

## ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Мр. Аца Јовановић, дипл.маш.инж

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>	
1.	Датум и орган који је именовео комисију  <b>5. јун, 2015., Наставно-научно веће Технолошког факултета Универзитета у Новом Саду</b>
2.	Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:  1. <b>Др Љубинко Левић</b> , редован професор, Хемијско инжењерство, 01.12.2006. године, Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, ментор, 2. <b>Др Оскар Бера</b> , доцент, Хемијско инжењерство, 17.01.2013. године, Технолошки факултет, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, председник комисије, 3. <b>Др Иван Павков</b> , доцент, Пољопривредна техника, 17.01.2013. године, Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду, члан, 4. <b>Др Милада Пезо</b> , научни сарадник, Рударство и енергетска ефикасност, 26.09.2012. године, Институт за нуклеарне науке, "Винча", Београд, члан.
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>	
1.	Име, име једног родитеља, презиме: <b>Аца, Петар, Јовановић</b>
2.	Датум рођења, општина, држава: <b>13.03.1961, Савски Венац, Београд, Република Србија</b>
3.	Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Машински факултет, Београд, Универзитет у Београду, Пројектовање фабрика, Магистар машинства</b>
4.	Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија  /
5.	Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: <b>Машински факултет, Анализа и експериментално одређивање параметара ударног бушења потребних за пројектовање бушењих уређаја ударног дејства, рударске машине, 1990, Београд,</b>
6.	Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: <b>Машинство</b>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>	

**Симулација процеса кретања честица при транспорту у статичким мешалицама и модификованим пужним транспортерима применом методе дискретних елемената**

**IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација Мр Аце Јовановића. Дипл.маш.инж је веома прегледно и јасно изложена у осам поглавља:

- Увод (стр. 1 - 3),
- Преглед литературе (стр. 4 - 46),
- Материјал и методе (стр. 47 - 77),
- Резултати и дискусија (стр. 78 - 119),
- Закључци (стр. 120 - 123),
- Литература (стр 124 - 135).

Дисертација је написана на 135 нумерисаних страна А4 формата, у 6 поглавља са 66 слика и 18 табеле. Цитирано је 170 литературна навода, а на почетку су дате кључне документацијске информације са кратким изводом на српском и енглеском језику.

**V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

У поглављу УВОД, аутор указује да је гравитациони транспорт материјала врста транспорта код кога се не користи додатна енергија, већ се транспорт материјала врши само деловањем силе земљине теже. Аутор наводи да се транспорт материјала врши на основу разлике притисака или кинетичке и потенцијалне енергије самог материјала.

У тези се посебно наводи да је процес мешања прашкастих, грануластих и зрнастих материјала са инжењерског, енергентског, економског и еколошког становишта изузетно значајан у процесној, хемијској, фармацеутској индустрији, прехранбеној индустрији итд. Аутор наводи да се мешањем може добити коначан финални производ или полупроизвод, који се касније треба још додатно третирати. Посебно је истакнуто да на сам квалитет и цену готовог производа или полупроизвода значајан утицај има процес мешања. У тези се такође истиче да на ефикасност мешања утичу и: конструкција опреме, начин дозирања материјала, одмеравање материјала, транспорт и сл.

У тези је посебно истакнуто да је потребно одредити оптимално време мешања, јер превише дуго мешање може довести до деформације или сегрегације компоненти, које нису уједначених физичких карактеристика. По мишљењу аутора, оптимизација процеса мешања врши се са више становишта: времена мешања, конструкције и дизајна опреме, квалитета мешавине и утрошка енергије потребне за процес мешања, а потребно је и извршити оптимизацију већ инсталиране опреме која се користи у процесу, како би се она учинила ефикаснијом и продуктивнијом. У овој дисертацији је анализиран транспорт материја у статичким мешалицама и модификованим пужним транспортерима.

