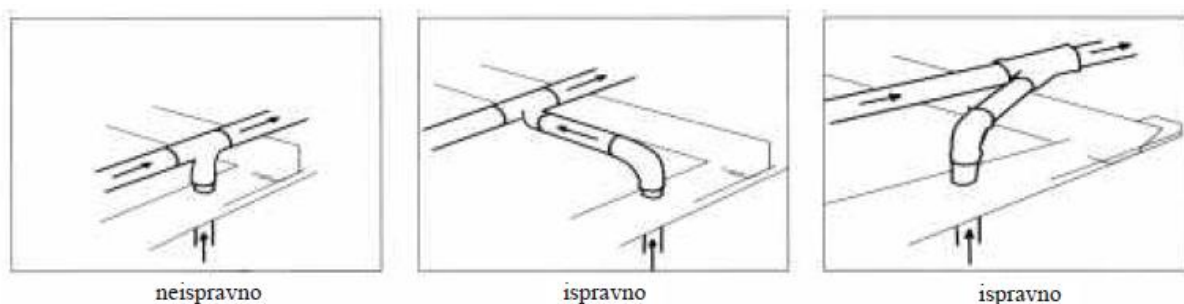


Слика 21. Изградња цевовода

Гранања

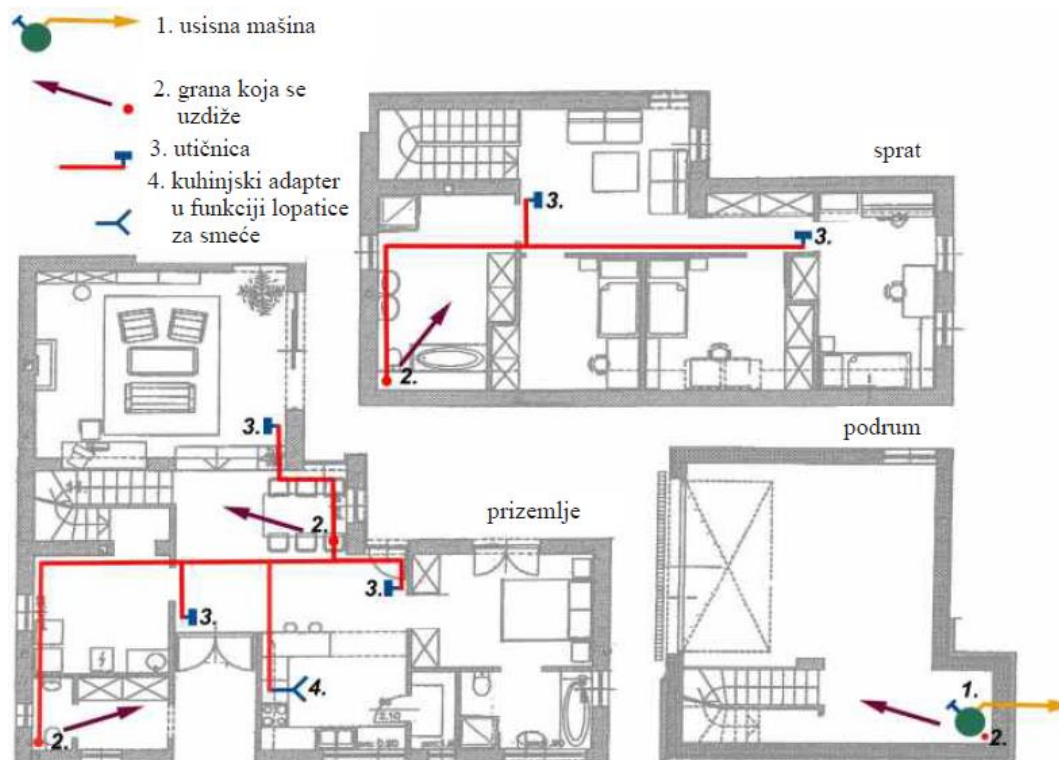
Магистрални вод и утичнице су спојени гранама система.

- Код вертикалних повезивања грана система никада не треба спојити грану која иде нагоре директно са магистралним водом, јер ако се на исто место прикључи и нека друга грана која долази од друге утичнице, прашина из ње ће падати у грану која се уздиже. На таквим местима поставља се једна хоризонтална грана од 15-20 cm цеви која се спаја са магистралним водом. Ако је могуће, препоручљиво је то извести са Т спојницом од 45 степени (слика 22).
- Треба тежити да се гранање изведе са спојницама од 45 степени
- Приликом спајања са Т спојницама треба обратити пажњу на смер кретања ваздуха. Погрешно монтирана Т спојница може проузроковати зачепљење цеви
- Приликом пројектовања електроинсталација објекта, потребно је предвидети да се у близини утичнице (на удаљености од око 1,5 метара) постави и конектор. У том случају могу се користити и елементи, односно, опрема за усисавање за чије функционисање је потребна струја.



Слика 22. Исправна и неисправна решења гране која иде на горе са магистралним водом

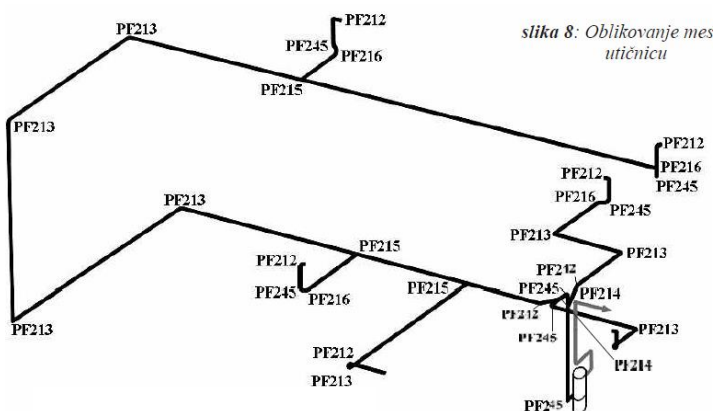
3.4. Пројектовање система за централно усисавање на једном примеру



Слика 23. Пројекат система за централно усисавање у кући од 3 спрата (подрум, приземље, спрат)

Линија цевовода куће

Пре изградње потребно је нацртати цртеж цевовода, на сличан начин као на слици 24, где се јасно виде спојеви, гранања. То је слика са које се лако прави спецификација материјала, а веома је корисна извођачу код извођења радова, јер је сваки елемент јасно означен.

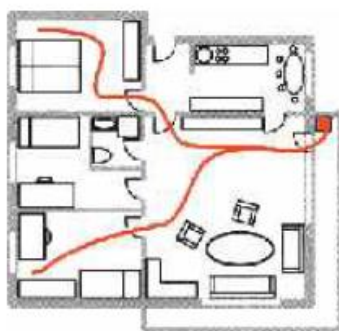


Слика 24. План цевовода по слици 23.

Могућност уградње система у већ изграђеним објектима

Код мањих кућа и станова:

1. Може се догодити да није ни потребно уграђивати систем цеви, ако је могуће да се машина смести у плакар или помоћну просторију. Одавде флексибилним цревом за усисавање од 9-15 m може се дохватити свака тачка. У овом случају је потребно само решити издувавање ваздуха
2. Ако се усисна машина постави изван стамбене просторије на тераси, или испод степеништа, тада се утичница спаја са њом једноставно кроз зид. Тако се цео стан усисава само са једне утичнице уз нешто дуже флексибилно црево. Треба водити рачуна да машина не буде изложена атмосферским утицајима. Потребно ју је заштитити топлотном и хидроизолацијом (слика25).

