

Хеуристичка правила за процесну опрему

Никола Стојковић, Никола Будимир, Марко Јарић, Бранислав Јаћимовић, Србислав Генић

Хеуристика (ст. грч. хеуриско нађем, пронађем) је вештина и наука о методима у проналажењу нових, нарочито научних чињеница и сазнања. Често се појам хеуристике користи за опис стратегија за доношење одлука, базираних на лако доступним информацијама ради решавања проблема у различитим областима људског понашања. Опште је познат Архимедов узвик хеурека (ст. грч. нашао сам) када је при купању открио основни закон хидростатике. Хеурека је радостан узвик када се реши неко тешко питање, направи откриће, итд.

У техници хеуристика представља метод решавања проблема на основу искуства. У основи хеуристике је проналажење довољно доброг решења за кратко време и уз коришћење ограничених ресурса. У инжењерској пракси примена овог метода укључује коришћење „препоруча“, „оријентационих вредности“ и публикованих искустава, уз доношење интуитивних одлука, базираних на „здравом разуму“.

Недостатак овог приступа је да не укључује детаљни прилаз проблему, већ се углавном бави проучавањем последица решених сличних проблема. Нпр. ако је на више примера уочено да је пад притиска у цевоводу завиштан од квадрата брзине струјања течности (што је тачно само за хидраулички глатке цеви), усваја се ова констатација као важећа и за било који проблем који треба да се реши, без укључивања параметара као што су Рејнолдсов број, храпавост цевовода, итд.

У овом раду су представљене основне смернице и препоруке које се односе на решавање инжењерских проблема у оквиру процесне индустрије. Оне су груписане према области и могућности примене.

Струјање флуида

- Вентилатори су струјне машине које се користе за умерено повишење притиска гаса (до 3%). Уколико је потребно повисити притисак радног флуида за $0,03 \div 2,75 \text{ bar}$ употребљавају се дуваљке, а за још веће повишење притиска користе се компресори.
- Политропске ефикасности компресора у зависности од типа су:
 - 76÷78% - за центрифугалне компресоре,
 - ≈70% - за ротационе компресоре, и
 - ≈50% - за компресоре са течним прстеном.
- „Jack’s cube rule“ приказан у [1] се односи на струјање течности у процесним и енергетским системима и формулисан је помоћу две једначине које гласе
 - за цевоводе пречника DN 65 и веће

$$\dot{V} = 4,62 \cdot (d + 0,0508)^3 \quad (1)$$
 - за цевоводе пречника DN 50 и мање

$$\dot{V} = 75,8 \cdot d \cdot (d + 0,0508)^3 \quad (2)$$

- Симпсон [2] је дао вредности за максималне брзине струјања (w , m/s) на основу густине флуида (ρ , kg/m³). На основу тих података може се формирати интерполациона једначина:

$$w = -17,11 + 11,64 \cdot \exp(\rho^{-0,09}) \quad (3)$$

- Стварна брзина мора бити мања од вредности добијених једначином (3), јер при већим брзинама може доћи до појаве ерозије на цевоводу или на другим елементима опреме. За гасове и паре брзина не сме прелазити брзину звука и обично је ограничена на 30% од вредности критичне брзине.
- У [3] и [4] дате су сличне једначине за процену брзине струјања флуида, а у [4] и прихватљиве вредности јединичног пада притиска, како је приказано у табели 1.

Табела 1.

Литература	[3]	[4]	
Радни медијум и тип транспорта	w , m/s	$\Delta p/L$, Pa/m	
Потисни цевовод иза пумпе	$6 \cdot d_v + 1,2$	$4 \cdot d_v + 1,5$	450
Усисни цевовод испред пумпе	$2 \cdot d_v + 0,4$	$2 \cdot d_v + 0,4$	90
Водена пара и гасови	$200 \cdot d_v$	60	110

- Регулациони вентили у систему аутоматског управљања функционишу најбоље ако пад притиска при струјању флуида кроз њих износи најмање 0,7bar.
- Једноstepним центрифугалним пумпама се могу остварити протоци флуида до 1150 m³/h, док се вишестепенним могу остварити протоци до 2500 m³/h.