Аутор наводи да су статичке мешалице врста уређаја који за процес мешања не користе додатну енергију, већ се на процес мешања утиче деловањем гравитацијоне силе. У тези се наводи да ове мешалице хомогенизују материјал користећи разлику притисака или кинетичку и потенцијалну енергија третираног материјала. Аутор посебно наглашава да је због тога важан правилан избор геометрија мешалице, оптималан број елемената мешања и пројектовање брзина кретања радног флуида или зрнастог материјала. Наглашено је да је потребно одредити оптималну путању материјала како би се добио задовољавајући квалитет мешања уз минималне трошкове мешања. Аутор наводи да се унутар цеви статичког мешача налази профилисани елемент који усмерава кретање материјала, чиме се стварају разлике у брзини појединачних честица, а при томе долази до премештања различитих делова материјала који се крећу кроз профилисане мешаче.

Аутор даље наводи да се пужни транспортери веома интензивно користе у индустрији за производњу и прераду хране, пластике, минералних сировина, у пољопривредној производњи као и у прерађивачкој индустрији за подизање и/или транспорт расутих материјала на кратким и средњим растојањима. Аутор наводи да је транспорт веома сложен за разумевање, па се конструктори често ослањају на искуствене податке при конструисању и изради ових транспортера. Наведено је да су особине пужних транспортера одређене радним условима (као што су: брзина ротације вратила

пужа, угао под којим је нагнут пужни транспортер, ниво запреминског пуњења пужа, итд.).

У тези је разматрано моделовање струјних и термичких процеса, а као најефикаснија метода коришћена је нумеричка динамика флуида (при чему постоје два принципа за моделовање струјања честица или мешања прашкастих материјала: Лагранге-ов модел или Еулер-ов модел).

Аутор наводи да се математичко моделовање применом методе дискретних елемената (DEM) се показало као најефикасније за моделовање процеса мешања у енергетици, прехранбеној, хемијској, фармацеутској индустрији. Даље је разматрано у тези да уколико неки флуид значајно утиче на процес мешања расутог материјала, показало се да је CFD приступ изузетно користан, поуздан и ефикасан за добијање потребних информација о динамици флуида током мешања. Тада се користи спрегнути DEM/CFD приступ и на тај начин се анализира понашање материјала који се мешају, као и понашање флуида који потпомаже то мешање.

У поглављу **ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ** аутор указује да је примарни циљ процеса мењања добитије што квалитетнијег производа (што боља умешаност), уз што краће време и што мањи утрошак енергије. Аутор наводи да велики број научних радова проучавају зависност између хомогености и времена мешања. Такође аутор трврди да се применом методе дискретних елемената (DEM) могуће је поуздано предвидети понашање материјала приликом мешања.

У другом поглављу литературе аутор описује механизам мешања као и њихову поделу.

У следећем поглављу аутор описује све факторе који утичу на механизам мешања, величина честице, проточност материјала, класификација мешавина, карактеристике мешавине...

а посебну пажњу поклања појму хомогености (у четвртом поглављу) мешавине нарочито појму бинарне мешавине која се може окарактерисати као она мешавина у којој су све честице једне компоненте регуларно или једнако распоређене међу честицама друге компоненте у било ком делу мешавине.

Овај тип мешавине аутор проучава током дисартације.

У истом поглављу прегледа литературе се бави утврђивањем критеријума за одређивање квалитета смеше, објашњава начин узимања узорака као и критеријуме за одређивање квалитета мешавине

У четвртом поглављу литературе аутор се бави мешалицама и њиховом конструкцијом и проучава мешалице које при мешању користе силу агитације као и другу групу мешалица које користе силу гравитације за кретање честица – статичке мешалице (поглавље 5) и њима поклања посебну пажњу у даљем току дисартације.

Аутор даје пример примене статичких мешалица у индустрији сточне хране, са циљем уштеде енергије као и могућности смањења времена мешања индустријских мешалица.

У шестом поглављу прегледа литературе аутор истражује пужне транспортере који са одређеним модификацијама могу при транспорту И да мешају материјал, аутор такође предлаже И начин како ово применити у индустрији сточне хране.

У седмом поглављу аутор истражује досадашња искуства у примени DEM анализе као симулације процеса мешања, осврће се на искуства других аутора и објашњава предност ове методе посебно са развојем рачунара. Аутор објашњава који су неопходни параметри потребни, тј које све величине везане за физичке карактеристике честице треба знати да би успешно извршили DEM симулацију процеса мешања честица при кретању кроз статички миксер под дејством гравитационе силе, односно при кретању под дејством агитационе силе модификоване пужне завојнице.

