

# SEPARACIJA MEŠAVINA GASOVITO – TEČNO - ČVRSTO

**Prof. dr Veselin B. Batalović**  
**Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu**

*Na gasnim ležištima, gas na ustima kanala bušotine, sa sobom nosi velike količine tečne i čvrste frakcije koje, kada uđu u radnu mašinu (kompresor) ili u transportni cevovod, mogu da dovedu do ozbiljnih problema pri transportu. Još složeniji je slučaj sa ležištima nafte gde je sadržaj gasa u fluidu koji se izvlači na površinu veliki. Priprema prirodnog gasa, čišćenjem od tečnih i čvrstih čestica, je bitan preduslov za pouzdan transport od eksploatacionog polja do potrošača. Uklanjanjem čestica tečnog i čvrstog iz struje gasa je proces kojim se postiže pouzdaniji rad, duži radni vek elemenata transportnog sistema, niži troškovi eksploatacije, itd.*

*Za poslove čišćenja gasa koriste se mehanički i sorpcioni postupci. Brojna su tehnička rešenja koja se, sa manje ili više uspeha, koriste za ove poslove.*

*Zadatak ovog rada je da posle prikaza, postojećih postupaka čišćenja, ukaže na mogućnosti primene centrifugalnog separatora, novo tehničko rešenje, na poslovima čišćenja prirodnog gasa. Mada prototip separatora nije projektovan za tretman mešavina gas-tečno-čvrsto autor je, posle malih konstruktivnih izmena, uradio jedan eksperiment rezultati kojeg su mu je ukazali na velike mogućnosti primene ovakvih konstrukcija na poslovima čišćenja gasa.*

*Ključne reči: gas, separacija, mlazna pumpa, separator*

## UVOD

Poreklo čestica, tečnog i čvrstog, u prirodnom gasu je, /26/:

- Iz samog ležišta kada se pri eksploataciji: gasnog, naftnog ili gasno-kondezatnog ležišta sa gasom izvlači i značajna količina nečistoća (pesak, voda, itd.);
- Kondenzacija kada se, zbog promene temperature, u struji gasa formiraju mikrokapljice tečne faze koje gas nosi sa sobom ili vuče po zidovima cevi gasovoda;
- Korozija i erozije materijala cevovoda, kada se u gasovodu formira crni prah, koji se u suvom ili vlažnom stanju vuče po dnu gasovoda ili lebdi u struji gasa.

Čišćenje gasa je imprevitiv pouzdanog rada postrojenja za transport i korišćenje gasa.

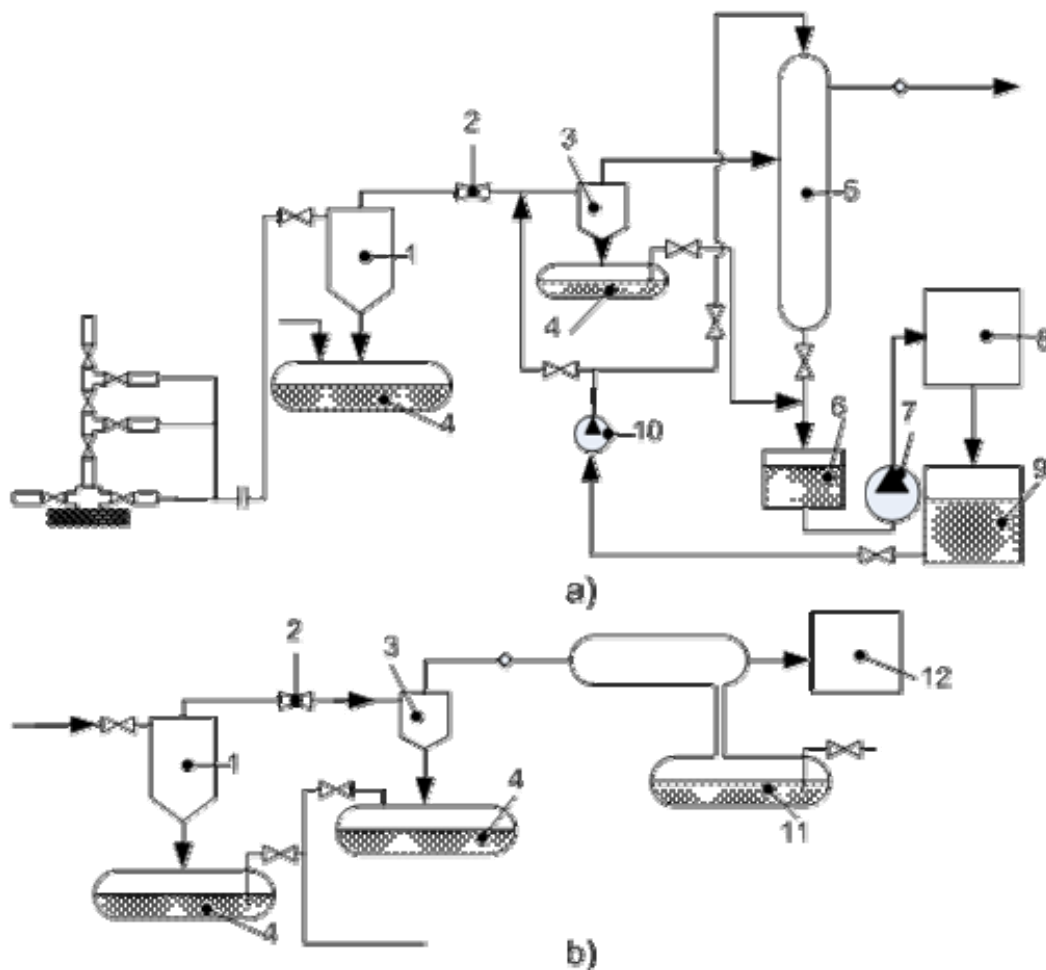
Jedan od ciljeva istraživačkih radova, u ovoj oblasti, je razvoj i uvođenje novih tehnologija i opreme kojom će se obezbediti efikasna i ekonomična priprema gasa za transport i korišćenje.