Транспорт чврстих материјала

Завојни транспортери (преносни пужеви)

- Примењују се за транспорт ситнозрнастих материјала, а изузетно (уређаји специјалних конструкција) и за пренос комадастог материјала. Материјал који се транспортује може да буде и тестаст под условом да се не лепи о зидове транспортера и по површини завојнице. Поред тога, ови уређаји се примењују и као уређаји који обављају поједине технолошке операције (мешање, екструдовање).
- Уобичајени угао нагиба транспортера износи 20°÷30°.
- Користи се за транспорт материјала најчешће на удаљености 5÷10 m (максимално до 45 m).
- Код транспортера пречника 0,3m могуће је транспортовати до 85 m³/h материјала при уобичајеном броју обртаја од 60 o/min.
- Потрошња енергије потребне за транспорт

материјала је релативно мала.

- Специфична снага се креће у границама

$$N_{\text{spec}} = 1/75 \div 1/200 \text{ (kW/m)/(t/h)}$$

Кочичасти елеватори

- Погодни су за транспорт ситнозрнастог и комадастог материјала у вертикалном или косом правцу (под углом $60^\circ \div 70^\circ$).
- Кофице за ситан материјал имају запремину од $1 \div 3 \text{ dm}^3$, а за крупан материјал $15 \div 100 \text{ dm}^3$.
- Уобичајена брзина транспорта износи $0,5 \div 1,5 \text{ m/s}$, висина транспорта до 50 m (понекад и више).

- Специфична снага се креће у границама

$$N_{\text{spec}} = 1/75 \div 1/150 \text{ (kW/m)/(t/h)}$$

- Максимални капацитет транспорта који се може остварити употребом кофа димензија $500 \times 500 \text{ mm}$ износи $28,3 \text{ m}^3/\text{h}$.

Тракасти транспортери

- Угао нагиба под којим се врши транспорт материјала треба да је за 10° мањи од угла унутрашњег трења (клизања) материјала који се транспортује, у противном би долазило до проклизавања материјала.
- Ширина траке треба да је $2 \div 2,4$ пута већа од димензија највећих комада и да је $4 \div 5$ пута већа од средње димензије комада.
- Капацитети тракастих транспортере за расипне материјале могу износити и неколико стотина тона на час, а у специјалним случајевима и до 1000 t/h . Дужина тракастог транспортера може бити и већа од 500 m , а ограничена је јачином транспортне траке.
- Повећањем угла нагиба бочних ваљака, који дају олучаст профил траци, повећава се капацитет транспортера и до 25% .
- Нормални експлоатациони услови за транспортне траке су $-15 \div 60^\circ \text{C}$, а израђују се и специјалне траке за екстремно ниске (-45°C) и високе (100°C) температуре.
- Потрошња енергије потребне за транспорт материјала је релативно велика.
- Брзина траке је обично $1 \div 2 \text{ m/s}$, а код неких транспортера и до 5 m/s . Брзине траке мање од $0,75 \text{ m/s}$ у начелу се не препоручују, изузев за транспорт комадастог материјала.
- Специфична снага се креће у границама

$$N_{\text{spec}} = 1/220 \div 1/360 \text{ (kW/m)/(t/h)}$$

Уградња кугличних лежајева на ваљке и доброше доприноси уштеди енергије и до 40% . Ако трака обавља транспорт под одређеним нагибом, тада се обично рачуна са повећањем снаге од $0,003 \text{ kW}$ за сваку метартону по часу.

Пнеуматски транспортери

- Омогућавају велике капацитете транспорта (до 300 t/h).
- Дужина вода кроз који се материјал транспортује на овај начин може да буде и до једног километра (најчешће до 400 m), а висина дизања $25 \div 50 \text{ m}$. При овоме је могућа комбинација и хоризонталног и вертикалног транспорта. Пречници транспортних цеви износе $40 \div 300 \text{ mm}$.

- Омогућују транспорт материјала на више места истовремено.
- Могућност рада у вакуму или при ниским притисцима.
- Брзина транспорта материјала износи $10 \div 30 \text{ m/s}$.
- Количина ваздуха потребна за пренос материјала зависи од његове густине, дужине пута преношења, висине дизања итд., а креће се од $3 \div 6 \text{ m}^3$ ваздуха по килограму материјала.
- Пнеуматски транспортери захтевају $5 \div 10$ пута већу снагу од раније наведених; специфична снага износи

$$N_{\text{spec}} = 1/10 \div 1/12 \text{ (kW/m)/(t/h)}$$

Куле за хлађење

- Максимално засићење ваздуха на излазу може бити веће од 90% .
- Најчешће се проток воде кроз кулу (густина орошавања, проток воде сведен на пуни попречни пресек апарата) креће у границама од $0,7 \div 3,5 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{s)}$, а масена брзина ваздуха (такође сведена на пуни попречни пресек апарата) $1,6 \div 2,8 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{s)}$.
- Вода се може охладити до температуре која је за $2,5 \div 5^\circ \text{C}$ виша од температуре околног ваздуха по влажном термометру.