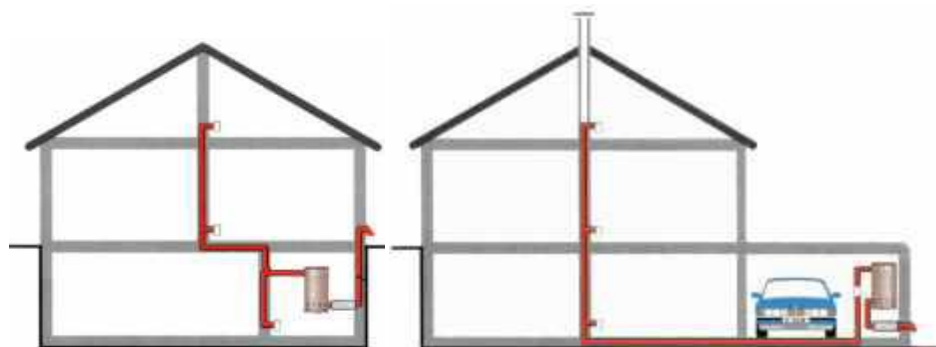


Слика 25. Пример коришћења једне утичнице

Уградња у међуспратну конструкцију и носеће зидове кућишта

Овакав начин уградње препоручује се само код комплетног реновирања објекта, пошто је уградња цеви пречника 5cm веома велик посао са пуно штемовања, бушења зидова, плафона и подова. У хоризонталном правцу дебљина зида се смањује за 5 cm и тако носивост конструкције се смањује. Цеви се не уграђују у танке преградне зидове. Уградња у некоришћеним димњацима пружа предност јер се без икаквих разбијања зидова може вертикално спровести магистрални вод и прикључити утичнице.

Ако се сутерен или приземни део куће не користи за становање, цеви се фиксирају шелнама на међуспратну конструкцију. У том случају довољно је само пробушити бетонску плочу испод утичнице и на доњој страни плоче водити цеви до машине (слика26).



Слика 26. Примери уградње централног система

3.5. Како саставити спецификацију материјала

Помоћу формулара за састављање спецификације материјала врло лако се може добити количина и врста материјала који је потребан за извођење радова уградње система за централно усисавање.

Прво је потребно одредити количину цеви потребну за извођење радова. То се најједноставније добија сабирањем количине цеви сваког нивоа. Ако је размера 1:100 тада, колико центиметара се измери толико метара је потребно за одређену грану. Добијеној дужини цеви додају се и дужина вертикале, које одговарају висини просторија плус дебелина бетонских плоча између нивоа, дужина цеви од пода до утичнице. Тако добијеној дужини цеви потребно је додати још 5-10% резерве ради сигурности.

У следећем кораку се израчунава параметар (укупни губици претворени у линијски губитак) помоћу којег се бира усисна машина.

Колена од 90 степени UU са великим луком типа PF213 се уграђују само унутар система, не користе се иза утичнице јер могу довести до зачепљења система.

Колено од 90 степени са великим луком типа PF245 је веома погодно користити код споја са спојницама. Један крај колена одговара мерама цеви, други крај се може саставити са било којом другом спојницом.

PF202 спојнице се користе код спајања цеви. Број ових спојница одговара броју комада цеви. Ако је дужина цеви 2,5 метара: $PF202 = PF207/2,5$. Тако за сваки комад цеви рачуна се један комад спојнице.

Чепова за цеви PF206 за један систем у просеку је потребно четири комада. Ови комади су потребни да би систем сачували од нечистоћа (на пример, бетона, воде,...). потребно је два комада на крај издувне гране, један комад за усисну грану код машине, један на месту кухињског адаптера у функцији лопатице за смеће. Код утичница не треба рачунати са овим завршним елементима, јер пластични поклопац има улогу да их штити.

Шелни за фиксирање цеви PF2051 за један систем у просеку је потребно 6-10 комада. Шелне су потребне пре бетонирања бетонског пода, на местима где цеви не иду поред зида. На овим местима цеви се фиксирају, да се не би померале током грађевинских радова. Око усисне машине је исто препоручљиво да се цеви фиксирају.

Количина кабла која се добије према пројекту плус један метар више за сваку утичницу. Препоручује се кабл типа $2 \times 0,75 \text{ mm}^2$.

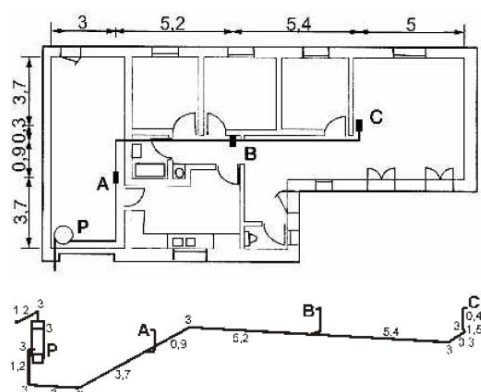
Од елемената за причвршћивање електричног кабла за цев користе се везице димензије 368x4,8mm.

Формулар спецификације материјала

Прикључивање усисне машине и пуштање система у рад			
Усисна машина			
Сет прикључка и адаптера	EK		
Кухињски адаптер			
Цев за прикључење кух. адаптера	H-151		
Поклопац издувне гране	PF2224		
Утичница			
Пуштање система у рад	D8506		
Цена монтаже кух. адаптера	D8507		
Спецификација за уградњу цевног система			
Кућиште за утичницу	PF149		
Колено од 90°UU са малим луком	PF212		
Колено од 90°UU са великим луком	PF213		
Колено од 90°SU са великим луком	PF245		
Колено од 45°UU	PF216		
Колено од 45°SU	PF242		
Равна спојница UU	PF202		
Т спојница од 45°	PF214		
Т спојница од 90°	PF215		
Заштитни чеп	PF206		
Шелна за фиксирање цеви	PF2051		
PVC цев	PF207		
Кабал 2x0,75 MTL	KBL2x0.75		
бужир	GEGE16.0		
Везица за кабал	11-021		
Тангит PVC лепак	TANGIT		
Цена уградње утичнице	D8504		
Цена уградње цевног система	D8505		
Излазак на терен	K9		

Избор усисне машине на основу коефицијента за избор машине

Приказ избора машине преко примера куће на слици 27.



Слика 27. Цевовод постављен у кући

За систем, тип машине се бира помоћу такозваног коефицијента за избор машине. Овај коефицијент је у ствари укупан губитак кроз цев, где су локални губици у кривинама (спојницама) прерачунати у линијске губитке. Коефицијент је изражен у метрима и свака усисна машина има снагу дату преко вредности овог коефицијента. Коефицијент за избор машине се рачуна на следећи начин:

(дужина цеви у метрима између усисне машине и најудаљеније утичнице од ње + дужине издувне гране у метрима)+(на овој траси цевовода број колена од $90^\circ \times 3$)+(број кривина од $45^\circ \times 1,5$). Губитак је највећи на најдужој траси цеви. Усисна машина се бира на тај начин узимајући у обзир највећи губитак на траси цевовода, машина има довољно снаге за одговарајући квалитет усисне машине.

Најудаљенија утичница има ознаку C, дакле за њу треба израчунати коефицијент за избор машине.

Деоница	Коефицијент за избор машине	Колено од 90°		Колено од 45°		Вредност
		Комада	Дужина (m)	Комада	Дужина (m)	
P-A	$1,2+3+3,7=7,9$	3	9			16,9
A-B	$0,9+5,2=6,1$	1	3			9,1
B-C	$5,4+0,3+0,4=6,1$	2	6	1	1,5	13,6
Издувавање	1,2	2	6			7,2
Укупно:	21,3		24		1,5	46,8

Према горњој табели укупна дужина цеви која је узета у обзир је 46,8 метара. На основу ове вредности коефицијената за избор машине из табеле техничких карактеристика усисних машина бира се адекватна машина. Са коефицијентом за избор машине од 50 метара изабрана машина је тип PU600 или следећа већа машина. Када би се изабрала следећа слабија машина, на пример PU400, са коефицијентом за избор машине од 40 метара, за темељно усисавање усисна снага даљих утичница била би незадовољавајућа. Овим кораком завршен је пројекат система за централно усисавање.