Kvalitetno i efikasno čišćenje gasa tj. njegova priprema za transport ili skladištenje odvija se primenom fizičko-hemijskih postupaka koji su zasnovani na niskotemperaturnoj separaciji i sorpcionim postupcima. Na eksploatacionim poljima a prema uslovima na ustima gasne bušotine primenjuju se dve sheme pripreme (čišćenja) gasa za transport, /26/:

- Tretman gasa sa visokim pritiskom i niskom temperaturom na ustima gasne bušotine, slika 1-a;
- Tretman gasa sa niskim pritiskom i visokom temperaturom na ustima gasne bušotine, slika 1-b.

Sa navedenih shema vidljivo je da je kvalitetno mehaničko odvajanje (cikloni 1 i 3) preduslov kvalitetnog hemijskog tretmana gasa.

Zadatak ovog rada je da se, posle analize postojećih tehničkih rešenja mehaničke separacije a oslanjajući se na teorijske postavke separacije mešavina gasovito-tečno-čvrsto, ukaže na nedostatke postojećih rešenja i predloži jedno novo rešenje za separaciju trofaznih mešavina.



Slika 1. Tehnološka shema pripreme gasa na gasnom polju

a) Tretman gasa sa visokim pritiskom i niskom temperaturom na ustima gasne bušotine,

b) Tretman gasa sa niskim pritiskom i visokom temperaturom na ustima gasne bušotine,

1. Ciklon primarnog čišćenja, 2. Prigušnik, 3. Ciklon sekundarnog čišćenja, 4. Sabirnik tečne frakcije, 5. Kolona glikola, 6. Sabirnik zasićenog glikola, 7. Pumpa, 8. Regeneracija glikola, 9. Rezervoar čistog glikola, 10. Pumpa, 11. Odvajač vode, 12. Postrojenje za sušenje gasa

## POSTOJEĆE STANJE

Mehanička separacija, zasnovana na razdvajanju čestica čvrstog, tečnog i gasovitog u polju iercionih sila, je dominantan oblik primarnog tretmana prirodnog gasa. Za nas od posebnog interesa su procesi razdvajanja čestica u polju centrifugalnog ubrzanja. Sile koje deluju na materijalnu česticu (slika 2.) su, /6/:



Slika 2. Dejstvjuće sile

Kada se govori o uticajnim veličinama, na proces separacije, izdvajaju se tri grupe karakteristika materijala koji čine mešavinu i toka fluida:

- Gustina, krupnoća i oblik čestica čvrstog;
- Gustina, viskoznost, pritisak i temperature gasa;
- Brzina gasa

Zasnovano na gore navedenim uticajnim veličinama kretanje materijalne čestice, u polju gravitacionog ubrzanja, se može opisati sledećim zakonitostima:

Njutnov zakon, važi za čestice krupnoće  $10 \div 100 \text{ mm}$ ,  $Re > 2 \times 10^5$ , /20/:

$$c_{t_1} = 1,74 \sqrt{\frac{g \cdot d_c \cdot (\rho_c - \rho_o)}{\rho_o}}, \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad C = 0,44 \quad (1)$$

Za čestice krupnoće  $0,1 \div 10 \text{ mm}$ ,  $Re = 5 \times 10^2$  važi zakonitost:

$$c_{t_2} = \left[ 0,072 \cdot \frac{g \cdot d_c^{1,6} \cdot (\rho_c - \rho_o)}{\rho_o \cdot \eta_o^{0,6}} \right]^{0,714}, \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad C = \frac{18,5}{Re^{0,6}} \quad (2)$$

Za čestice krupnoće  $0,001 \div 0,1 \text{ mm}$ ,  $Re < 2$ , važi Stoksov zakon:

$$c_{t_3} = \frac{g \cdot d_c^2 \cdot (\rho_c - \rho_o)}{18 \cdot \eta_o \cdot \rho_o}, \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad C = \frac{24}{Re} \quad (3)$$

U polju centrifugalnog ubrzanja važi, /5/:

$$c_{c_3} = \frac{r \cdot \omega^2 \cdot d_c^2 \cdot (\rho_c - \rho_o)}{18 \cdot \eta_o \cdot \rho_o}, \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (4)$$

Ovakva klasifikacija je validna za čestice krupnoće  $d_c > 0,1 \mu\text{m}$ . Sitnije čestice ulaze u koliziju sa molekulima gasa (Braunovo kretanje) i nije ih moguće, ekonomski prihvatljivim postupcima, mehanički izdvojiti iz gasa.

