

Analiza rada ejektora za hidrotransport vrstih estica i njihovih mešavina

ANDRIJA A. PETROVIĆ, Ejektoinženjering d.o.o, Beograd
 ALEKSANDAR LJ. PETROVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
 Mašinski fakultet, Beograd
 LJUBOMIR H. PETROVIĆ, Ejektoinženjering d.o.o, Beograd

Originalni naučni rad
 UDC: 621.694
 DOI: 10.5937/tehnika1602242P

Ejktori ili mlazne pumpe u poslednje vreme nalaze sve ve u primenu u razli itim postrojenjima i instalacijama. Ejktori su posebno od koristi pri hidrotransportu razli itih materijala. Ejktori imaju niz prednosti u odnosu na druge strujne mašine. Jednostavne su konstrukcije, nemaju pokretne delove, laki su za rukovanje i održavanje, stabilni su u radu, dozvoljavaju promenu režima rada u širokim granicama i imaju dugi vek trajanja. U ovom radu date su osnovne preporuke rada ejektora pri hidrotransportu i analiziran je rad ejektora pri usisavanju materijala razli ite gustine za optimalnu geometriju ejektora. Pored toga data su pore enja rada ejektora, odre ene geometrije, pri usisavanju peska, mulja i iste vode, na konkretnom primeru. Prikazano je postrojenje za hidrotransport mulja, peska i vode pri pre iš avnju kanala, bunara i kanalizacije.

Ključne reči: ejektor, hidrotransport, mešavina, vrste estice

1. UVOD

Hidrotransportom se naziva transport hidrosmeše, koja se sastoji od te nosti (naj eš e vode) i sitnih tvrdih nerastvorljivih estica (naj eš e šljake, pepela, peska, rude, uglja i drugih vrstih i rastresitih materijala). Hidrotransport materijala ima široku primenu u industriji, rudarstvu i poljoprivredi i lako se može mehanizovati i automatizovati. Pored ostalih ure aja za hidrotransport upotrebljavaju se i ejktori koji imaju niz prednosti u odnosu na druge transportne ure aje. Primena ejektora u hidrotansportu omogu ava pored transporta, mešanje i ako je potrebno i uguš ivanje hidrosmeše.

Ejktori, injektori ili mlazne pumpe spadaju u oblast strujnih mašina. Ejktori imaju široku primenu u mnogim oblastima. U poslednjih nekoliko godina u svetu, a i našoj zemlji (sopstveni patenti) registrovano je više patenata u kojima su data nova originalna rešenja, a u mnogima su uproš eni i pojednostavljeni postoje i tehnološki procesi koriš enjem ejektora. Sastavni delovi ejektora su mlaznica sa priklju kom za pogonski fluid, usisna komora sa priklju kom za usisavani fluid, komora za mešanje i difuzor sa priklju kom za pražnjenje. Principi rada svih ejektora je isti. Za po-

gon se koristi energija pogonskog fluida na ulazu u ejektor. Pri hidrotransportu pogonski fluid je te nost, naj eš e voda (nestišljiv fluid) visokog pritiska. Pro-laskom pogonskog fluida kroz mlaznicu ejektora pritisna energija pogonskog fluida transformiše se u kineti ku energiju. Poseduju i veliku brzinu pogonski fluid raspolaže velikom koli inom kretanja. U usisnoj komori ejektora estice pogonskog fluida sudaraju se sa esticama usisavaju eg fluida predaju im deo energije i pri tome sebe usporavaju, a estice usisavanog fluida primaju deo energije i pri tome sebe ubrzavaju. Primopredaja energije traje sve dok se brzine oba fluida potpuno ne izjedna e, pri emu je formirana mešavina potpuno homogenizovana [1].