Тип машине	PU160	PU180	PU400	PU600	PU800
Препоручена површина за усисавање(m^2)	150	160	200	300	400
Број зидних утичница (ком)	1-3	2-4	3-5	4-7	6-10
Коефицијент за избор машине (m)	30	35	40	50	70

3.6. Додатак 1.

Избор склопа машине

Код избора усисне машине посматра се деоница цеви која је између машине и најудаљеније утичнице.

Препоруке су следеће:

1. Сваком колену од 45° одговара дужина цевовода од 1,5 метара
2. Сваком колену од 90° одговара дужина цевовода од 3 метара
3. Дужина цевовода мора да садржи и дужину цеви издувне гране

Дужина цеви издувне гране не сме бити дужа од 6 метара, ако је ипак дужа, потребно је користити већи пречник цеви, да би се смањили губици снаге усисне машине.

Серија	platinum			
Модел	SC335	SC355	SC385	SC3500
Димензије cmxcm	89x28	106x28	106x28	112x36
Air Watts	590	630	670	868
Усисна моћ(mm)	2962.2	3201	3352	3482
Проток ваздуха (l/s)	58.19	61.74	64.55	99.1
Број утичница	10	10	12	20
Макс. Дужина цевовода(m)	100	100	100	90
Површина усисавања(m ²)	900	900	1000	1200
Ниво буке(dB)	62	62	62	66
Тип филтера	самочистив	самочистив	самочистив	самочистив

- Аксијални мотори немају спољашње вентилаторе за хлађење. Преко мотора пролази ваздух који је усисан преко система цеви, који га хладе.
- Радијални мотори имају посебне вентилаторе за хлађење који је независан од ваздуха који пролази кроз машину. Задатак ваздушне пумпе која се налази на осовини мотора је да створи довољни вакуум за усисавање.

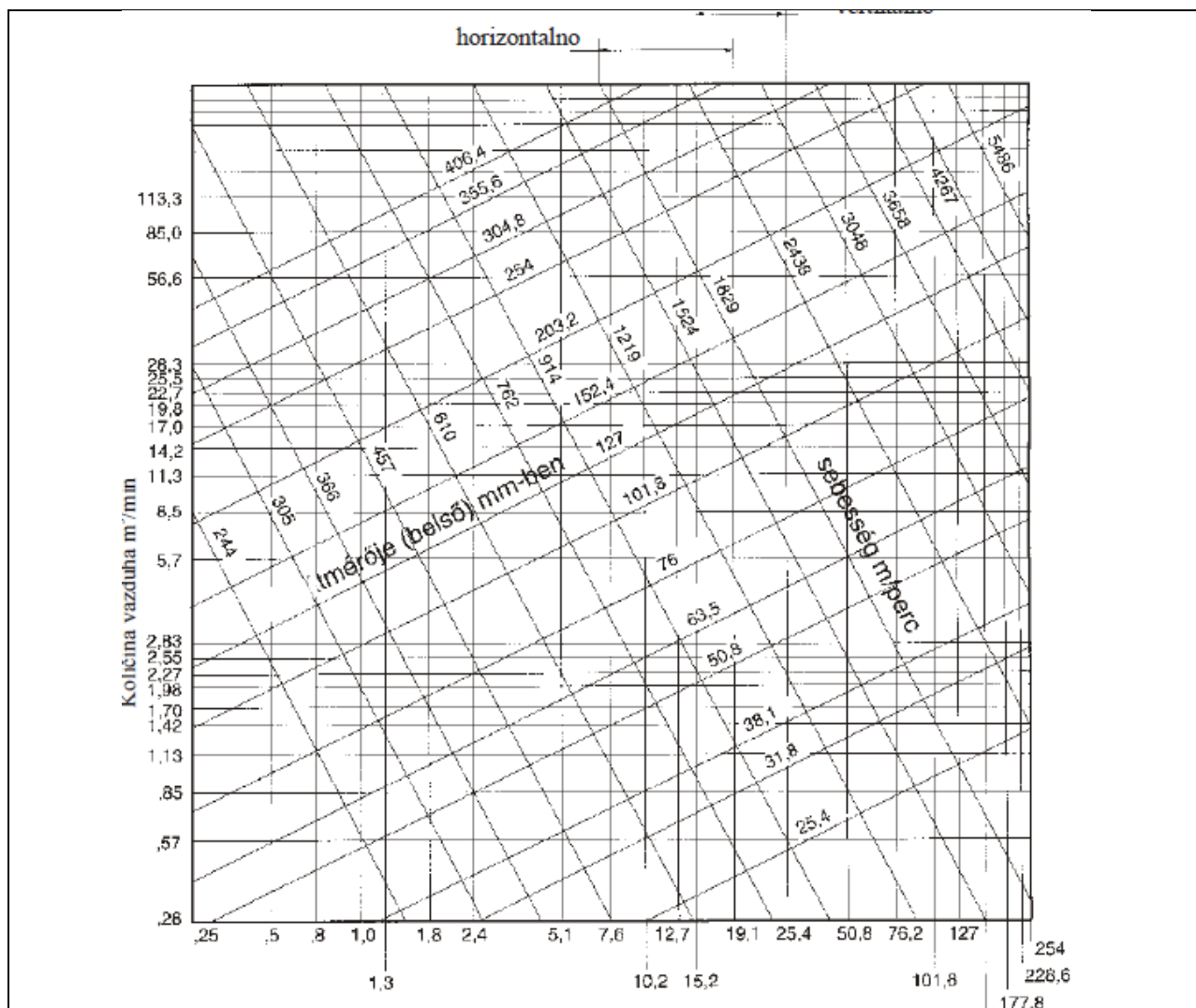
3.7. Додатак 2.

Брзина ваздуха која је потребна за усисавање различитих врста отпада

	m/min	m/s	km/h
Прашина	610	10,2	36,6
Сува прљавштина	610	10,2	36,6
Влажна прљавштина	910	15,2	54,6
Пиљевина	910	15,2	54,6
Други отпатци	1220	20,3	73,2
Памук	610	10,2	36,6
Отпатци тканине	460	7,7	27,6
Метална пиљевина	760	12,7	45,6
Оловни отпатци	1520	25,3	91,2
Фина пиљевина од бакра	1220	20,3	73,2
Угљена прашина	1220	20,3	73,2
Песак	1070	17,8	64,2

3.8. Додатак 3.

Монограм губитка услед трења у цевоводу



4. Прорачун унапређене турбодуваљке

Измерене вредности турбодуваљке

- Пречник уисног вода турбо дуваљке $D_0=47,5\text{mm}$
- Пречник потисног вода турбо дуваљке $D_2=125\text{mm}$
- Пречник вратила електромотора $d=8\text{mm}$
- Пречник цеви $d_{cev}=30\text{mm}$
- Брзина струјања ваздуха на улазу $v_1=55\text{m/s}$
- Брзина струјања ваздуха на излазу $v_2=50\text{m/s}$
- Број лопатица радног кола $z_0 = 6$
- Пад притиска на уисном воду $p_v = 11,4 \cdot 10^3 \text{Pa}$
- Проток ваздуха $Q = 0,0388\text{m}^3/\text{s}$
- Густина ваздуха $1,2\text{kg/m}^3$

„ДОМЕЛ“ 492.3.209-2 Карактеристике мотора за уисивач

Механичка снага	P_m [W]	≥ 960	Напон	[V]	230
вакуум	p_{max} [kPa]	$\geq 16,8$	Фреквенција	[Hz]	50
Проток	Q_{max} [dm ³ /s]	≥ 63	Номинална снага	[W]	1100
Уисна снага	P_{2max} [W]	≥ 368			
Корисност	η_{max} [-]	$\geq 32\%$			
маса	m [kg]	$= 1,58$			