Definisanje veličine čestica čvrstog je relativno lako, /5/. Definisanje veličine čestica tečne faze je složenije jer one lako menjaju veličinu (srastanjem) i oblik.

Gustina i viskoznost, prirodnog gasa, se lako definišu a tesno su povezane sa temperaturom i pritiskom tj. sa stanjem gasa.

Mogućnost dostizanja velikih brzina  $c_c = G c_g$  gde je  $G$  gravitacioni faktor ( $G = 1000 \div 300.000g$ ) ističe centrifugalnu separaciju u prvi plan za poslove čišćenja prirodnog gasa.

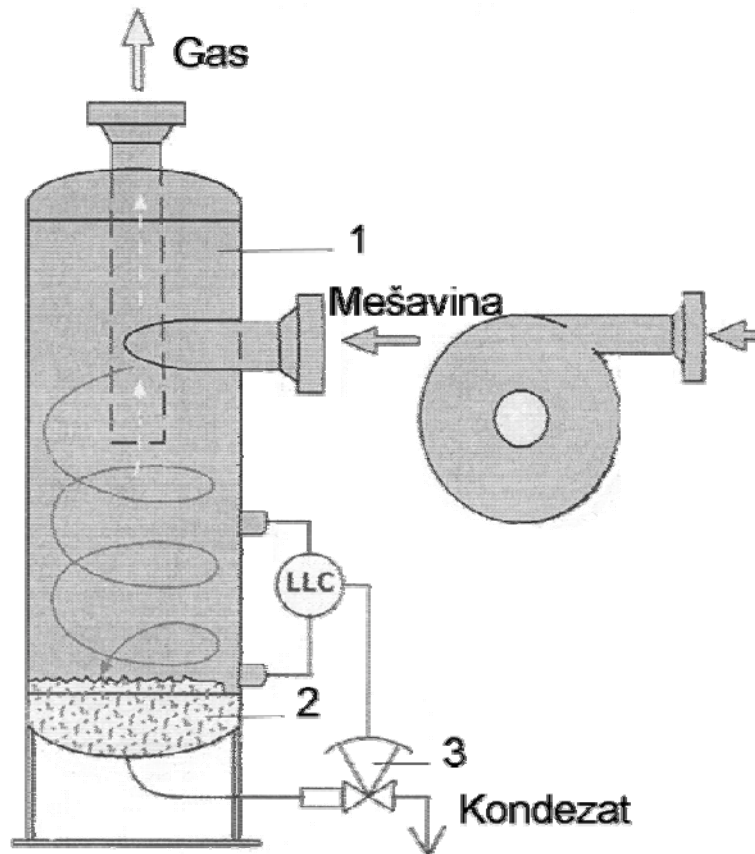
Postrojenja koja se koriste za proces čišćenja gasa, centrifugalnom separacijom, mogu imati stacionarni ili rotirajući radni element.

U grupu postrojenja sa stacionarnim radnim elementom spadaju: cikloni i vrtložne cevi.

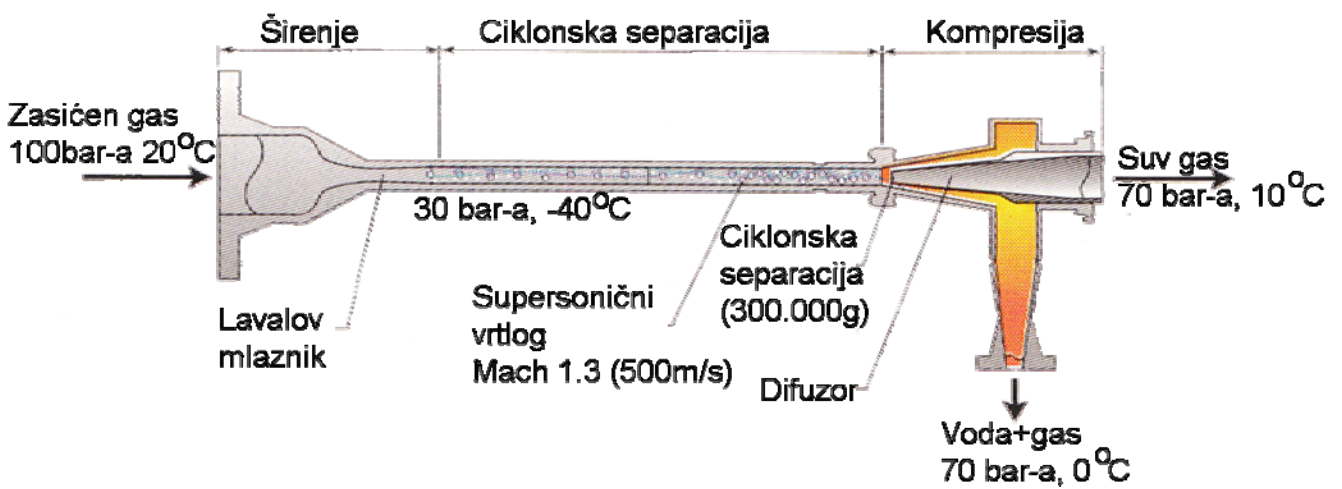
Ciklonski separatori (slika 3.), /8/, se odlikuju prostom konstrukcijom, mogućnostima kvalitetnog odvajanja čvrste i tečne frakcije u jednom ili višestrukom prolazu mešavine, itd.