Посуде под притиском

- Посуда под притиском је затворена посуда намењена задржавању гасова или течности на притиску различитом од атмосферског.
- Ако су у питању посуде под притиском прорачунски притисак и температура се бирају на следећи начин:
 - прорачунска температура се усваја према табели 2.
 - прорачунски притисак се усваја према једначини (у питању су надпритисци)

$$p_{\text{pror}} = \begin{cases} 3,5 \text{ bar} & 70 \text{ } p_{\text{rad}} = -1 \div 2,5 \text{ bar} \\ 0,9 + 1,05 \cdot p_{\text{rad}} & 70 \text{ } p_{\text{rad}} > 2,5 \text{ bar} \end{cases}$$

Табела 2.

Максимална температура, °C		Минимална температура, °C	
Радна	Прорачунска	Радна	Прорачунска
амбијентална \div 100	120	$-10 \div$ амбијентална	радна -5
$100 \div 200$	радна $+20$	$-10 \div -25$	радна -10
$200 \div 300$	радна $+25$	$-25 \div -60$	радна -5
виша од 300	радна $+30$	нижа од -60	радна

- Коefицијент ваљаности завареног споја износи:
 - 1 ако се сви спојеви испитују,
 - 0,85 ако се испитују делимично,
 - 0,7 ако се спојеви не испитују.
- Додатак на корозију се усваја:
 - 0 mm за случај када се бира потпуно резистентан материјал,
 - $1 \div 2 \text{ mm}$ када се зна да има корозије, али када није знатна,

- $3 \div 4$ mm када се корозија развија али посуда неће бити чишћена,
- до 10 mm за веома изражену корозију.
- Минималне дебљине зида посуде у зависности од њеног пречника дате су у табели 3.

Табела 3.

Пречник посуде, mm	Минимална дебљина зида, mm
до 1000	$5 \div 9$
1000 \div 1800	$7 \div 11$
1800 \div 3300	$8 \div 12$

Размењивачи топлоте, хладњази

- Код добошастих размењивача топлоте уобичајено је да кроз цеви струји прљавији, агресивнији флуид, флуид вишег притиска, док се кроз међуцевни простор препоручује да струји флуид који се кондензује или флуид који има велику вискозност.
- Површина за размену топлоте се креће и до 5000m^2 (дужина апарата до 12m, а пречник до 3m), а захваљујући чврстоћи конструкције могу се користити како за рад при високим притисцима, тако и за рад под вакумом.
- Уобичајени дијаметар пречника цеви које се користе за израду цевног снопа се креће у границама $\text{Ø}6 \div 50\text{mm}$, мада има случајева када пречник цеви може бити и 2,5mm, али и до 100mm.
- Уколико нема других ограничења најчешће се користе цеви $\text{Ø}18 \div 25\text{mm}$, јер примена ових цеви у већини случајева обезбеђује довољну компактну конструкцију и могућност механичког чишћења цевног снопа, а самим тим и јефтинији размењивач топлоте.
- Дужина цевног снопа треба да буде прилагођена стандардним дужинама цеви које испоручују произвођачи цеви (6m, 12m, итд.) да би се снизила цена апарата.
- При хлађењу флуида на температуре испод -60°C препоручљиво је да се хлађење одвија у више етапа.

Складишни резервоари

- Танкови за течност имају одређен гасни простор изнад максималног нивоа (обично 35% за запремине до 2m^3 и 10% за веће запремине).
- Уобичајена пракса за складишне резервоаре за течност је следећа:
 - за запремине мање од 4m^3 користи се вертикални танк са ногама,
 - за запремине у грабницама $4 \div 40\text{m}^3$ користи се хоризонтални танк постављен на бетонску подлогу,
 - за запремине веће од 40m^3 користи се вертикални танк постављен на бетонску подлогу.

- Течности склоне испаравању складиште се у резервоарима са покретним (пливајућим) кровом у циљу спречавања њихог губитка.
- Резервоари сировина се обично димензионишу тако да могу да приме 30-одневно залиху.
- Резервоари у које се истаче флуид из мобилног средства (ауто-цистерна, вагон-цистерна) треба да имају запремину већу за 50% у односу на цистерну из које се улива.
- Велики атмосферски челични танкови се могу постављати на основу од око 1,5 m песка, шљунка или уситњеног камена, ако земљиште испод танка може да поднесе притисак без улегања. Порозна основа омогућава дренажу у случају цурења. Подаци о носивости земљишта дати су у табели 4.