Табела 1. Карактеристике мотора

Orifice		Current	Input Power	Speed	Pressure		Air Flow		Air power	Efficiency
mm	in*	A	W	min ⁻¹	kPa	in H ₂ O	dm ³ /s	CFM	W	%
40	1 1/2	5,87	1270	22321	3,6	14,5	57,8	122,5	210	16,5
30	1 1/8	5,71	1237	22650	8,1	32,6	48,0	101,7	388	31,3
23	7/8	5,25	1141	23699	12,0	48,2	33,4	70,8	383	33,6
19	3/4	4,91	1072	24519	12,9	51,8	24,1	51,1	310	29,0
16	5/8	4,61	1011	25288	14,0	56,3	17,8	37,7	249	24,7
13	1/2	4,28	942	26216	15,0	60,3	12,2	25,9	183	19,4
10	3/8	3,96	874	27179	16,0	64,3	7,5	15,9	119	13,7
6,5	1/4	3,68	815	28138	16,6	66,7	3,3	7,0	54	6,6
0	0	3,49	775	28780	17,7	71,1	0,0	0,0	0	0,0

Из табеле 1 усвојен је склоп електромотор-турбодуваљка са следећим карактеристикама

- Улазна снага 1237 W
- Излазна снага 388 W
- број обртаја мотора 22650min⁻¹
- притисак 8,1 kPa
- проток 48,0 dm³/s
- корисност 31,3%

Израчунате вредности:

- Проток ваздуха:

$$Q = \frac{d_{cev}^2 \pi}{4} \cdot v_1 \quad (2)$$

$$Q = \frac{(30 \cdot 10^{-3})^2 \pi}{4} \cdot 55$$

$$Q = 0,0388 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- Подпритисак је добијен експерименталним путем, што значи да вероватно постоје губици који су занемарени. Усисивачем је прво подигнут предмет чија је маса 650g, затим предмет са већом масом, од 1000 g, међутим није могао усисивач да подигне, па је смањена маса тј. подигнут је предмет масе 820 g, за ту масу је израчунат подпритисак на улазу у усисивач:
- Маса предмета $m=820\text{ g}$, $d_{cev}=30\text{ mm}$, $v_1=55\text{ m/s}$

$$p = \frac{F}{A} \quad (3)$$

$$F = m \cdot g \quad (4)$$

$$A = \frac{d_{cev}^2 \pi}{4} \quad (5)$$

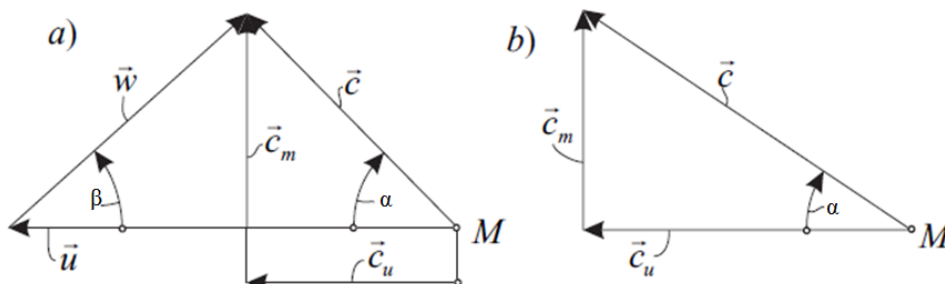
Сређивањем једначина (4) и (5) у једначину (3) добија се израз за рачунање притиска

$$p_v = \frac{m \cdot g \cdot 4}{d_{cev}^2 \pi} = 11400\text{ Pa} = 11,4\text{ kPa} \quad (6)$$

Усвојене вредности које фигуришу у прорачуну центрифугалног вентилатора:

- $\eta_Q=0,95-0,98$; усвајамо 0,95
- $\mu_0=0,7-1,0$; усвајамо 0,7-коэффициент степена пуњења у улазном пресеку у радно коло
- $\xi_0=0,3-0,4$; усвајамо 0,3-коэффициент губитка у усисном воду и скретању флуида пред улазом у радно коло
- $\xi_k=0,15-0,4$; усвајамо 0,3-коэффициент губитка у радно коло
- $k_1=0,5-1,0$; усвајамо 0,8
- $\mu_1=0,7-0,9$; усвајамо 0,8-коэффициент постојања вртложне зоне на улазу у радно коло
- $\mu_2=0,85-0,95$ - усвајамо 0,9-за угао лопатице $\beta_{2l} \leq 90^\circ$
- $\eta_{H(\beta_{2l} \leq 90^\circ)}=0,85-0,95$; усвајамо 0,88-хидраулички степен корисности
- $v=d/D_0=0,168$
- $D_0/D_1=1$ код вентилатора ($D_0 \approx D_1$)

$$Q' = \frac{Q}{\eta_Q} = \frac{0,0388}{0,95} = 0,0408 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (7)$$



Троугао брзина, општи изглед у тачки М која лежи на главном правцу струјања у међулопатичном простору профилне решетке а) за покретну профилну решетку, б) за непокретну профилну решетку

Брзина струјања радног флуида у усисној цеви непосредно пред улазом у радно коло, c_0 :

$$c_0 = \frac{4 \cdot Q'}{\pi \cdot D_0^2 \cdot (1 - v^2) \cdot \mu_0} = \frac{4 \cdot 0,0408}{\pi (47,5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (1 - 0,168^2) \cdot 0,7} = 33,86 \frac{m}{s} \quad (8)$$

Меридијанска брзина пред улазном ивицом:

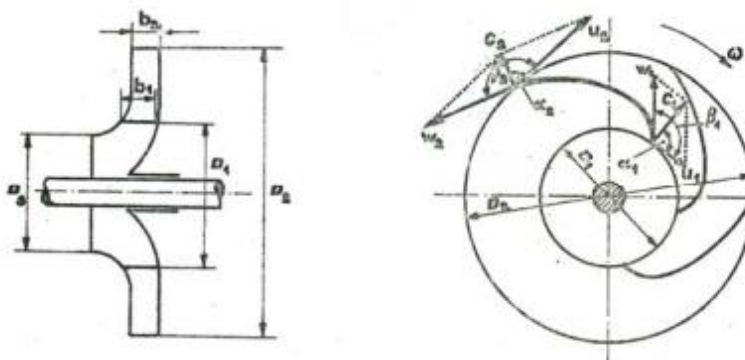
$$c_1 = c_0 \cdot k_1 = 33,86 \cdot 0,8 = 27,1 \frac{m}{s} \quad (9)$$

Обимска брзина на улазу у радно коло:

$$u_1 = D_1 \cdot \pi \cdot n = 47,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot \frac{22650}{2 \cdot 30} = 56,3 \frac{m}{s} \quad (10)$$

Релативна брзина струјања на улазу у радно коло:

$$w_1 = \sqrt{c_1^2 + u_1^2} = \sqrt{27,1^2 + 56,3^2} = 62,5 \frac{m}{s} \quad (11)$$



Губици струјне енергије су:

$$\Delta p_g = \xi_0 \cdot \rho \frac{c_0^2}{2g} + \xi_k \cdot \rho \frac{w_1^2}{2g} = 0,3 \cdot 1,2 \frac{33,86^2}{2 \cdot 9,81} + 0,3 \cdot 1,2 \frac{62,5^2}{2 \cdot 9,81} = 92,7 \quad (12)$$

Оптимални улазни пречник радног кола при којем су губици струјне енергије Δp_g минимални:

$$D_0 = 3,25 \sqrt[6]{\frac{\xi_0 + k_1^2 \cdot \xi_k}{\xi_k}} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q'}{(1 - v^2) \cdot \mu_0 \cdot n} \cdot \frac{D_0}{D_1}} = \lambda \sqrt[3]{\frac{Q'}{(1 - v^2) \cdot \mu_0 \cdot n} \cdot \frac{D_0}{D_1}} \quad (13)$$

При чему је

$$\lambda = 3,25 \sqrt[6]{\frac{\xi_0 + k_1^2 \cdot \xi_k}{\xi_k}} = 3,25 \sqrt[6]{\frac{0,3 + 0,8^2 \cdot 0,3}{0,3}} = 3,53$$