У истом поглављу аутор приказује различите математичке моделе које се примењују у DEM симулацији процеса мешања.

Поглавље **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ** аутор указује да мешање течних, зрнастих и прашкастих материјала налази велику примену у свим производним процесима, а нарочито у процесној, фармацеутској и хемијској индустрији. У тези је наведено да је процес мешања је од изузетног значаја за квалитет финалног производа и за трошкове производње. Аутор наводи да је дизајн опреме и параметри процеса мешања представљају кључне параметре који утичу на ефикасност мешања.

Као материјал за извођење експеримената аутор користи зеолит и кукурузну прекрупку, Хомогеност мешавине је мерена методом Мицротрацер-а и методом обраде фотографије узорака.

Експерименте аутор изводи на статичким миксерима, модификованим пужним транспортерима и на индустријској цилиндричној мешалици.

DEM и CFD симулација процеса мешања у статичким мешалицама аутор у дисартације омогућава поређење експерименталних и нумеричких података између различитих конфигурација

вишеструких Комах и Ross мешалица. Флуид је третиран као континуум, а чврста фаза се моделује коришћењем методе дискретних елемената (DEM). Постављени модел је решен у два дела, прво се израчунавају брзина и притисак флуида, а затим се израчунавају путање честица грануларног материјала, користећи наредни прорачун. Брзина и притисак ваздуха се израчунавају коришћењем CFD методе (Computational Fluid Dynamics). У DEM прорачуну, прате се интракције честица-честица и честица-зид, а положаји честица се одређују коришћењем другог Њутновог закона кретања. Квалитет процеса мешања се анализира коришћењем критеријума релативна стандардне девијације (RSD).

За модификоване пужне транспортере аутор изводи DEM симулација која подразумева праћење положаја, брзине и убрзања свих честице које су укључене при дефинисању модела и моделовање сваког судара: између појединачних честица и између честица и зид И то за различите типове модификација конструкције пужне завојнице.

У поглављу **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**, аутор је редом размотрио добијене резултате **ЗАКЉУЧЦИ** су веома добро изведени из добијених резултата и њихове дискусије, те се могу сматрати поузданим. У овом раду је анализиран транспорт материја у статичким мешалицама и модификованим пужним транспортерима.

Наведено је да су статичке мешалице уређаји који за процес мешања не користе додатну енергију, већ се процес мешања одвија деловањем силе гравитације. У тези је наведено да ове мешалице хомогенизују материјал користећи разлику притисака или кинетичку и потенцијалну енергија третираних материјала. Аутор наглашава да је због тога од изузетног значаја правилан избор геометрија мешалице, број елемената и брзина кретања радног флуида или зрнастог материјала. Аутор наводи да је потребно одредити оптималну путању честица материјала како би се добио задовољавајући квалитет мешања уз минималне трошкове мешања. У тези је наведено да су унутар статичких мешача постављени одређени геометријски профили који усмеравају кретање честица материјала, чиме се стварају разлике у брзини кретања, а долази и до релативног премештања различитих делова материјала који се креће кроз мешаче. Аутор наводи да су статички мешачи најчешће постављени у уже или шире дугачке вертикалне цеви или велике цилиндричне омотаче који утичу на промену смера протицања и имају облик специјалних геометријских елемената од којих зависи и ефекат мешања. У тези је наглашено да се могу примењивати у широком опсегу операција у индустрији, укључујући дозирање, мешање, дисперзију, ламинарни проток, размену топлоте и формирање емулзија. У овом поглављу аутор наглашава да се процес мешања одвија захваљујући сталном дељењу, ширењу и транспорту компоненти које се мешају. У тези је наглашено да се ови мешачи могу наћи у процесима са једним пролазом, или у процесу са рецикулационом петљом, где се налазе примену као помоћне, или чак као потпуна замена конвенционалних мешалица. Аутор наглашава да се ови мешачи користе и у ламинарном и у турбулентном режиму рада, при чему у материјалу, долази до дељења, премештања, раздвајања, убрзавања, успоравања и рекомбинација различитих делова материјала, било да се ради о флуиду или о чврстом материјалу.