Табела 4.

Тип земљишта	Притисак, kPa
Мека глина (уситњава се рукама)	100
Суви ситни песок	200
Суви ситни песок помешан са глином	300
Крупни песок	300
Сува и тврда глина	350
Шљунак	400
Камен	$1000 \div 4000$

Сепаратори

- Раздвајање течних фаза најчешће се врши у хоризонталним сепараторима.
- Раздвајање мешавина гаса и течности се врши у вертикалним сепараторима.
- Иако се однос дужине и пречника $L/D=3$ сматрају оптималним, у пракси овај однос варира у границама $2,5 \div 5$.
- за спречавање појаве узношења капљица из сепаратора користе се одвајачи капи чија висина износи $100 \div 300\text{mm}$, а они постижу ефикасност издвајања од 99%. Најчешће се користе одвајачи капи дебљине 150mm.

Реактори

- Уобичајено је да висина течности у реактору са мешалицом буде приближно једнака његовом пречнику.
- Главне карактеристике реакција шаржног типа су:
 - дневна стопа производње је релативно мала,
 - времена одвијања реакција су релативно дуга,
 - процесни параметри (нпр. протоци или температуре) најчешће се мењају с временом, тј. у зависности од начина одвијања хемијске реакције.
- Цевни реактори се користе за реакције које се брзо одвијају (чије је време трајања изражено у секундама или минутима), за реакције где се морају остварити велики протоци радних медијума и за реакције које

захтевају довођење или одвођење великих количина топлоте. Ови реактори се најчешће примењују за процесе крековања угљоводоника, превођење ваздуха у NO једињења и оксидацију NO у NO₂...

Дестилација

- Уопштено, дестилација је један од најекономичнијих метода за сепарацију течних фаза (нпр. исплативија је од кристализације или течне екстракције).
- Опште позната дефиниција релативне испарљивости (релативна испарљивост је однос притиска засићења пара чистих компоненти мешавине за задату температуру $\alpha = p_A^o / p_B^o$) може се користити само у случају мешавина које се понашају као идеалне мешавине.
- Ако се за посматрани систем може претпоставити да је двокомпонентан, тада је одређивање броја теоријских степени контакта најпогодније извршити методом МекКејба и Тила (McCabe-Thiele).
- За већину дестилационих процеса оптимална вредност рефлуксног односа је за 20% већа од минималне вредности рефлуксног односа ($R = 1,2 \cdot R_{min}$).
- Број стварних степени контакта у дестилационој колони најчешће је два пута већи од минималног броја степени контакта ($E_K \approx 50\%$).
- Пумпе за рефлукс би требало да буду предимензионисане за 25%.
- Са становишта одржавања, пожељно је да растојање између подова буде 500÷600mm.
- Пад притиска по једном поду најчешће износи око 600÷800Pa.
- При сепарацији лаких угљоводоника и водених раствора, ефикасности подова по Марфрију (Murphree efficiency) су обично од 60÷90% у колони за јачање и 10÷20% у колони за исцрпљивање.
- Пречници отвора ситастих подова су најчешће димензија 4÷12mm, а укупна површина свих отвора чини око 5÷15% активне површине пода.
- Пречници отвора вентилских подова су димензија око 40 mm. Сваки је опремљен подизном капом којих има између 130÷150 по 1m² активне површине пода.
- Висина преливника најчешће износи око 50 mm, при чему је њена дужина око 75% пречника колоне. Максималано оптерећење пода по течности износи око 20 l/(s·m).
- За колоне пречника мањег од 0,9m погодније је користити испуну уместо подова.
- Већина резервоара за рефлукс је постављено хоризонтално, испуњени су до пола и задржавају течност у просеку 5min.
- Однос висине и пречника колоне би требало да буде мањи од 30. Поред тога, висина колоне не би требало да буде већа од 50m због утицаја ветра, сеизмичких поремећаја и других конструктивних захтева.