Temperatura, gasa na ulazu u ciklonski separator, je od vitalnog značaja za kvalitet separacije. Sa temperaturom menja se stanje mešavine, formira se tečna faza, menja se viskoznost što uz brzinu rotacije i vreme zadržavanja mešavine, u separatoru značajno utiče na kvalitet odvajanja.

Vrtložni separatori (slika 4.), /16/, zasnovani na promeni temperature i pritiska u rotirajućem toku gasa (Rankov princip) svojom prostom konstrukcijom i mogućnostima direktne ugradnje u cevovod se nameću kao povoljno rešenje za separaciju gasa.



Slika 3. Ciklonski separator  
Mešavina, 2. Kondezat, 3. Regulacioni ventil

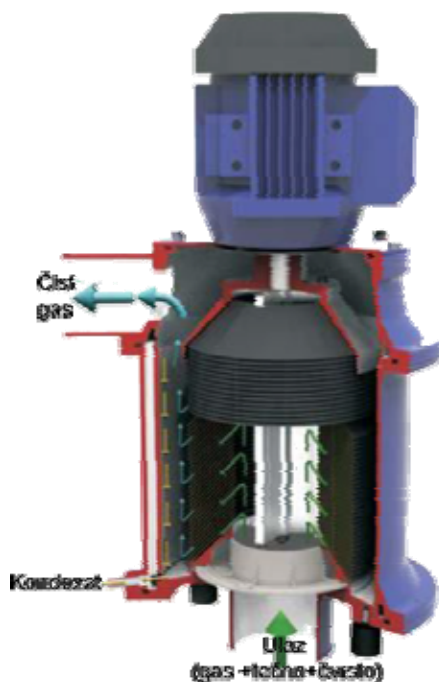


Slika 4. Vrtložni separator, shema

Kretanje gasa u vrtložnoj cevi je složeno: radijalno, tangencijalno i aksijalno,. Pri velikoj razlici pritiska na ulazu ( $p_u$ ) i izlazu ( $p_i$ ) iz vrtložne cevi radijalna i aksijalna komponenta se mogu zanemariti a dominirajuća, tangencijalna komponenta ( $c_t=r\omega$ ), je osnovni izvor sile (centrifugalne) za separaciju u vrtložnim cevima. Pod dejstvom centrifugalne sile pritisak i temperatura gasa rastu od centra ka periferiji rotacije. Trenje, gasa o zid cevi, je dodatni izvor porasta temperature gasa. Posledica ovakvog stanja je da temperatura središnjeg dela struje gasa opada. Razlika u temperature, središnjog i perifernog sloja gasa, je osnovni uzrok separacije kondenzata iz gasa.

Prednosti su prosta konstrukcija a nedostaci nizak stepen korisnog dejstva.

Primeri primene postojećih rešenja, centrifugalnih separatora (slika 5.), /15/, na poslovima tretmana mešavina mikrokapljice ulja-vazduh, mikročestice čvrstog-vazduh, ukazuju na mogućnost da se centrifugalni separatori mogu koristiti i na poslovima tretmana mešavina: prirodni gas-tečno-čvrsto.



Slika 5. Centrifugalni separator, /15/

Za postojeća i već primenjena rešenja, na gore navedenim poslovima, karakteristično je da:

- Imaju visok stepen odvajanja 98-99,5%;
- Održavaju stabilan radni pritisak u sistemu;

- Gas čiste na ekološki prihvatljiv način, bez filtrirajućih elemenata koji se bacaju;

Laki su za eksploataciju i održavanje. Koristeći se postojećim iskustvima na primeni separatora na poslovima čišćenja mešavina: čvrsto-tečno-gasovito a radeći na razvoju prototipa novog tehničkog rešenja, separatora, autor je došao do zaključka da bi se, dole navedena, konstrukcija, mogla koristiti i za poslove tretmana prirodnog gasa.

### NOVO TEHNIČKO REŠENJE

Kod ležišta koja su pri kraju eksploatacije (niskopritisna ležišta) izlazni pritisak je nedovoljan za kvalitetnu separaciju a često nedovoljan i za dobijanje projektovanog protoka gasa. Dodatnim intervencijama (kompresorska eksploatacija gasa) postižu se bolji uslovi na ustima bušotine ali se troškovi eksploatacije značajno povećavaju.