У тези је наведено да се пужни транспортери веома интензивно користе у индустрији за производњу и прераду хране, пластике, минералних сировина, у пољопривредној производњи као и у прерађивачкој индустрији за подизање и/или транспорт расутих материјала на кратким и средњим растојањима. Аутор посебно наглашава у овом поглављу да је упркос њиховој очигледној конструкционој једноставности, сам чин транспорта веома сложен за разумевање и конструктори се често ослањају на искуствене податке при конструисању и изради. Наведено је да су особине пужних транспортера одређене радним условима (као што су: брзина ротације вратила пужа, угао под којим је нагнут пужни транспортер, ниво запреминског пуњења пужа, итд.). Аутор наводи да су пужни транспортери са извесним геометријским модификацијама (уградњом додатних елемената различитих геометријских решења), могу служити поред основне функције транспорта и као помоћне мешалице.

Применена је Метода дискретних елемената, као нумеричка метода која се користи за предвиђање кретања и судара између честица материјала приликом транспорта. Аутор успева да коришћењем ове нумеричке методе, прати и моделира сваку честицу, као и све сударе између

честица међусобно, и између честица и зидова. У тези је наведено да се честице могу преклапати, а степен преклапања се користи при математичком моделовању сагласно са законом контактне силе за одређивање тренутне позиције, оријентације и брзине честице. Аутор је користио линеарни модел опруга-пригушивач.

У поглављу **ЛИТЕРАТУРА**, кандидат је навео 162 литературна навода (референци) искоришћених приликом писања ове дисертације, а који су на адекватан начин цитирани. Избор референци је актуелан (већина је новијег датума) и примерен тематици која је проучавана

#### **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

1. Аса Јовановић, Лато Пецо, Санја Станојловић, Ненад Косанић, Лјубинко Левић, Discrete element modelling of screw conveyor-mixers, *Hemijska industrija*, 2014, doi/0367-598X  
<http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0367-598X/2014%20OnLine-First/0367-598X1400026J.pdf>
2. Аса Јовановић, Миллада Пецо, Лато Пецо, Лјубинко Левић, DEM/CFD analysis of granular flow in static mixers, *Powder Technology* 266 (2014) 240–248  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2014.06.032>

#### **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

У оквиру докторске дисертације је испитивана хомогеност мешавина, како експерименталним путем, тако и применом DEM (Discrete Element Method) нумеричке симулације. Математичким моделовањем и нумеричким симулацијама је испитиван процес кретања честица при транспорту у статичким мешалицама и модификованим пужним транспортерима. Коришћене су две врсте материјала: грануле зеолита и млевена кукурузна прекрупа. Анализа је спроведена за два типа статичких мешалица, која су најзаступљенија у индустрији, Росс и Комах и за модификоване пужне транспортере. Класични CFD (Computational Fluid Dynamics) модели, засновани на Еулеровом и Лагрангиевом принципу дају само делимичне информације о процесима који се одвијају током процеса мешања. Зато се све више примењује DEM (Discrete Element Method), јер се на основу њега добијају поуздане информације о положају, оријентацији и брзини честица, као и о међусобној интеракцији између честица, као и интеракцији између честица и зида. Спрегнути DEM/CFD је најкомплекснији, али и најпоузданији, нарочито у случајевима када флуид има значајан утицај на процес мешања. Спрегнути DEM/CFD приступ за статичке мешалице је у овом раду коришћен за истраживање протока флуида и праћење тока зрнастих честица. У DEM анализи, праћене су интеракције, честица-честица и честица-зид, а интеграције по времену су вршене коришћењем другог Њутновог закона кретања. CFD анализа је коришћена за описивање поља брзина и притисака флуида коришћењем модела мешавине. Праћене су трајекторије честица, а одређиване су и позиције честица током мешања у циљу процене квалитета процеса мешања. Усвојен је критеријум за одређивање квалитета мешања, под називом релативна стандардна девијација RSD.

При CFD и DEM анализи је коришћена тродимензионална мрежа на основу 3Д модела, који верно одговара стварном геометријском моделу. Повећањем броја честица, које се мешају повећава се време израчунавања, тј. трајање саме симулације процеса кретања истих у задатим граничним условима (дефинисаним 3Д моделом). Употреба DEM симулације је рачунарски изузетно захтевна и ограничена је конфигурацијом рачунара. Одређивање контакта је временски најзахтевнији задатак, као и рачунарски најдужа операција и директно зависи од карактеристика рачунара на којој се симулација ради.