Velika brzina na izlazu iz komore za mešanje nije podesna za dalji transport (jer izaziva veliki pad pritiska), pa se uvodi u difuzor u kojem se usled proširenja strujnog prostora brzina mešavine smanjuje, a pritisak raste sve do izlaza iz difuzora gde se postiže odgovaraju i pritisak potreban za savla ivanje otpora u potisnom cevovodu. U difuzoru se odigrava obrnut proces od procesa u mlaznici brzina opada, a pritisak raste. Ovakvim transportom postiže se koeficijent korisnosti ejektora i do 0,5. Gustina i veli ina estica vrstih materijala opredeljuje njihove hidrodinami ke uslove uzajamnih dejstava sa pogonskom te noš u. Zavisno od krupno e vrstih estica hidrosmeše se mogu podeliti na:

- Koloidne – estice do 1 µm;

Adresa autora: Andrija Petrović, Ejektoinženjering doo, Beograd, Vojvode Stepe 139

Rad primljen: 11.10.2015.

Rad prihva en: 16.10.2015.

- Strukturne – estice od 1 μm – 50 μm ;
- Tankodisperzne – estice od 50 μm – 150 μm ;
- Grubodisperzne – od 150 μm – 2 mm;
- Nejednorodne-grubodisperzne – estice veće od 2 mm;
- Polidisperzne – estice različite krupnoće i veličina.

Cilj rada je da analizira uticaj gustine usisvanih estica, za optimalnu geometriju ejektora, na koeficijent usisavanja i izlazni pritisak mešavine. U okviru rada analiziran je slučaj rada ejektora, unapred određenih dimenzija, pri usisavanju peska, mulja i iste vode i dato je poređenje istog sa ejektorima optimalnih geometrija.

2. OGRANIČENJA RADA I NAJVEĆA DOZIRANJA

Sa gledišta hidrodinamike, za hidrosmeše sa zapreminskom koncentracijom¹ od 25% do 30%, osnovnu ulogu u transportu vrstih estica ima tečnost. Za hidrosmeše sa zapreminskom koncentracijom većom od 35% i malim prečnicima vrstih estica osnovnu ulogu ima vrsta faza. Pri transportu strukturnih i kolodnih hidrosmeša u slučaju da je viskoznost tih hidrosmeša velika ne treba koristiti ejektore, jer se tada bitno snižava koeficijent korisnosti ejektora. U klasičnim konstrukcijama zapremina pogonske tečnosti je 3-5 puta veća od zapremine transportovanog (usisavanog) materijala, mada u nekim slučajevima zapreminska koncentracija vrstog materijala može iznositi i do 49%, što se pokazuje i u praksi. Masena koncentracija² kod hidrotransporta kreće se i do 50%, a u nekim specifičnim uslovima može biti i veća [2].

vrsti materijali koji su tečljivi i sipki doziraju se u ejektor suvi, a materijali koji imaju tendenciju stvaranja mostova i svodova, doziraju se sa izvesnom količinom vode. Uvođenjem vode u dozirni koš formira se tečljiva suspenzija, kojom se obezbeđuje ravnomernije doziranje i onemogućava stvaranje mostova i svodova pred ulazom u ejektor. Potrošnja dodatne vode za izradu tečljive usisavane mešavine zavisna je od tipa materijala, koji treba da se transportuje i za granule sa sferičnim površinama i malim dimenzijama do 1,5 mm, iznosi oko 20% od težine materijala koji se transportuje. U teškim uslovima, pri transportu materijala, sa hrapavim površinama, sa relativno visokom gustinom i koji ima tendenciju stvaranja mostova i lu-

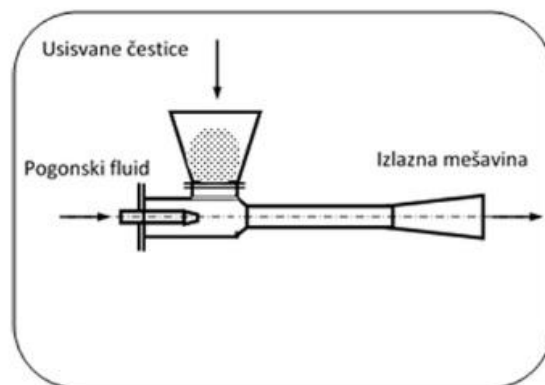
nih svodova, kao na primer pepeo, pesak i lepljive suspenzije, potrebno je upotrebiti 5-10 puta veću količinu vode od tvrdog materijala koji se transportuje. U ovu količinu uključena je i dodatna voda koja se dodaje vrstom materijalu, pre ulaza u ejektor za formiranje tečljive suspenzije. Uvođenjem tečljive suspenzije omogućava se postizanje velikih izlaznih pritisaka iz ejektora.