Centrifugalni separator, koji se u ovom radu predlaže kao jedno od mogućih rešenja za ovaj problem, može imati dvostruku ulogu:

1. poboljšanje uslova na ustima bušotine, formiranjem usisnog podpritiska;
2. separacija i transport izvučenog gasa;

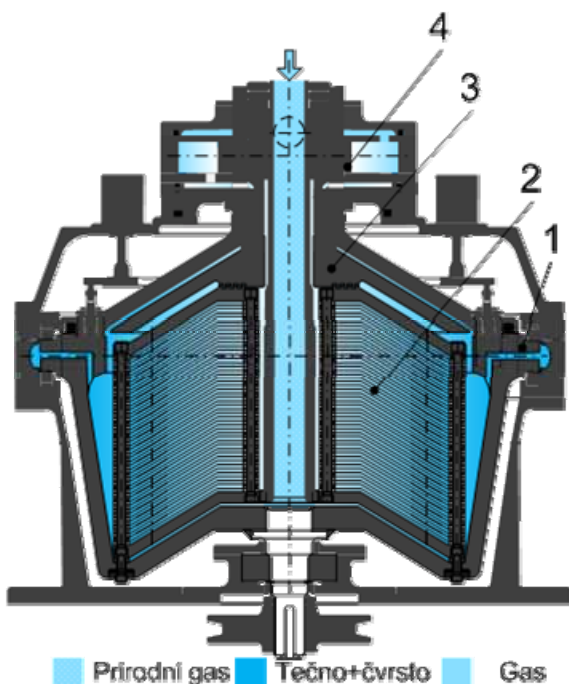
Novo tehničko rešenje formirano je polazeći od sledećih zahteva, /4, 25/:

- Separator će biti korišćen za primaran tretman gasa na ležištima sa velikim sadržajem tečne frakcije;
- Separator bi trebalo da bude deo postrojenja za kontinualni proces separacije i transporta gasa i kondenzata;

Realizacijom ovih zahteva formiran je prototip koji čine sledeće celine (slika 6.): rotor separatora, umetak od koničnih diskova, uređaj za distribuciju fluida, kompresor za transport gasa, pogonski motor sa frekventnim regulatorom brzine i prenosnikom snage, pomoćni uređaji i merno kontrolna oprema.

Rotor separatora je dodelni. Donja polutka, rotora sa umetkom, je preko kaišnog prenosnika povezana sa pogonskim motorom. Umetak u rotoru, svojim diskovima, deli radni prostor na tanje segmente u kojima se proces separacije odvija lakše tj. postiže se kvalitetnije odvajanje najfinijih čestica čvrstog i tečnog od gasa. Obodni venac, donje i gornje polutke rotora, formira radno kolo pumpe za hidraulični transport mešavine čvrsto-tečno. Pražnjenje rotora se kontroliše

otvaranjem-zatvaranjem zatvarača koji su deo konstrukcije rotora.



Slika 6. Centrifugalni separator-uzdužni presek prototipa

Za donju polutku zavrtnjevima se vezuje gornja polutka rotora. Na nju se smešta radno kolo centrifugalnog kompresora za transport čistog gasa. Ugradnja radnog kola kompresora, u konstrukciju separatora, se opravdava olakšavanjem procesa usisavanja što je od posebnog značaja za usisavanje i tretman mešavina: čvrsto-tečno-gasovito, na ustima gasne bušotine. Zaptivanje obodnog venca rotora (radno kolo), radnog kola kompresora se ostvaruje mehaničkim zaptivačima. Ovi zaptivači su konstruktivno tako izvedeni da istovremeno imaju funkciju aksijalnih kliznih ležajeva. Podmazivanje kliznih prstenova je uljem u zatvorenom ciklusu cirkulacije. Ovakvim tehničkim rešenjem, u uslovima hidrodinamičkog plivanja kliznih prstenova, smanjeni su otpori trenja, obezbeđena je mogućnost postizanje velikih brzina rotacije a stabilnost rotora je značajno poboljšana, /25/.

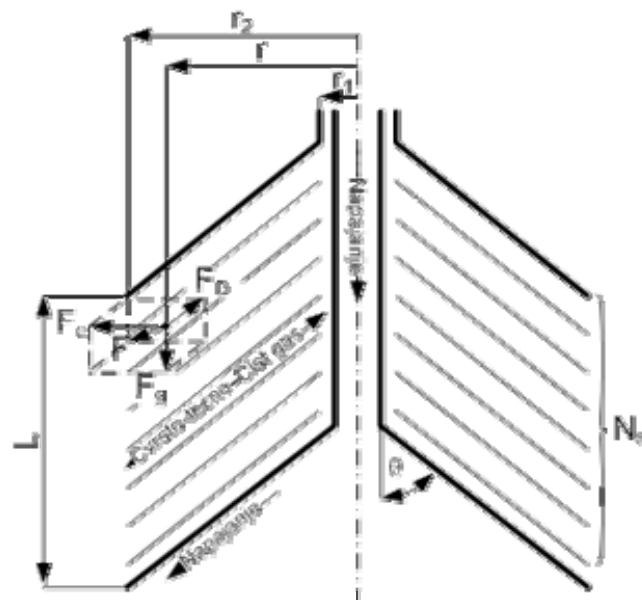
U polju centrifugalnog ubrzanja (slika 7.) mešavina čvrsto-tečno-gasovito se razdvaja na sastavne komponente, /5/.