Течна екстракција

- За процес сепарације који захтева релативно мали број степени контакта (5÷10) погодније је користити екстракторе са испуном, осим ако површински напон течности не прелази 0,01N/m.
- Ситасти подови обично имају отворе пречника 3÷8mm. Да би се избегло формирање прекомерно малих капи, брзине струјања кроз отворе би требало да буду испод 0,25m/s. Уобичајена растојања између подова су од 150÷600 mm, а ефикасности подова су у распону 20÷30%.

Кристализација

- Да би се добили кристали доброг квалитета сам процес кристализације је потребно остваривати при малом степену пресићења раствора, при чему време раста кристала обично варира у дијапазону 1÷3 h при контролисаној нуклеацији.
- Начин остваривања процеса кристализације зависи од промене растворљивости са температуром. Уколико се растворљивост знатно мења са температуром потребно је остваривати кристализацију са хлађењем двофазне мешавине, а уколико се она незнатно мења са температуром, онда се углавном користи евапоративна кристализација.
- За већину производа хемијске индустрије сматра се да се задовољавајући квалитет кристала постиже при величини зрна у границама 0,15÷1,5 mm.
- Континуална кристализација се остварује у апаратима проточног типа. Сматра се да минимална продукција кристалне супстанције у овом случају не треба да буде мања од 40÷200kg/h.
- Ради обезбеђивања контролисане нуклеације препоручује се чишћење постројења после непрекидног радног периода од 200÷2000h, у зависности од врсте постројења и раствора који се у њему третира.

Филтрација

- Брзина филтрације се дефинише као дебљина формираног талоба на лабораторијском филтеру у јединици времена. У зависности од брзине којом се остварују, процеси филтрације се деле на:
 - филтрација која се брзо одвија (1÷100 mm/s),
 - филтрација која се одвија умереном брзином (1÷100mm/min),
 - филтрација која се споро одвија (1÷100mm/h).
- Избор методе филтрације зависи од тога шта је потребно издвојити као крајњи производ (чврсту или течну фазу). Ако је потребно издвојити пречишћену течну фазу користе се филтер-пресе, пешчани филтери итд., а ако је потребно издвојити чврсту фазу примењују се ротациони вакуум филтери.

Сушење чврстог материјала

- У континуалним сушарама у којима се суше грануле

димензија $3 \div 15$ mm процес може да се одвија у временском опсегу од $10 \div 200$ min.

- Код добошастих сушара које обрађују пасте и кашасте материјале време контакта материјала и агенса сушења најчешће износи $3 \div 12$ s. Интензитет испаравања износи $15 \div 30$ kg/(m²·h). Пречници добоша се крећу у распону од $0,45 \div 1,5$ m. Брзина ротације сушаре (добоша) износи $2 \div 10$ o/min. Реално остварљиви капацитети за сушење износе 1300 kg/h.
- Сушење материјала у флуидизованом слоју најбоље је примењивати при сушењу честица малих димензија ($0,1 \div 1$ mm), мада се у последње време користе и за сушење честица чије димензије не прелазе 4 mm. Пожељна брзина струјања гаса је двоструко већа од прве критичне брзине флуидизације. Време сушења износи $1 \div 2$ min, мада неки производи (нпр. фармацевтски производи) захтевају много дуже време сушење.
- Код сушара са распршивањем материјала (Spray dryers) сушење се обави за мење од једног минута, с тим да се површинска влага уклања из материјала у првих 5 s. Влажна сировина и агенс сушења најчешће струје истосмерно. Распршивање материјала се врши на притиску од $20 \div 27$ bar. Величине честица могу да износе $0,3 \div 4$ mm.

Табела 5.

Назив ситњења	Пречник комада пре ситњења (mm)	Пречник комада после ситњења (mm)	Степен редукције
Крупно дробљење	$1500 \div 300$	$300 \div 100$	$2 \div 6$
Средње дробљење	$300 \div 100$	$50 \div 100$	$5 \div 10$
Фино дробљење	$50 \div 10$	$10 \div 2$	$10 \div 50$
Млевење	$10 \div 2$	$2 \div 0,075$	100
Фино млевење	$2 \div 0,075$	$0,075 \div 0,0001$	-

Ситњење материјала

- У зависности од степена редукције, ситњење се дели на 5 група, као што је наведено у табели 5.
- Млинови са куглама и ваљчасте дробилице по правилу функционишу у затвореном циклусу, тј. након класификације уситњеног материјала, крупније честице се поново враћају на додатно уситњавање.
- Ваљчасте дробилице могу да се израђују тако да им површина за ситњење буде глатка или зупчаста. Код дробилица са зупчастим ваљцима величине зуба може да износи до 600 mm, а у њима могу да се уситњавају комади пречника до 180 mm. Код дробилица са глатким ваљцима може се остварити степен ситњења 4 . Брзине ротација су обично $50 \div 900$ o/min.