Odnos ulaznog pritiska pogonske vode i izlaznog pritiska hidro mešavine zavisna je od odnosa usisavanog i pogonskog protoka i najčešće se nalazi u granicama 2,5 – 3. Usisavani materijal može biti vrst, rastresit, bez tečnosti ili u obliku suspenzije vrstog materijala u tečnosti.

Najekonomičniji transport je pri usisavanju istog rastresitog materijala bez tečnosti. Doziranje rastresitog materijala bez sadržaja tečnosti može da se vrši slobodnim padom ili sa dozatorima. Doziranje slobodnim padom mora biti ravnomerno da ne bi došlo do zaepļavanja, zatrpavanja ejektora. Ako se materijal koji treba transportovati nalazi ispod ejektora onda se dovode tečnosti materijala u ejektor obaviti usisavanjem.

Pri usisavanju podvodnog materijala ejektori se moraju premeštati po horizontali i po vertikali. Posebnu pažnju je potrebno obratiti i na sprečavanje kavitacije. Kavitacija počinje isparavanjem jedne ili obe strujne tečnosti, u prostoru ejektora u kojem stagnira pritisak padne ispod parcijalnih pritisaka, napona tih tečnosti. Najniži pritisak nastaje u preseku spajanja fluida ili na ulazu u komoru za mešanje.

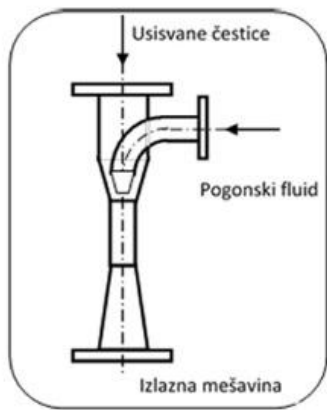
Opasnost od pojave kavitacije raste sa porastom temperature, porastom pritiska pogonske tečnosti p_1 , sniženjem pritiska usisavanja p_2 (povećanjem visine usisavanja) i sniženjem pritiska na izlazu iz ejektora p_3 . U hidrotransportu ejektori mogu da budu postavljeni vertikalno tako da brzina vrstih estica sa brzinom pogonske tečnosti zaklapa ugao 90°, prikazano na slici 1, ili da brzina vrstih estica zaklapa ugao od 0°, prikazano na slici 2.



Slika 1 – Doziranje pod uglom od 90°

¹Zapreminska koncentracija označava odnos masenog protoka vrstih estica prema masenom protoku tečnosti u izlaznom protoku.

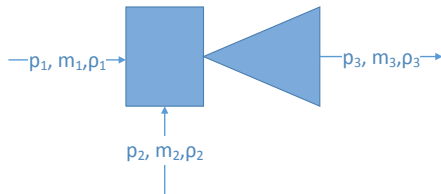
²Masena koncentracija označava odnos masenog protoka vrstih estica prema masenom protoku tečnosti u izlaznom protoku.



Slika 2 – Doziranje pod uglom od 0°

3. ZAVISNOST IZLAZNOG PRITISKA OD ODNOSA MASENIH PROTOKA USISIVNIH ESTICA I POGONSKOG FLUIDA

Radi objašnjenja na ina rada ejetora sve karakteristike pogonskog fluida, na ulazu u ejetor, ozna ene su indeksom jedan, dok su karakteristike usisivanih estica (fluida), na ulazu u ejetor, ozna ene indeksom 2, a njihova mešavina, na izlazu iz ejetora, ozna ena indeksom 3. Na slici 3 dat je šematski prikaz ejetora sa bitnim veli ana na ulazu i izlazu iz ejetora.