Tečna i čvrsta frakcija (mulj) zahvata se na najvećem prečniku, rotora, i radnim kolom pumpe se

transportuje do željenog mesta. Pražnjenje čvrste frakcije se kontroliše uređajem sa

zatvaračima koji je deo konstrukcije rotora. Ova kontrola je ručna, na prototipu, ali se predviđa automatizovan rad za industrijska postrojenja.

Najlakša frakcija (gas) zahvata se na mestu koje je najbliže osi rotacije i usmerava se ka radnom kolu centrifugalnog kompresora.



Slika 7. Kretanje materijalne čestice u procepu između dva diska;  $F_D$ -sila otpora,  $F_g$ -gravitaciona sila,  $F_c$ -centrifugalna sila,  $F$ -rezultanta,

Da bi, ovako prikazan proces, mogao sa uspehom da se odvija u konstrukciju separatora je uneto više inovativnih rešenja:

1. Obodni venac rotora je konstruisan kao radno kolo pumpe za transport mešavine čvrsto-tečno;
2. Mehaničkim zaptivačima se vrši zaptivanje radnih kola ali se vrši i aksijalno oslanjanje rotora;
3. Uvođenjem centrifugalnog radnog kola, u konstrukciju separatora, olakšava se usisavanje mešavina: čvrsto-tečno-gasovito.

Prednosti ovako formiranih rešenja su:

- Centralnim napajanjem i samousisavanjem moguće je
- tretirati sve vrste mešavina;
- Pogon više celina je jednim motorom;
- Kombinovanim, radijalno-aksijalnim, oslanjanjem moguće je realizovati velike brzine rotacije uz odličnu stabilnost rotora separatora.

U nedostatke treba navesti, složenu konstrukciju, skupu izradu kao i habanje elemenata, separatora, koji su u kontaktu sa čvrstim materijalom.

U sklopu ispitivanja prototipa na poslovima separacije i transporta hidromešavine urađena su i početna ispitivanja, malo promenjene konstrukcije (tabela 1.) na po-

slovima separacije mešavine vazduh-voda-čvrsto (mineralna prašina).

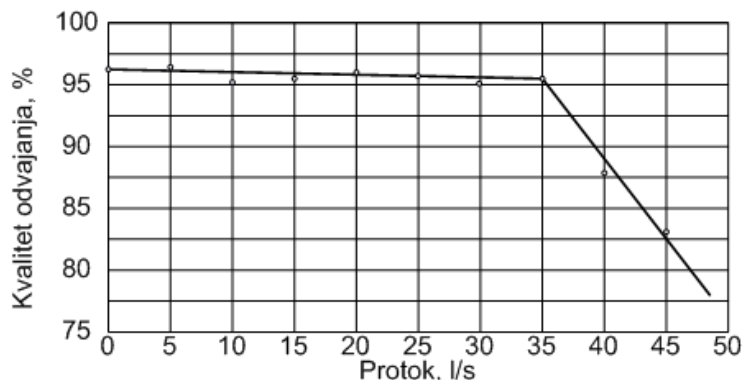
Ispitivanja su vršena pri  $n=5000\text{min}^{-1}$  a primarni cilj je bio da se definišu potencijali ovog rešenja i da se definiše uticaj protoka gasa na kvalitet odvajanja. Prvi rezultati, (tabela 2. i slika 8.), pokazuju veliki potencijal ovog tehničkog rešenja za primenu na poslovima tretmana prirodnog gasa.

Tabela 1. Karakteristike prototipa separatora

Zapremina rotora, $\text{cm}^3$	1000
Maksimalni poluprečnik rotora, m	0,09
Poluprečnik umetka, $r_2$	0,05
Visina umetka L, m	0,1
Broj diskova umetka, $N_s$	28
$\Sigma$ -faktor, $\text{m}^2$	350-1000
Poluprečnik venca separatora, m	0,09
Poluprečnik radnog kola kompresora, m	0,05
Broj obrtaja, n, o/min	3000-5000

Tabela 2. Karakteristike mešavine, vazduh-voda-čvrsto

Protok mešavine	$q_m=0-150\text{ m}^3/\text{h};$
Gustina čvrstog	$\rho_s=2750\text{ kg}/\text{m}^3$
Gustina vode	$\rho_v=1000\text{ kg}/\text{m}^3$
Gustina vazduha	$\rho_v=1,25\text{ kg}/\text{m}^3$
Zapreminska koncentracija	
Čvrstog	$C_{Mc}=0,6\%$
Vode	$C_{Mv}=2\%$
Vazduha	$C_{Mo}=97,4\%$
Gustina hidromešavine	$\rho_m=37,4\text{ kg}/\text{m}^3$
Protok vode	$q_v=2,962\text{ m}^3/\text{h}$
Protok čvrstog	$q_c=0,9\text{ m}^3/\text{h}$
Protok vazduha	$q_o=146\text{ m}^3/\text{h}$



Slika 8. Zavisnost kvaliteta odvajanja od kapaciteta

## DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Inovativno rešenje separatora, koje u ovom radu prikazujemo, nastalo je kao posledica kritičkog sagledavanja postojećih rešenja, mašina i uređaja, koja se koriste za separaciju čvrstog od tečnog u pripremi gasa za transport, skladištenje i distribuciju. Osim konstruktivnih i tehnoloških parametara autor je naglasio teorijske postavke definisanja kapaciteta i kvaliteta separacije.