- Дробилице са чекићима се користе за формирање посебно малих честица. Материјал се дроби услед удара чекића чија обимна брзина износи ($30 \div 55$ m/s). При томе код већих дробилица остварују се бројеви обраћаја ротора до 900 o/min, док се код мањих може остварити до 16000 o/min.
- У добошастим млиновима материјал може да се меље под дејством мељућих тела или самомлевењем. У овим млиновима комади материјала димензија $2 \div 50$ mm се уситњавају до честица димензија $0,075 \div 2$ mm. Степен ситњења износи $8 \div 65$, мада се може остварити и степен ситњења 300 .
- За фино млевење користе се млинови са куглама или шљунком. Они су посебно заступљени у хемијској и керамичкој индустрији. Уколико је потребно да самлевени материјал не садржи металне примесе које настају услед хабања кугли, уместо кугли користи се кварцни шљунак.
- Код чељусних дробилица улазни материјал је пречника мањег од 100 mm, при чему чељуст на материјал који се ситни најчешће делује $8 \div 10$ пута док се он довољно не уситни и одстрани из дробилице.

Мешање течности

- Пропелерске мешалице се користе за рада са течностима умерене вискозности (уобичајени опсег $0,001 \div 10$ Pa·s). Оне се уграђују у апарате пречника $D_u < 1800$ mm, при чему је уобичајено да однос пречника апарата и пречника мешалице (d_m , m) износи $D_u/d_m = 2 \div 10$, а најчешће је $D_u/d_m < 5$. Број обртаја мешалице се креће у границама $n = 1150 \div 1750$ o/min, у случају када се остварује директна веза између електромотора и вратила мешалице помоћу круте спојнице, а када се веза остварује преко редуктора број обртаја је $n = 350 \div 420$ o/min.
- Турбинске мешалице са правим или закривљеним лопатицама на диску и са закошеним правим лопатицама се обично користе за течности мање вискозности (уобичајени опсег $0,001 \div 10$ Pa·s), а турбинске мешалице са перајама за течности веће вискозности (уобичајени опсег $0,1 \div 20$ Pa·s). Мешалице са перајама најчешће имају $2, 3, 4$ или 6 пераја. Однос пречника апарата и мешалице обично износи $D_u/d_m = 1,4 \div 2,5$. Опсег броја обртаја износи $n = 50 \div 150$ o/min. За остале типове турбинских мешалица однос пречника апарата и пречника мешалице се креће у границама $D_u/d_m = 1,7 \div 5$, а најчешће је $D_u/d_m = 3$. Број лопатица се креће у границама $3 \div 12$, а најчешће је 4 или 6 . Опсег броја обртаја је сличан као код пропелерских.
- Рамске и хеликоидне мешалице се користе за рад са врло вискозним течностима и мешавинама течности и чврсте материје и то углавном за интензификацију процеса преноса топлоте. Број обртаја ових мешалица је у опсегу $n = 15 \div 80$ o/min,



ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ



Elektrovojvodina d.o.o.

НОВИ САД

www.elektrovojvodina.rs

ELEKTROVOJVODINA: POUZDANI ISPORUČILAC NAJČISTIJE ENERGIJE

Na konzumnom području Vojvodine površine 21.506 kvadratnih kilometara Elektrovojvodina danas ima 10.745 trafostanica ukupne instalisane snage 9.062 megavoltapera i 60 trafostanica snage 110/x instalisane snage od 3.106 megavoltapera od kojih je 55 trafostanica sa daljinskim upravljanjem. Raspolože sa 25.400,78 kilometra elektrodistributivnih vodova i niskonaponske mreže. Kvalitetnom električnom energijom Elektrovojvodina trenutno snabdeva blizu 920.000 kupaca.

Godišnja potrošnja iznosi 9.109 gigavat časova,
a vršno opterećenje konzuma je
1.737 megavata.



а уобичајен однос пречника апарата и мешалице $D_u/d_m=1,02\div 1,15$. Рамске мешалице се користе за тачности чија је вискозност $1\div 100$ Pa·s, док се хеликоидне мешалице користе за веома вискозне течности чија је вискозност $10\div 1000$ Pa·s.