Slika 3 – Šematski prikaz ejetora

Dalje prou avanje problematike rada ejetora zahteva uvo enje novih lanova radi pojednostavljenja istog. Odnos masenog protoka usisivanih estica i te nosti prema masenom protoku pogonske te nosti predstavlja koeficijent usisavanja ejetora:

$$\xi = \frac{m_{2s} + m_{2v}}{m_1} \tag{1}$$

Koeficijent usisavanja ejetora može se predstaviti i kao zbir koeficijenta usisavanja vrstih estica (odnos protoka vrstih estica i protoka pogonske te nosti) i koeficijenta usisavanja te nosti (odnos protoka usisivane te nosti i protoka pogonske te nosti)

$$\xi = \xi_{2s} + \xi_{2v} \tag{2}$$

Odnos razlike pritisaka se definiše kao koli nik razlike pritiska mešavine na izlazu i pritiska na mestu usisavanja (ulaznom preseku u ejetor) i razlike pritiska pogonske te nosti i pritiska na mestu usisavanja:

$$\xi = \frac{P_3 - P_2}{P_1 - P_2} \tag{3}$$

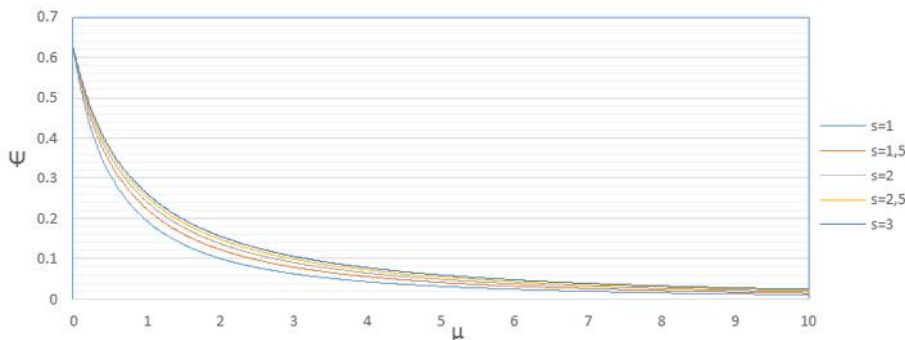
Odnos gustina usisivane mešavine estica i fluida (ukoliko ga ima) i pogonske te nosti prikazan je kao:

$$s = \frac{\rho_3}{\rho_1} \tag{4}$$

Gustina obeležena indeksom 2 predstavlja gustinu usisivane mešavine vrstih estica i fluida (te nosti) što zna i da zavisi od odnosa masenog protoka te nosti i vrstih estica u usisavanom delu (masena koncentracija). U slu aju da se vrste estice doziraju bez prisustva dodatne te nosti ova gustina je jednaka gustini vrstih estica. Obzirom na to da je strujanje kroz ejetor pra eno padom pritiska, usled gubitaka, pri strujanju pogonskog fluida kroz mlaznicu, usisnog fluida kroz pretkomoru i strujanju mešavine kroz komoru za mešanje i difuzor koeficijenti gubitaka se usvajaju kao eksperimentalne vrednosti. Koeficijenti gubitaka zavise od velikog broja parametara koji su promenjivi (oblik estice, zapremina estica itd).

Za definisane veli ine može se odrediti zavisnost odnosa razlike pritisaka, za optimalnu geometriju, u funkciji koeficijenta usisavanja, odnosa gustina i koeficijenata lokalnih otpora.

$$\xi = f(\xi, s, \zeta_1, \zeta_2, \zeta_d, \zeta_k) \tag{5}$$



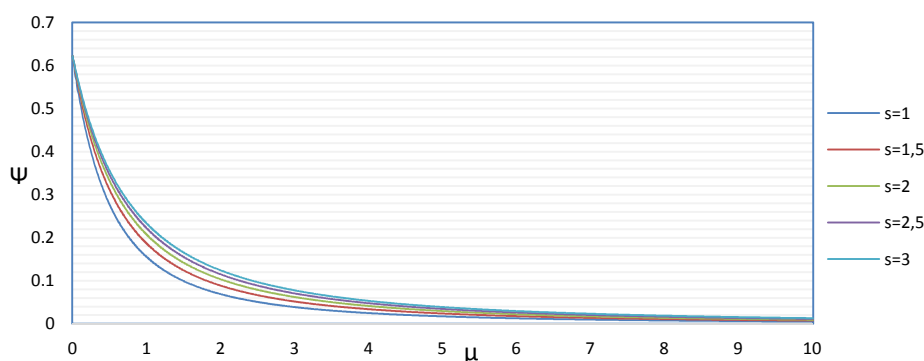
Slika 4 – Odnos razlike pritisaka i koeficijenata usisavanja pri uglu doziranja 0°