Kada se postavi pitanje šta je sa ciljem koji je projektnim zadatkom definisan možemo da konstatujemo da će:

- Pri koncentraciji ulazne hidromešavine (tečno+ čvrsto)  $C_m=2,6\%$ , primarnim tretmanom (separacijom) bi trebalo da se izdvoji 95,4% čestica čvrstog i tečnog (36,2 kg/h). Ovo je ogroman napredak, u poređenju sa ranijim stanjem, kada je izdvajano 82,4% čestica čvrstog i tečnog.
- U zaostalom materijalu dominiraju čestice - 2 $\mu$ m. Količina i krupnoća, čvrstog u očišćenom gasu, neće imati značajnijeg uticaja na dalji tehnološki process.

Treba napomenuti da je prototip separatora projektovan i urađen za druge namene (tretman hidromešavine) pa su dobijeni rezultati grublji od očekivanog.

Novo tehničko rešenje, koje u ovom radu prikazujemo, u poređenju sa postojećim rešenjima ima sledeće prednosti:

- Mogućnost samousisavanja što ga uz mogućnost kontinualnog
- transporta, produkata separacije, čini prihvatljivim za veći broj korisnika;
- Separatori uopšte, pa i ovo tehničko rešenje, poseduju mogućnosti dostizanja velikog ubrzanja (500÷3000g) što ih čini prihvatljivim za fina i ultrafina odvajanja;
- Postrojenja sa ovim separatorima su manjih dimenzija, prostije konstrukcije, što direktno utiče i na veličinu investicionih ulaganja;
- Kompresorsko kolo, koj je deo konstrukcije separatora proširuje oblast primene ovih separatora na tretman mešavina i transport čistog gasa

Analizom podataka, dobijenih testiranjem prototipa, otkrivaju se mogućnosti realizacije značajnih ušteda. Konačni rezultat bi bio bolji kvalitet gasa uz niže troškove.

Ovim se po našem mišljenju ne završavaju poslovi na ovom projektu. Dalju pažnju treba usmeriti na otklanjanje uočenih slabih mesta u konstrukciji separatora (mehanički zaptivači poboljšanju konstrukcije kompresora i preciznijem definisanju njegovod kapaciteta). Takođe značajnu pažnju treba posvetiti definisanju uticaja dimenzija rotora i kompresorskog kola, broja obrtaja, temperature i pritiska, na kvalitet separacije. Finalni rezultat bi bio poboljšano tehničko rešenje koje bi pre- veli u industrijako postrojenje sa mogućnostima široke primene

<b>Nomenclature</b>	
$A$ -površina, $m^2$	$q_t$ , $q$ -teorijski i stvarni protok, $m^3/s$
$c, c_1, c_2$ - brzine na prečnicima $r, r_1, r_2$ , $m/s$	$r, r_1, r_2$ -poluprečnik, $m$
$c_s$ - brzina, $m/s$	$V$ -zapremina rotora, $m^3$
$c_g$ - brzina taloženja (settling velocity), $m/s$	$\eta_w, \eta_m$ -dinamička viskoznost vode i mešavine, $Pa \cdot s$
$c_c$ - brzina taloženja, $m/s$	$\mu$ -efikasnost odvajanja
$C_V$ –zapreminska koncentracija, %	$\nu$ -kinematička viskoznost $m^2/s$
$C_M$ –masena koncentracija, %	$\rho_w, \rho_s, \rho_m$ –gustina: vode, čvrstog, mešavine, $kg/m^3$
$d_s$ -prečnik čestice čvrstog, $m$	$\omega$ -ugaona brzina, $s^{-1}$
$g$ -gravitaciono ubrzanje, $m \cdot s^{-2}$	$\theta$ ugao nagiba diska, ( $^\circ$ )
$G$ -faktor	$\Sigma$ -ekvivaletna površina, $m^2$
$L$ -visina umetka, $m$	
$n$ - broj obrtaja, $min^{-1}$	
$N$ - broj diskova	