На основу математичког моделовања су оптимизовани параметри мешања у статичкој мешалици. Циљ ове студије је да се предвиди понашање грануламог материјала у различитим конфигурацијама мешалица и да оптимизује параметре процеса узимајући у обзир цену финалног производа мешања, трајање процеса мешања и квалитет мешавине.

Индустријска примена статичких мешалица је могућа као предмешача. Уградња статичке

мешалица је просторно могућа као веза између ваге за компоненте и главне мешалице. Оптимизација је урађена за два типа статичке мешалице, Росс и Комах и за модификовани пужни транспортер. Показано је да су Комах елементи применљивији, јер дају боље резултате у процесу мешања, у односу на Росс, посебно када је висина инсталације мала. Међутим, употреба Росс је финансијски прихватљивија, због једноставније геометрије.

Додатне преграде са квадратним отворима, која се постављају на излазу из статичке мешалице, користи се да би се умирило кретање гранула на ободу цеви, као и да се смањи сегрегација гранула.

Рађени су експерименти за две различите врсте материјала: зеолит и самлевена кукурузна прекрупа. Примећено је да је:

- Време кретања зеолита кроз мешалице је знатно мање него при кретању са самлевоном кукурузном прекрупом. Кукурузна прекрупа која је коришћена у експерименту је самлевена на млину чекићару са ситом од 3 мм имао је измерену влагу око 9,8 % што је исти случај и са зеолитом који је коришћен у експерименту. Ове границе су биле у складу са захтевима Правилника о квалитету хране за животиње 4/2010.

- Честице зеолита се брзо мешају у првом делу, и достиже се степен мешања од 20-27% на излазу. Елементи за мешање типа Комах показују боље резултате мешања у овом одељку (20-22%, за DEM / CFD симулацију, као и за експерименталне резултате) у односу на Росс (24-27%).

- Овакав исход је био за очекивање због геометријски закривљених површина. Комах елементи за мешање био је ефикаснији и након другог и трећег сегмента, постигавши квалитет мешања од 6-8% и 4-5% на излазу, док је квалитет мешања за Росс конфигурације био свега 11-13% и 5-6% на излазу..

- Мали, али стабилан пад у квалитету мешање се примећује и за Комах и Рос мешалице на DEM / CFD симулацији . До овога долази услед дејства центрифугалне силе која утиче на кретање гранула које излазе из мешалице. Смањење квалитета мешања је још очигледније у Комах конфигурацији, због специфичне геометрије ових елемената за мешање.

- Употребом преграде са квадратним отворима омогућава се да квалитет мешања остане сталан након што грануле напусте трећи елемент за мешање.

- Угао насипања кукурузне прекрупе самлевоног на млину чекићару са ситом од 3мм је 39°, док је та вредност за зеолит 23°.

- У експерименту је уочено да је проточност зеолита знатно боља него у случају кукурузне прекрупе самлевоног на млину чекићару са ситом од 3мм.

- Због слабе течљивости кукурузне прекрупе самлевоног на млину чекићару са ситом од 3мм долазило је до засводњавања материјала у статичкој мешалици типа Комах на којој су и извршени експерименти. Да би се материјал гравитационо кретао кроз мешалицу неопходно је учешће принудне вибрационе силе на ободу мешалице.

- При мешању са кукурузном прекрупом гранулације 3 мм у цилиндричној мешалици, за однос мешања 1:10.000 хомогеност је била (RSD=10,38%), за 30 с, а добра хомогеност (RSD=9,49%), је тек постигнута након 150 с времена мешања.

- При мешању са кукурузном прекрупом гранулације 3 мм кроз статичку мешалицу типа Комах за однос мешања 1:10.000 при једном, три и пет проласка кроз исти, постигнута је хомогеност која није задовољавајућа (RSD=22,69%).

- При мешању у цилиндричној мешалици са кукурузном прекрупом гранулације 3 мм, који је преузет из експеримента након проласка кроз статичку мешалицу типа Комах након (пет пролазака) постигнута је одговарајућа хомогеност (RSD=6,55%), за време мешања од 75 с.