Na slici 4 prikazan je grafik zavisnosti odnosa razlike pritiska od koeficijenta usisavanja μ za sluaj doziranja pod uglom od 0° za različite odnose gustina s . Dobijena kriva predstavlja obvojnici svih ejektora koji za zadatu geometriju ejektora, daje odgovaraju i odnos razlike pritiska i koeficijent usisavanja za najmanje uložene energije.

Svaka tačka na linijama sa slike 4 predstavlja jednu radnu tačku jednog ejektora tačno određene geometrije. Za ovu radnu tačku ejektora tačno određene geometrije ima najviše i koeficijent korisnosti.

Radna karakteristika ejektora tačno određene geometrije je tangenta na obvojnici predstavljenu na slici 3. Prema rešenom dolazi se do zaključka da svaki ejektora, kao i pumpa, ima radnu tačku kojoj odovara najveći i stepen korisnosti rada (optimalna radna tačka). Sa

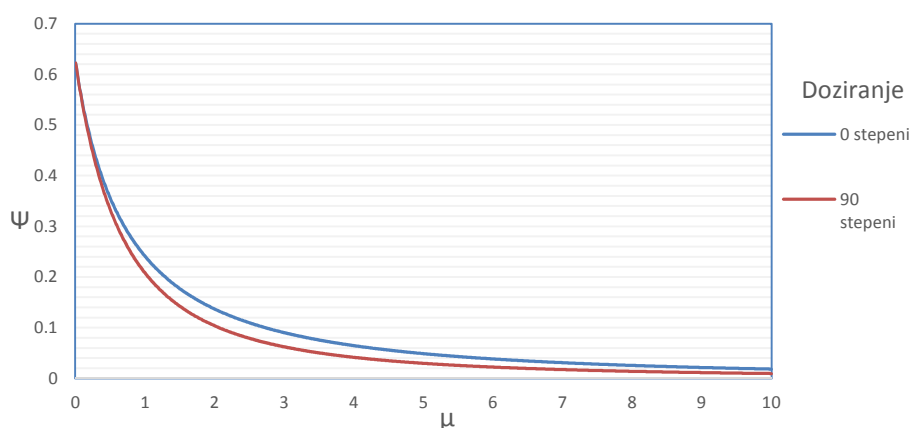
slike 3 može se primetiti da se porastom odnosa gustina krive pomeraju naviše. Iz navedenog zaključuje se da za veće gustine usisvanog protoka isti koeficijent usisavanja se dobija za više vrednosti odnosa razlike pritiska. Odnosno ukoliko je izlazni pritisak mešavine i ulazni pritisak usisavanog toka konstantan, pogonski pritisak tečnosti raste sa porastom gustine usisivane mešavine za iste vrednosti koeficijenta usisavanja. Izvedeni zaključak je logičan s obzirom da je za pokretanje tečnosti veće gustine potrebno uložiti veću silu samim tim i količina kretanja pogonskog fluida mora biti viša, što implicira i više vrednosti pogonskog pritiska na ulazu u ejektora. Radi poređenja rezultata uticaja ugla doziranja na efikasnost rada ejektora na slici 5 prikazan je grafik zavisnosti odnosa razlike pritiska i koeficijenta usisavanja za sluaj doziranja pod uglom od 90° .



Slika 5 – Odnos razlike pritiska i koeficijenta usisavanja pri uglu doziranja od 90°

Sa slikom 4 i 5 se vidi da za iste odnose gustina i iste koeficijente usisavanja viši odnosi razlika pritiska se dobijaju za doziranje pod uglom od 0° . S obzirom da usisavana mešavina nadolazi pod uglom od 90° u odnosu na pravac brzine pogonskog fluida potrebno je

uložiti veću energiju, u odnosu na sluaj doziranja pod 0° , kako bi se usisavana mešavina povukla. Na slici 6 date su zavisnosti odnosa razlike pritiska od koeficijenta usisavanja za $s=2$ pri doziranju pod uglom od 0° i 90° .