Пречник усисног вода

$$D_0 = D_1 = 3,53 \sqrt[3]{\frac{0,0408}{(1 - 0,168^2) \cdot 0,7 \cdot 22650}} \cdot 1 = 0,0488m \quad (14)$$

Усвајамо $D_0 = D_1 = 0,0488m$

Према усвојеном пречнику рачунамо брзине:

$$c_0 = \frac{4 \cdot Q'}{\pi \cdot D_1^2 \cdot (1 - v^2) \cdot \mu_0} = \frac{4 \cdot 0,0408}{3,14 \cdot 0,0488^2 \cdot (1 - 0,164^2) \cdot 0,7} = 32 \frac{m}{s} \quad (15)$$

$$v = \frac{d}{D_1} = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{0,0488} = 0,164$$

$$c_{1m} = c_0 \cdot k_1 = 32 \cdot 0,8 = 25,6 \frac{m}{s} \quad (16)$$

$$u_1 = D_1 \pi \cdot n = 0,0488 \cdot 3,14 \cdot \frac{22650}{2 \cdot 30} = 57,8 \frac{m}{s} \quad (17)$$

$$w_1 = \sqrt{c_1^2 + u_1^2} = \sqrt{25,6^2 + 57,8^2} = 63,2 \frac{m}{s} \quad (18)$$

Специфична учестаност обртања n_q за вентилаторе је:

$$n_q = \frac{n \cdot Q^{\frac{1}{2}}}{\Delta p^{\frac{3}{4}}} = \frac{22650 \cdot 0,0388^{\frac{1}{2}}}{(11,4 \cdot 10^3)^{\frac{3}{4}}} = 4,044 \quad (19)$$

Угао између негативног правца обимске брзине u_1 и релативне брзине w_1 (улазни угао лопатице) одређује се по једначини 20 (ако је $c_{1u} = 0$)

$$tg\beta_1 = \frac{c_{1m}}{u_1} = \frac{k \cdot c_0}{u_1} = \frac{0,8 \cdot 32}{57,8} = 0,4429 \quad (20)$$

$$\beta_1 = arctg 0,4429 = 23,89^\circ$$

Улазни угао лопатице радног кола β_{1l} узима се обично да је једнак $\beta_{1l} = \beta_1 + \Delta\beta_1$ где је

β_1 -нападни угао струје

$\Delta\beta_1$ -обично се узима да је $\pm 10^\circ$

$\beta_{1l} = 40^\circ - 50^\circ$

$$\beta_{1l} = \beta_1 + \Delta\beta_1 = 23,89 + 10 = 33,89 = 34^\circ \quad (21)$$

Обично је улазна ивица радног кола паралелна са осом обртања радног кола. Ширина b'_1 основног струјања на улазној ивици радног кола одређује се по једначини 22

$$b'_1 = \frac{Q'}{\pi \cdot D_1 c_{1m}} = \frac{0,0408}{3,14 \cdot 0,0488 \cdot 25,6} = 0,0104m \quad (22)$$

Како се на улазној ивици радног кола код предњег венца обично формира вртложна зона, то се ширина лопатица радног кола на улазу у радно коло узима да је нешто већа од b'_1

$$b_1 = \frac{b'_1}{\mu_1} = \frac{Q'}{\pi \cdot D_1 \cdot c_{1m} \cdot \mu_1} = \frac{0,0104}{0,8} = 0,013m \quad (23)$$

Ако улазна лопатица заклапа неки угао са осом обртања онда се прорачун изводи према средњој струјној линији, односно за средњи улазни пречник улазне ивице радног кола. За одређивање излазног пречника D_2 радног кола у првом приближењу полази се од коефицијента притиска ψ , који се одређује помоћу израза 24

$$\psi = \frac{2 \cdot \Delta p}{\rho \cdot u_2^2} \quad (24)$$

Одакле следи да је

$$u_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\psi \cdot \rho}} \quad (25)$$

За одређивање коефицијента ψ користи се зависност $\psi = f(Q, n_q)$, како је приказано на дијаграму (слика IX.5 [7]). Дијаграм је дат у координатном систему (ψ, φ) . На апсциси је дат коефицијент протока

$$\varphi = \frac{Q}{A_2 u_2} = \frac{4 \cdot Q}{D_2^2 \cdot \pi \cdot u_2} = \frac{4 \cdot 0,0388}{(125 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 3,14 \cdot 148,2} = 0,021 \quad (26)$$

$$u_2 = D_2 \pi n = 125 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot \frac{22650}{2 \cdot 30} = 148,2 \frac{m}{s}$$

Сада са дијаграма (слика VIII.6 [7]) читамо вредност $\psi = 0,5$, па се враћамо у једначину 25 где рачунамо обимску брзину на излазу из радног кола u_2

$$u_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\psi \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11,4 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 0,5}} = 194 \frac{m}{s} \quad (27)$$

Одакле је излазни пречник радног кола D_2

$$D_2 = \frac{u_2}{n \cdot \pi} = \frac{194 \cdot 2 \cdot 30}{3,14 \cdot 22650} = 0,1636m \quad (28)$$

Излазни угао лопатице радног кола варира у широким границама, он одређује облик лопатице и показује знатан утицај на коефицијент притиска ψ . Обично је $\beta_{2l} = 15 - 170^\circ$. Претходно може да се одреди у зависности од коефицијента притиска посредством криве, приказане на слици VIII.6 ([7]) која је добијена на основу статичких података.

$$\beta_{2l} = f(\psi = 0,5) = 50^\circ \rightarrow \beta_{2l} \leq 90^\circ, \quad \frac{w_1}{w_{2\infty}} = 1,25 - 2 \rightarrow 1,4$$

$$w_{2\infty} = \frac{w_1}{1,4} = \frac{45,78}{1,4} = 32,7 \frac{m}{s}$$

Да би се одредила ширина радног кола на излазу b_2 , једначина 32, претходно мора да се одреди меридијанска компонента брзине на излазу из једначине 29

$$w_1 = \frac{c_{1m}}{\sin \beta_{1l}} \quad \text{и} \quad w_{2\infty} = \frac{c_{2m}}{\sin \beta_{2l}} \quad (29)$$

$$\frac{w_1}{w_{2\infty}} = \frac{c_{1m} \sin \beta_{2l}}{c_{2m} \sin \beta_{1l}} \quad (30)$$

или

$$c_{2m} = c_{1m} \frac{\frac{\sin \beta_{2l}}{\sin \beta_{1l}}}{\frac{w_1}{w_{2\infty}}} \quad (31)$$

$$w_1 = \frac{c_{1m}}{\sin \beta_{1l}} = \frac{25,6}{\sin 34^\circ} = 45,78 \frac{m}{s}$$

$$c_{2m} = c_{1m} \frac{\frac{\sin \beta_{2l}}{\sin \beta_{1l}}}{\frac{w_1}{w_{2\infty}}} = 25,6 \cdot \frac{\frac{\sin 50^\circ}{\sin 34^\circ}}{\frac{45,78}{32,7}} = 25,08 \frac{m}{s}$$

$$b_2 = \frac{b'_2}{\mu_2} = \frac{Q'}{\pi \cdot D_2 \cdot c_{2m} \cdot \mu_2} = \frac{0,0408}{3,14 \cdot 0,184 \cdot 10,51 \cdot 0,9} = 0,00352m \quad (32)$$

На основу горњих препорука ширина кола b_2 на излазу срачунавамо мердијанску компоненту апсолутне брзине на излазу

$$c_{2m} = \frac{Q'}{\pi \cdot D_2 \cdot b_2 \cdot \mu_2} = \frac{0,0408}{3,14 \cdot 0,1636 \cdot 0,00352 \cdot 0,9} = 25,07 \frac{m}{s} \quad (33)$$