Агломерација

- Најчешће коришћене методе за укрупњавање честица су компресија у калупима, истискивање кроз калуп са одсецањем или ломљењем на одређену величину, очвршћавањем материјала насталог топљењем куглица мањих димензија, и агломерација ваљањем или другим облицима укрупњавања без везивних агенаса.
- Однос дужине и пречника за ротирајуће добошасте гранулаторе обично износи $2\div 3$, са бројем обрта од $10\div 20$ o/min. Величина произведених гранула зависи делимично од брзине ротирања, времена задржавања материјала, и количине везивног средства. Пречник добијених гранула је обично $2\div 5$ mm.
- Уколико је хомогеност производа битна, препоручује се употреба гранулатора са ротационим диском.
- Агломерација у флуидизованом слоју се одвија у слоју дебљине $0,3\div 0,6$ m, при чему су уобичајене брзине ваздуха три до десет пута већа од прве критичне брзине флуидизације и износе $0,1\div 2,5$ m/s.

Литература

- [1] Adams J. N., *Quickly estimate pipe sizing with "Jack's Cube"*, Chemical Engineering Progress, vol. 93, no. 12, pp. 55-59, 1997.
- [2] Simpson L. L., *Sizing piping for process plants*, Chem. Eng. Albany, vol. 75, June 17th, pp. 192-193, 1968.
- [3] Piping Engineering, Tube Turns Inc., Louisville, 1986.
- [4] Walas S. M., *Chemical Progress Equipment – Selection and Design*, Butterworth-Heinemann, Boston, 1990.
- [5] Јаћимовић Б., Генић С., *Топлотне операције и апарати – део I*, Машински факултет, Београд, 2004.
- [6] Генић С., *Оптимизација пречника цевовода*, Инжењерска комора Србије, 2010.
- [7] Durand A. A., *Heuristics Rules for Process Equipment*, Chemical Engineering, October 2006.
- [8] Durand A. A., *Heuristics Rules and Criteria for Equipment Process Design*, Revista Instituto Mexicano de ingenieros Quimicos, 1993.
- [9] Brenan R. C., *Rules Of A Thumb For Chemical Engineers*, third edition, Elsevier 2002.
- [10] Pope J. E., *Rules Of A Thumb For Mechanical Engineers*, Gulf Publishing Company, 1997.
- [11] Perry R. H., Green D., *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, McGraw-Hill, New York, 2008.

Аутори



Никола Стојковић, ПРОЈМЕТАЛ а. д.,
Цвијићева 127, Београд
email: nikolastojkovic76@gmail.com

Дипломирао је на Машинском факултету Универзитета у Београду 2003. на катедри за процесну технику. Стручни испит положио је 2008., а лиценце одговорног пројектанта и одговорног извођача радова стекао је 2009. године. Као запослен у предузећу «Аероаква Инжењеринг» учествовао је у ревизији и техничкој контроли идејног пројекта «Макиш 2», у надзору и изградњи постројења за пречишћавање отпадних вода и производњу бакарног праха «Аква Бор». У оквиру фирме «TRACO» учествује у организацији и руковођењу извођења радова на термотехничким инсталацијама, као и на производњи и монтажи процесне опреме и уређаја. Тренутно је запослен у предузећу «ПРОЈМЕТАЛ» на пројектовању процесних инсталација и опреме.



Марко Јарић, Иновациони центар Машинског факултета Универзитета у Београду д.о.о., Краљице Марије 16, 11000 Београд
email: mjaric@mas.bg.ac.rs
тел: 063/435-779

Дипломирао је на Машинском факултету Универзитета у Београду 2005. на катедри за процесну технику.

Од јула 2006. запослен је у Иновационом центру Машинског факултета Универзитета у Београду, у својству истраживача сарадника. Аудиторне вежбе одржавао је из предмета: Опрема процесних инсталација, Цевоводи и арматура, Конструисање процесне опреме, Апарати и машине у процесној индустрији. Учествовао је на изради више техничких документација, и пројеката које је финансирало Министарство за науку и заштиту животне средине. До сада је објавио 12 радова (часописи са SCI листе, међународни часописи и конгреси, домаћи часописи и конгреси).