## LITERATURA

- /1/ Afonin M.E., Belanin P.N. (1978) Novie centrobežnie ocistiteli dla gidrosistem, *Vestnik masinostrojenja* No 12, Moskva. (Russian).
- /2/ *Analysis of Low Density Particles using Differential Centrifugal Sedimentations*, (2006) CPS Instruments, Netherlands
- /3/ Axelsson, H. Madsen, B. (2003) *Centrifuges, Sedimenting*, Alfa Laval Separation AB, Tumba, Sweden.
- /4/ Batalovic V., (2001) Centrifugalni separator sa kontinualnim bočnim pražnjenjem.
- /5/ Batalovic, V. (2001) Centrifugalni separator sa pumpom za kontinualno bočno pražnjenje.
- /6/ Batalovic, V. (2006) *Hidraulički transport čvrstih materijala*, Gorapress, Beograd;
- /7/ Bazlov M.N., et. (1998), Podgotovka prironoga gaza i kondesata k transport, Nedra
- /8/ Burns, R.T. Moody, L.B. (2005) Solids separator performance test results using the university of Tennessee testing protocol, *The University of Tennessee*, USA;
- /9/ Clesceri L.S., Greenberg A.E., Eaton A.D. (1998) *Standard Methods for the Examination of Waste and Wastewater Treatment*, 20th Edition. United Book Press Inc., USA.
- /10/ *Fundamentals of gas solids/liquids separation*, (2007) Mueller Environmentmetal Designs, Inc. Huston, Texas.
- /11/ Gaseidnes K., Turbeville J. (1999) Separation of oil and water in oil spill recovery operations, *Pure Appl. Chem.*, Vol. 71, No. 1, pp. 95–101.
- /12/ Halter E. J. (1966) *Separation Handbook* 1st Ed.; Burgess Manning Company, USA.
- /13/ Holm M., Madsen B. (2003) *Research results advances in decanter centrifuges*, Alfa Laval Copenhagen A/S, Søborg, Denmark.
- /14/ Mondt E. (2005) *Centrifugal Separator of Dispersed Phases*, PhD Theses, Eindhoven Universiz Press.
- /15/ *New Dimensions in Treatment Systems– Separators* (2007), GEA-Westfalia Separator.
- /16/ Schweitzer, P. A. (1997) *Handbook of Separation Tachniques for Chemical Engineers*,
- /17/ Šašić M. (1982), Transprt fluida cevima, Mašinski fakultet
- /18/ *The S-Separator Technical information for mineral oil treatment* (2008), Alfa Laval Separation AB Tumba, Sweden
- /19/ Van Der Linden J.P. (1987) *Liquid-Liquid Separation in Disc Stack Centrifuges*, Netherlands
- /20/ Veizades H.G. (2004) *Introduction to Gas Removal Systems and Liquid Ring Vacuum Pumps*, Veizades & Associates, Inc., U.S.A.
- /21/ *Vortex Separator New Development and Redevelopment*, (2003) Handbook, MP, California.
- /22/ Wallac, L. (2004) *Continuous Sedimanting Disc Centrifuges*, Advan-Tech.
- /23/ Volskij, E.L. (1990), Režim raboti Magistralnogo gazoprovoda.
- /24/ McGraw Hill Company, Inc, USA
- /25/ YU Patent 48851-P-216/94
- /26/ YU Patent 48852-P-556/96.

## GAS - LIQUIDS - SOLIDS SEPARATION

*Many processes operations require the removal of entrained non-gas particles from multi-phase gas streams. The removal of these non-gas particles is the process in itself (capture of a valuable product) or the process of cleaning a gas stream in order to protect either stationary or rotating equipment from the harmful effects due to non-gas particles entering those devices.*

*Liquid non-gas particles can be generated from a pure gas due to a gas-liquid phase change occurring within a state change of the gas. Also the source of liquid particles can be a liquid phase (crude oil, water) in multi-phase stream from gas or oil well.*

*Solid phase, black powder, is a materials that collects in gas pipe line from: water, liquid hydrocarbons, salts, sands or dirt.*

*The removal of entrained non-gas particles from a multi-phase gas stream is a separation process.*

*Mechanical separation utilize particle motion in field of centrifugal acceleration. The existing separators have a lot of advantages but also a lot of disadvantages. In this article author present a new ethical solution which, in our opinion, has some advantages in comparison with the existing solutions.*

*The new technical solution (Figure 6.) formed based on the following requests:*

- *The separator to be used for the treatment of the three phase mixtures;*
- *The separator should be part of the facility for the continual separation process and the transport of clean gas and water.*

*Upon realizing these request, a prototype was formed consisting of the following sections: charging device, rotor separator with an insert consisting of conical discs, clean water transport pump, compressor, drive with frequent velocity regulator and power gear, ancillaries system and measuring equipment.*

*In the field of centrifugal acceleration the mixture, solid-liquid-gas, is separated down to its basic components.*

*The solid fraction and water (sludge) gets caught on the largest diameter of the rotor, goes through the impeller is transported to the desired place.*

*The easiest fraction (gas) gets caught at the place closest to the rotation axis and is directed to the compressor.*

*The new technical solution, that we are hereby presenting, when compared to the existing solutions has the following advantages:*

- *The possibility of continual transport of the separation products, becomes acceptable to a great number of users;*
- *The separators in general have the possibility of achieving high level of acceleration (500÷300.000g), which makes it acceptable for fine and ultra-fine separations.*
- *The facilities with these separators are of smaller dimensions, simpler construction, which directly influences the amount of investments.*

*By analysing data, acquired by prototype testing, the possibilites of realizing significant savings have been noticed. It should be expected that by reducing the quantity of the solid and liquids in the gas, the quality of the final product will be improved.*

*The final result would be an improved technical solution that would be transferred to an industrial facility with a wide range of possibilities.*

*Keywords: gas, separation, jet pump, separator*

*Rad poslat na recenziju: 27.11.2009.*

*Rad spreman za objavu: 05.12.2009.*