Затим одређујемо $w_{2\infty}$, по једначини 29, па проверавамо однос $\frac{w_1}{w_{2\infty}}$

$$w_{2\infty} = \frac{c_{2m}}{\sin \beta_{2l}} = \frac{25,08}{\sin 50^\circ} = 32,74 \frac{m}{s}$$

$$\frac{w_1}{w_{2\infty}} = \frac{c_{1m} \sin \beta_{2l}}{c_{2m} \sin \beta_{1l}} = \frac{25,6 \sin 50^\circ}{25,08 \sin 34^\circ} = 1,4$$

За одређивање обимске брзине u_2 , а самим тим и пречника радног кола на излазу D_2 неопходно је да се зна теоријски рад кола $\Delta p_{k\infty}$ при $z_k = \infty$

$$\Delta p_{k\infty} = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\Delta p}{\eta_H} \quad (34)$$

Коефицијент циркулације ε одређује се према изразу 35 (Стодолина формула 7.1.3.1[8])

$$\varepsilon = 1 - \frac{\pi \sin \beta_{2l}}{z_0} = 1 - \frac{3,14 \sin 50^\circ}{6} = 0,599 \quad (35)$$

$$\Delta p_{k\infty} = \frac{1 \Delta p}{\varepsilon \eta_H} = \frac{1}{0,599} \frac{11,4 \cdot 10^3}{0,88} = 21626,95$$

Обимска брзина u_2 на излазу из радног кола у другом приближењу је (по препоруци за прорачун центрифугалног вентилатора ради се друго и/или треће приближење у зависности од добијених вредности)

$$u_2 = \frac{c_{2m}}{2tg\beta_{2l}} + \sqrt{\left(\frac{c_{2m}}{2tg\beta_{2l}}\right)^2 + \frac{\Delta p_{k\infty}}{\rho}} = \frac{25,07}{2tg50^\circ} + \sqrt{\left(\frac{25,07}{2tg50^\circ}\right)^2 + \frac{21626,95}{1,2}} = 145,177 \frac{m}{s} \quad (36)$$

$$D_2 = \frac{u_2}{\pi n} = \frac{145,177 \cdot 2 \cdot 30}{3,14 \cdot 22650} = 0,12247m \quad (37)$$

$$b_2 = \frac{Q'}{\pi \cdot D_2 \cdot c_{2m} \cdot \mu_2} = \frac{0,0408}{3,14 \cdot 0,12247 \cdot 25,07 \cdot 0,9} = 0,0047m \quad (38)$$

Треће приближење:

$$c_{2m} = \frac{Q'}{\pi \cdot D_2 \cdot b_2 \cdot \mu_2} = \frac{0,0408}{3,14 \cdot 0,12247 \cdot 0,0047 \cdot 0,9} = 25,08 \frac{m}{s}$$

$$u_2 = \frac{c_{2m}}{2tg\beta_{2l}} + \sqrt{\left(\frac{c_{2m}}{2tg\beta_{2l}}\right)^2 + \frac{\Delta p_{k\infty}}{\rho}} = \frac{25,08}{2tg50^\circ} + \sqrt{\left(\frac{25,08}{2tg50^\circ}\right)^2 + \frac{21626,95}{1,2}} = 145,18 \frac{m}{s}$$

$$D_2 = \frac{u_2}{\pi n} = \frac{145,18 \cdot 2 \cdot 30}{3,14 \cdot 22650} = 0,12248m$$

$$b_2 = \frac{Q'}{\pi \cdot D_2 \cdot c_{2m} \cdot \mu_2} = \frac{0,0408}{3,14 \cdot 0,12248 \cdot 25,08 \cdot 0,9} = 0,004699m$$

Усисна снага усисивача

$$Y = \frac{\kappa}{\kappa - 1} RT \left(\pi^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right) + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} = \frac{1,4}{1,4 - 1} 288 \cdot 293 \left(1,1268^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right) + \frac{50^2 - 55^2}{2} = 9985,186 \frac{J}{kg} \quad (39)$$

$$\pi_k = \frac{p_2}{p_1} = \frac{101,3 \cdot 10^3}{89,9 \cdot 10^3} = 1,1268$$

$$p_1 = p_2 - p_v = 101,3 \cdot 10^3 - 11,4 \cdot 10^3 = 89,9 \cdot 10^3 Pa$$

$$P = \rho QY = 1,2 \cdot 0,0388 \cdot 9985,186 \quad (40)$$

$$P = 464,91W$$

$$\eta = \frac{P_{iz}}{P_{ul}} = \frac{464,91}{1100} = 0,423 \quad (41)$$

Профилисање лопатица радног кола

$$\hat{l} = \frac{2 \cdot r \pi \alpha}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 0,082 \cdot 3,14 \cdot 35}{360} = 0,0503m \quad (42)$$

где је:

$$\alpha = 35^\circ$$

$$r = 0,082m$$

Спирално кућиште:

$$\frac{B}{b_2} \leq 3 \text{ — усвојени однос}$$

$$B = b_2 \cdot 3 = 0,014$$

$$\varphi_s = \frac{b_2}{B} = \frac{0,004699}{0,014} = 0,335$$

$$c_{2u} = 43,25 \frac{m}{s}$$

$$K = r_2 \cdot c_{2u} = \frac{0,12248}{2} 43,25 = 2,65$$

$$r_s = r_2 \cdot e^{\varphi \tan \varphi_s} = \frac{0,12248}{2} e^{30 \tan 0,335} = 0,073m$$

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot b_2 \cdot c_{2m} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,06124 \cdot 0,004699 \cdot 25,08 = 0,045 \frac{m^3}{s}$$

$$\tan \alpha_{20} = \frac{c_{2m}}{u_2} = \frac{25,08}{145,18} = 0,173$$

$$\alpha_{20} = 9,8^\circ$$

$$\varphi^{[^\circ]} = \frac{2\pi KB}{Q} \ln \frac{r_s}{r_2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2,65 \cdot 0,014}{0,045} \ln \frac{0,073}{0,06124} = 0,9 = 52^\circ$$

$$A = r_{s(2\pi)} - r_2 = 0,073 - 0,06124 = 0,01176m$$

$$\bar{A} = \frac{A}{D_2} = \frac{0,01176}{0,12248} = 0,096$$

Средња брзина струјања у сваком произвољном пресеку вентилатора

$$c_{2m\varphi} = \frac{Q_\varphi}{A_\varphi} = \frac{c_{2u} a \varphi}{e^{a\varphi} - 1} = \frac{43,25 \cdot 0,028 \cdot 30}{e^{0,028 \cdot 30} - 1} = 27,9 \frac{m}{s}$$

Средња брзина $c_{2m\varphi}$ смањује се са повећањем угла спирале φ , тј. спирала ради као дифузор.

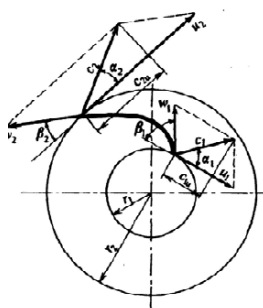
Излазни угао струје из радног кола:

$$tg\alpha_2 = \frac{tg\alpha_{20} + 0,1}{1 - 0,1 \cdot tg\alpha_{20}} = \frac{0,173 + 0,1}{1 - 0,1 \cdot 0,173} = 0,278$$

$$\alpha_2 = 15,5^\circ$$

Ширина C на излазу из вентилатора узима се да је

$$C = (1,15 - 1,25) \cdot A = 1,25 \cdot 0,01176 = 0,0147m$$



троугао брзина

4.1. Додатак 4.