Никола Будимир, Иновациони центар Машинског факултета Универзитета у Београду, Краљице Марије 16, Београд
email: nbudimir@mas.bg.ac.rs тел: 064/22-33-727

Дипломирао је на Машинском факултету Универзитета у Београду 2005. на катедри за процесну технику. Од јуна 2006. запослен је у Иновационом центру

Машинског факултета у Београду, у својству истраживача сарадника. Аудиторне вежбе одржавао је из предмета: Механички и хидромеханички апарати и машине, Топлотни и дифузиони апарати, Топлотне операције и апарати. Учествовао је у изради више техничких документација, и пројеката које је финансирало Министарство за науку. До сада је објавио 12 радова. (часописи са SCI листе, међународни часописи и конгреси, домаћи часописи и конгреси).

Аутори



Бранислав М. Јаћимовић, Машински факултет Универзитета у Београду, Краљице Марије 16, тел: 011/330 23 60 e-mail: bjachimovic@mas.bg.ac.rs

Запослен на Машинском факултету Универзитета у Београду од 1979., на Катедри за процесну технику у звању редовног професора. Предаје више предмета на свим нивоима студија. Поред наставе ангажован је на пословима пројектовања процесних и термотехничких постројења, димензионисању, конструисању и испитивању апарата и постројења, на изради студија, експертиза, вештачења, итд. Објавио је преко 130 научних и стручних радова и био учесник у више десетина пројеката и студија финансираних од стране надлежних Министарстава.



Србислав Б. Генић, Машински факултет Универзитета у Београду, Краљице Марије 16, тел: 011330 23 60, факс: 011/337 03 64 e-mail: sgenic@mas.bg.ac.rs

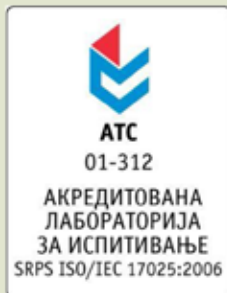
Запослен на Машинском факултету Универзитета у Београду од 1989., на Катедри за процесну технику. Тренутно у звању ванредног професора предаје на свим нивоима студија. Поред наставе ангажован је на пословима пројектовања процесних и термотехничких постројења, димензионисању, конструисању и испитивању апарата и постројења, на изради студија, експертиза, вештачења, итд. Објавио је преко 100 научних и стручних радова и био учесник у више десетина пројеката и студија финансираних од стране надлежних Министарстава.



ИНОВАЦИОНИ
ЦЕНТАР
МАШИНСКОГ
ФАКУЛТЕТА У
БЕОГРАДУ ДОО

INOVACIONI
CENTAR
MAŠINSKOG
FAKULTETA U
BEOGRADU DOO

INOVATION CENTER
FACULTY OF
MECHANICAL ENGINEERING
UNIVERSITY
OF BELGRADE



ЦЕНТАР ЗА КВАЛИТЕТ

ЛАБОРАТОРИЈА ЗА ПРОЦЕСНУ ТЕХНИКУ, ЕНЕРГЕТСКУ ЕФИКАСНОСТ И ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Краљице Марије 16, 11000 Београд

Тел. централа 011-3302200

Руководилац лабораторије Проф. др Александар Петровић 011-3302389

Заменик руководиоца лабораторије Проф. др Србислав Генић 011-3302360

Лабораторија за процесну технику, енергетску ефикасност и заштиту животне средине је акредитована лабораторија за испитивање која послује у оквиру Центра за квалитет Иновационог центра Машинског факултета у Београду. Акредитована лабораторија је као нова организациона структура произашла из искустава стечених испитивањима која су чланови Катедре за процесну технику Машинском факултету у Београду обављали у оквиру научно-истраживачког рада и сарадње са привредним организацијама.

У оквиру Лабораторије ради 11 запослених, првенствено наставника Машинског факултета у Београду, специјализованих у областима процесног инжењерства, енергетске ефикасности и заштите животне средине, за које је Лабораторија акредитована.

Врста испитивања	Испитивач
Стабилне посуде под притиском Котловска подстројења - механичка испитивања Цевоводне арматуре	Проф. др Александар Петровић Проф. др Србислав Генић
Размењивачи топлоте – топлотне перформансе и пад притиска Куле за хлађење воде - топлотне перформансе	Проф. др Бранислав Јаћимовић Проф. др Србислав Генић
Котловска подстројења - термотехничка испитивања Одређивање димног броја при сагоревању уља за ложење Прашкасте материје (масена концентрација) Емисија гасовитих и загађујућих супстанција у ваздух (NO _x , SO ₂ , CO, CO ₂ , O ₂)	Проф. др Мирослав Станојевић Проф. др Горан Јанкес Проф. др Александар Јововић мр Мирјана Стаменић Марко Обрадовић Вук Аџић