- Експериментом је утврђено да је време мешање мање за 50%, код односа мешања 1:10 000 и гранулације од 3 мм.

- За случај пужних транспортера је коришћен DEM модел, на основу кога су одређивани положај и трајекторије честица, које учествују у мешању.

- Оптимизација процеса мешања је остварена модификовањем постојећег пужног транспортера, тј. додавањем елемената на обод спирале. На основу DEM анализе добијене су информације о положају и брзини честица током читавог процеса мешања, као и облик и дужина трајекторије, коју пређу честице од тренутка уласка у завојницу пужног транспортера до тренутка напуштања завојнице. Математички модел за модификоване пужне транспортере је показао добро слагање са одговарајућим експерименталним резултатима, у односу на квалитет мешања, тј. RSD

критеријум.

- Показано је да је процес мешања је квалитетнији уколико за исто време транспорта уочене честице пређу дужи пут. Дата је зависност између квалитета мешавине и дужине трајекторије честице у односу на геометрију пужног транспортера. Најдужа путања честице добијена у DEM симулацији је код модификованог пужног транспортера са три додатне праволинијске лопатице, што је износило више од пет пута у односу на пуж са константним кораком завојнице.
- Променом конструкције мешалице додавањем помоћних елемената или променом димензија или геометрије мешалице и применом нумеричке симулације могуће је утицати на побољшање процеса мешања.
- Путања грануле зеолита се драстично повећава уградњом три додатне завојне површине усмерене у исом правцу као и пужна спирала (1458,2 мм, у поређењу са 397,6 мм у случају пужног транспортера са једном спиралом).
- Скраћивањем додатних завојница, које су усмерене у истом смеру као и пужна спирала, унеколико се смањује путања честице, на дужину од 1728,8 мм (услед прекидања завојнице на средини пужног транспортера).
- Путања честице се продужава на 1764,4 мм, када се уграде додатне завојне површине које су усмерене у супротном правцу од правца пужне спирале.
- Уградњом три додатна праволинијске летве, добијена је најдужа путања честице: 2061,6 мм,
- Комбинованим DEM/CFD приступом омогућава се оптимизација геометрије мешалице, било статичке, било модификованог пужног транспортера, али и друге процесне опреме коришћењем нумеричке симулације и моделовања на рачунару, чиме се значајно олакшава сагледавање нових конструкционих решења. Овим приступом је могуће анализирати нове конструкције опреме без њихове претходне израде и експерименталних процедура, чиме се значајно смањује време од идеје до пробне серије, а тиме се смањује и цена развоја опреме.

<p><b>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА</b></p> <p>Кандидат Мр Аца Јовановић, дипл. маш. инж, је успешно и у целости обавила истраживања која су била предвиђена планом датим у пријави ове дисертације.</p>
<p><b>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p>Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме Дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе Дисертација садржи све неопходне елементе за разумевање обрађене теме и добијених резултата. Написан је обиман, монографски преглед литературе, комплексни експерименти су изведени на адекватан начин, примењен је велики број метода, а међу њима и најсавременије аналитичке технике. Резултати приказани у дисертацији су интерпретирани у складу са обимним теоријским предзнањем, те на одговарајући начин доведени у корелацију са варираним процесним параметрима.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци Дисертација је урађена на научно коректан и стручан начин, тема је актуелна, а добијени резултати и изведени закључци представљају јасан допринос науци на фундаменталан и практичан начин.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Недостаци дисертације нису уочени.</p>
<p><b>X ПРЕДЛОГ:</b></p> <p>На основу укупне оцене дисертације поднасловом <b>Симулација процеса кретања честица при транспорту у статичким мешалицама и модификованим пужним транспортерима применом методе дискретних елемената,</b> комисија предлаже да се докторска дисертација прихвати, а да се кандидат <b>Аца Јовановић,</b> дипл. маш. инж, позове на јавну одбрану.</p>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

\_\_\_\_\_

**Др Оскар Бера, доцент**

\_\_\_\_\_

**Др Љубинко Левић, редовни професор**

\_\_\_\_\_

**Др Иван Павков, доцент**

\_\_\_\_\_

**Др Милада Пезо, научни сарадник**