Образац за испитивање усисивача[13]:

Усисивач:							
Атмосферски притисак [mmHg]				Атмосферски притисак [mmHg]			
Температура околине [°C]				Корекциони фактор			
d	P ₁	I	H _m	H _k	Q	P ₂	E
[mm]	[W]	[A]	[mbar]	[mbar]	[l/s]	[W]	[%]
50.0							
40.0							
30.0							
23.0							
19.0							
16.0							
13.0							
10.0							
6.5							
0.0							
Номинална снага [W]				Средња снага [W]			
Декларисана снага [W]				мин		маx	

Atm.prit.[mbar]=1.33322 atm.prit.[mmHg]

Kor.fakt.=0.0018·temp.okol.[°C]-0.0008·atm.prit.[mmHg]+1.7744

H_k[mbar]=H_m[mbar]·kor.fakt.

Q[l/s]=0.00608·(d[mm])²·√H_k[mbar]

P₂[W]=0.1·Q[l/s]·H_k[mbar]

E[%]=100·P₂[W]/P₁[W]

Nom.sn.[W]=(P₁[W]+P₂[W])/2

Sred.sn.[W]=ΣP₁/10

Dekl.sn.[W] min=nom.sn.[W]/1.15
 Max=nom.sn.[W]/0.85

4.2. Додатак 5.

Универзални мотор 700W

• Номинални напон/фреквенција.....	220V/50Hz
• Номинална снага.....	725W
• Висина пакета лимова.....	30mm
• Степен корисног дејства.....	29,08%
• Максимални потпритисци.....	162,1mbar
• Максимални проток.....	43,79l/s
• Максимална брзина обртања.....	28250o/min
• Турбински део.....	једностепени

Мотор: једностепени 700W 220V								
Атмосферски притисак [mmHg]				749	Атмосферски притисак [mmHg]			998,5818
Температура околине [°C]				21	Корекциони фактор			1,013335
d	P ₁	I	n	H _m	H _k	Q	P ₂	E
[mm]	[W]	[A]	[o/min]	[mbar]	[mbar]	[l/s]	[W]	[%]
50.0	900	4,25	22100	6.0	6.1	37.48	22.8	2.53
40.0	900	4,25	22100	20.0	20.3	43.79	88.8	9.86
30.0	890	4,20	22250	50.0	50.7	38.95	197.3	22.17
23.0	830	3,85	23000	81.0	82.1	29.14	239.2	28.82
19.0	770	3,60	23850	100.0	101.3	22.09	223.9	29.08
16.0	740	3,40	24200	115.0	116.5	16.80	195.8	26.46
13.0	700	3,20	25500	128.0	129.7	11.70	151.8	21.68
10.0	630	2,90	26050	138.0	139.8	7.19	100.5	15.96
6.5	580	2,70	27250	149.0	151.0	3.16	47.7	8.22
0.0	550	2,50	28250	160.0	162.1	0.00	0.0	0.00
Номинална снага [W]				725	Средња снага [W]			749
Декларисана снага [W]					мин	630.43	мах	852.94

4.3. Додатак 6.

Мотор бр.3: двостепени, висина пакета 30mm							
Атмосферски притисак [mmHg]			752	Атмосферски притисак [mmHg]			1002,581
Температура околине [°C]			26,2	Корекциони фактор			1,019495
d	P ₁	I	H _m	H _k	Q	P ₂	E
[mm]	[W]	[A]	[mbar]	[mbar]	[l/s]	[W]	[%]
50.0	1170	5,55	5,0	5,1	34,32	17,5	1,50
40.0	1180	5,60	19,0	19,4	42,81	82,9	7,03
30.0	1180	5,60	51,0	52,0	39,46	205,2	17,39
23.0	1140	5,50	93,0	94,8	31,32	296,9	26,05
19.0	1090	5,20	123,0	125,4	24,58	308,2	28,28
16.0	1030	4,85	147,0	149,9	19,05	285,6	27,72
13.0	960	4,50	168,0	171,3	13,45	230,3	23,99
10.0	870	4,10	186,0	189,6	8,37	158,8	18,25
6.5	770	3,55	203,0	207,0	3,70	76,5	9,93
0.0	680	2,50	227,0	231,4	0,00	0,00	0,00
Номинална снага [W]			930	Средња снага [W]			1007
Декларисана снага [W]				мин	808,70	мах	1094,12

4.4. Додатак 7.

Мотор: 650W 220V, са четкицама HOFMAN (GAAR4)								
Атмосферски притисак [mmHg]				748	Атмосферски притисак [mmHg]		997,2486	
Температура околине [°C]				17	Корекциони фактор		1,007201	
d	P ₁	I	n	H _m	H _k	Q	P ₂	E
[mm]	[W]	[A]	[o/min]	[mbar]	[mbar]	[l/s]	[W]	[%]
50.0	810	3.95	16900	4.9	4.9	33.77	16.7	2.06
40.0	810	3.95	16900	16.7	16.8	39.90	67.1	8.28
30.0	810	3.95	16900	41.2	41.5	35.25	146.3	18.06
23.0	780	3,80	17000	70.6	71.1	27.12	192.9	24.73
19.0	750	3,65	17050	92.2	92.9	21.15	196.4	26.19
16.0	720	3,45	17600	108.4	109.2	16.26	177.6	24.66
13.0	680	3,25	18500	124.5	125.4	11.51	144.3	21.22
10.0	620	2,95	19000	141.2	142.2	7.25	103.1	16.63
6.5	570	2,70	20050	157.9	159.0	3.24	51.5	9.04
0.0	510	2,40	21100	175.0	176.3	0.00	0.0	0.00
Номинална снага [W]				660	Средња снага [W]		706	

4.5. Додатак 8.

Извештај о испитивању мотора усисивача
(СЛОБОДА- Чачак)

Извршено је снимање карактеристика два електромотора предвиђена за
усисивач снаге 650W

Резултати испитивања су наведени у табелама:

Мотор: СЛОБОДА, предвиђен за усисивач 650 W- ознака А							
Атмосферски притисак [mmHg]		748		Атмосферски притисак [mmHg]		997.249	
Температура околине [°C]		14.7		Корекциони фактор		1.00306	
d	P ₁	I	Hm	Hk	Q	P ₂	E
[mm]	[W]	[A]	[mbar]	[mbar]	[l/s]	[W]	[%]
50.0	1240	6.00	1.0	1.0	15.22	1.5	0.12
40.0	1240	6.00	12.0	12.0	33.75	40.6	3.28
30.0	1240	6.00	45.0	45.1	36.76	165.9	13.38
23.0	1200	5.80	90.0	90.3	30.56	275.9	22.99
19.0	1150	5.55	120.0	120.4	24.08	289.9	25.20
16.0	1090	5.25	141.0	141.4	18.51	261.8	24.02
13.0	1010	4.75	163.0	163.5	13.14	214.8	21.27
10.0	930	4.40	184.0	184.6	8.26	152.4	16.39
6.5	820	3.85	204.0	204.6	3.67	75.2	9.17
0.0	730	3.40	229.0	229.7	0.00	0.00	0.00
Нормално оптерећење [W]		985					
Назначена улазна снага [W]				мин	856.52	маx	1158.82

Мотор: СЛОБОДА, предвиђен за усисивач 650 W- ознака Б							
Атмосферски притисак [mmHg]		748		Атмосферски притисак [mmHg]		997.249	
Температура околине [°C]		14.7		Корекциони фактор		1.00306	
d	P ₁	I	Hm	Hk	Q	P ₂	E
[mm]	[W]	[A]	[mbar]	[mbar]	[l/s]	[W]	[%]
50.0	1210	5.85	2.0	2.0	21.53	4.3	0.36
40.0	1210	5.85	13.0	13.0	35.13	45.8	3.79
30.0	1210	5.85	44.0	44.1	36.35	160.4	13.26
23.0	1180	5.70	88.0	88.3	30.22	266.7	22.60
19.0	1130	5.40	119.0	119.4	23.98	286.2	25.33
16.0	1070	5.15	141.0	141.4	18.51	261.8	24.47
13.0	990	4.75	164.0	164.5	13.18	216.8	21.90
10.0	910	4.30	183.0	183.6	8.24	151.2	16.62
6.5	820	3.85	203.0	203.6	3.67	74.6	9.10
0.0	730	3.45	230.0	230.7	0.00	0.00	0.00
Нормално оптерећење [W]		970					
Назначена улазна снага [W]				мин	843.48	маx	1141.18

4.6. Додатак 9.

Извештај о испитивању усисивача 700- R MAXIM
(СЛОБОДА- Чачак)

1. Снимање карактеристика мотора усисивача

Резултати снимања карактеристика мотора извађеног усисивача дати су у следећој табели:

Мотор: СЛОБОДА, 220V, 50Hz (из усисивача 700-RMAXIM)							
Атмосферски притисак [mmHg]			741	Атмосферски притисак [mmHg]			987.916
Температура околине [°C]			13.5	Корекциони фактор			1.00837
d	P ₁	I	H _m	H _k	Q	P ₂	E
[mm]	[W]	[A]	[mbar]	[mbar]	[l/s]	[W]	[%]
50.0	1180	5.65	1.0	1.0	15.26	1.5	0.13
40.0	1190	5.70	12.0	12.1	33.84	40.9	3.44
30.0	1190	5.70	48.0	48.4	38.07	184.3	15.48
23.0	1160	5.50	90.0	90.8	30.64	278.1	23.97
19.0	1100	5.25	121.0	122.0	24.24	295.8	26.89
16.0	1040	4.95	146.0	147.2	18.89	278.0	26.73
13.0	970	4.60	168.0	169.4	13.37	226.6	23.36
10.0	890	4.15	185.0	186.5	8.30	154.9	17.41
6.5	790	3.70	204.0	205.7	3.68	75.8	9.95
0.0	720	3.35	229.0	230.9	0.00	0.00	0.00
Нормално оптерећење [W]			950				
Назначена улазна снага [W]				мин	826.09	маx	1117.65

2. Мерење температуре на отвору куполе усисивача за излаз ваздуха

Мерење ове температуре вршено је помоћу термопара на отвору куполе усисивача за излаз ваздуха, при номиналним условима рада усисивача и температури околине 15°C. Измерена температура је 66°C.

4.7. Додатак 10.

Извештај о испитивању усисивача за прашину 700К
(СЛОБОДА-Чачак)

Испитиван усисивач за прашину 700К, за који су познати следећи подаци:

Усисивач	700К
Тип	UP-700-K-103
Шифра	229.000.00
Број	77396
Број мотора	77396
Датум производње	02.02.2006.
Боја	Плава
Снага [W]	700
Напон [V]	230
фреквенција [Hz]	50

Снимање карактеристика усисивача

Добијени су следећи резултати снимања карактеристика испитиваног усисивача:

Мотор: СЛОБОДА 700К (UP-700-K-103) 700 W 230V (број 77396)							
Атмосферски притисак [mmHg]		736	Атмосферски притисак [mmHg]			981.25	
Температура околине [°C]		20.4	Корекциони фактор			1.02612	
d	P ₁	I	H _m	H _k	Q	P ₂	E
[mm]	[W]	[A]	[mbar]	[mbar]	[l/s]	[W]	[%]
50.0	1220	5.60	1.0	1.0	15.40	1.6	0.13
40.0	1210	5.50	2.0	2.1	13.94	2.9	0.24
30.0	1190	5.40	17.0	17.4	22.85	39.9	3.35
23.0	1170	5.30	42.0	43.1	21.11	91.0	7.78
19.0	1150	5.20	67.0	68.8	18.20	125.1	10.88
16.0	1130	5.10	90.0	92.4	14.96	138.1	12.22
13.0	1110	4.95	118.0	121.1	11.31	136.9	12.33
10.0	1050	4.75	139.0	142.6	7.26	103.6	9.88
6.5	990	4.40	161.0	165.2	3.30	54.5	5.51
0.0	930	4.15	177.0	181.6	0.00	0.00	0.00
Нормално оптерећење [W]		1075					
Назначена улазна снага [W]		мин		934.78	мак		1264.71

Напомена: усисивач 700К има већу улазну снагу од оне која је на њему назначена.

5. Технолошка документација израде турбодуваљке за усисивач

Израдити радно коло центрифугалног вентилатора код усисивача од алуминијума дебљине 1 mm по следећем опису:

Рб.	Операција	Ком.	Активности
1.	Израда радног кола на спољашњи отвор $\varnothing 122,48$ и пробијање на унутрашњи $\varnothing 8$	1	1
2.	Израда радног кола на спољашњи отвор $\varnothing 122,48$ и пробијање отвора на $\varnothing 48,8$	1	2
3.	Израда лопатице радног кола и профилисање лопатица $\alpha=35^\circ$	6	3
5.	Склоп радног кола	1	4

Редослед операција:

- 10. Сечење
- 20. Пробијање
- 30. Пунктовање
- 40. Брушење

$D_s=122,5\text{mm}$

$L_s=1\text{mm}$

$D_s \times L_s=122,5 \times 1$ – димензије сировог материјала

Поручити таблу алуминијума тврдог димензије 250X210

Операције обраде материјала радити на преси.

Операције обраде материјала распоредити на четири радника.

Сваком раднику доставити технолошки поступак.

Израда је предвиђена за један комад.

6. Закључак

У раду на унапређењу турбодуваљке код усисивача за прашину посебна пажња је посвећена прорачуну унапређене турбодуваљке. Прорачун турбодуваљке је исти као прорачун центрифугалних вентилатора. Код добијања излазног пречника потребно је позивање више пута, јер иначе сам прорачун центрифугалних вентилатора је компликован и саветује се да се параметри раде из више приближења [7]. Усвојен је склоп електромотор-турбодуваљка из каталога DOMEL [1], 492.3.209-2 јер по карактеристикама је исти као склоп електромотор-турбодуваљка код нашег усисивача, цена коштања је прихватљива. На усису прави потпритисак који је сасвим задовољавајући, што значи да је усисна снага усисивача $9985,186 \frac{J}{kg}$, али такође треба напоменути да су занемарени губици који се јављају код усисних цеви и ребрастог црева усисивача. Усисивач нуди могућност побољшања степена корисности, тако да је порађено на побољшању филтрације ваздуха који се враћа у просторију заменом филтра од сунђера са HEPA филтером и уместо обичне кесе за прашину додата је PURE HEPA кеса за прашину. Резултати су знатно бољи у смислу да се добија чистији ваздух назад у објект. Дат је предлог решења уградње централног система усисавања.



Слика 18. Склоп турбодуваљка-електромотор

ЛИТЕРАТУРА

- [1] http://gallery.domel.si/products/groups/files/catalog_ec.pdf
- [2] [A vacuum life - Edwards](#) Посећено 18.02.2013.
- [3] [Section 5.4 Vacuum Cleaners - How Things Work](#) Посећено 18.02.2013.
- [4] www.odigledolokomotive.rs/kategorija/usisivaci-kuchni/ Посећено 18.02.2013.
- [5] [Ostecenja sluha izazvana prekomernom bukom](#) Посећено 18.02.2013.
- [6] [Beousluge -- saveti za kupovinu usisivača za prašinu](#) Посећено 18.02.2013.
- [7] Центрифугални вентилатори, прорачун
- [8] Бабић М., Стојковић С.: Турбомашине теорија и математичко моделирање, универзитет у Крагујевцу машински факултет Крагујевац, Београд-Крагујевац, октобар 1997.
- [9] [Bièek A., Markiè I., Rihtaršìè J., Rejec J - Alps Adria Acoustics ...](#) Посећено 18.02.2013.
- [10] www.alpsadriaacoustics.org/archives/2012/papers/NOI-03.pdf
- [11] [Koji usisivac odabrati? | Facebook](#) Посећено 18.02.2013.
- [12] <http://data.sfb.rs/sftp/aleksandar.dedic/prezentacije/1deo/8.Ventilatori.ppt> Посећено 20.06.2013.
- [13] СЛОБОДА-Чачак: испитивања вршена на пробном столу