Slika 6 – Odnos razlike pritiska i koeficijenta usisavanja za $s=2$ pri uglu doziranja 0° i 90°

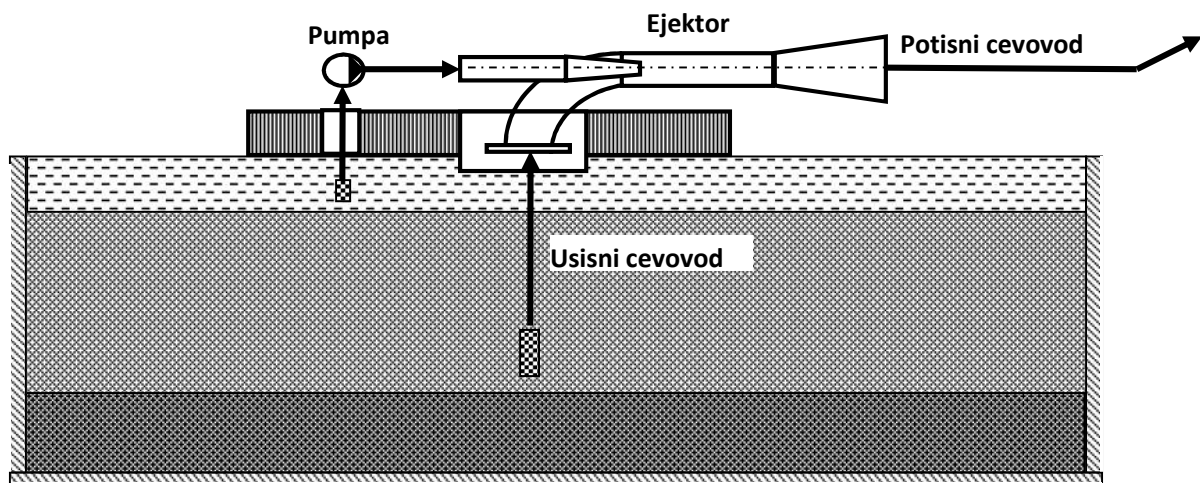
Prema predstavljenom dijagramu, sa slike 6, može se zaključiti da ukoliko se usisava mešavina tečnosti i vrstih estica konstrukcija treba da bude izvedena tako da ugao doziranja bude 0° . Ne treba zaboraviti da je cilj transportovati vrste estice, prema tome

usisavanje dodatne tečnosti predstavlja uzaludno trošenje energije.

Sledi da se bolji efekti transporta ogledaju pri direktnom doziranju vrstih estica bez dodatne tečnosti, što se ostvaruje pri uglu doziranja od 90° .

4. ANALIZA RADA EJEKTORA, ZADATE GEOMETRIJE, PRI PROMENI SASTAVA USISIVANIH ESTICA

Optimalna geometrija ejektora kao prvi korak u izradi konstruktivnog rešenja ejektora određuje se za zadate uslove pritiska, koeficijenta usisavanja kao i vrste materijala koji se transportuje. Često se dešava da usled nehomogenosti vrstih estica njihove karakteristike menjaju. U daljem tekstu izvršena je analiza rada ejektora zadate geometrije za slučaj promene gustine estica, naveden je primer iz prakse. Pre ištavanje kanala napunjenih muljom, peskom i izbacivanje vode iz istih može se vršiti ejektorima ili pumpama.



Slika 7 – Veza ejektora i pumpe na splavu

U cilju savlađivanja hidrauličkih otpora na izlazu potrebno je ostvariti pritisak na izlazu iz ejektora od 2 bar nadpritiska, dok je pritisak usisne mešavine vode i vrstih estica na ulazu u ejektor jednak 0,7 bar aps (najnepovoljniji slučaj).

Pesak (rečni), kao najgušći i najzahtevniji za transport, predstavlja usvojenu vrstu fazu za dimenzionisanje ejektora optimalne geometrije, odnosno određivanje pritiska vode na ulazu u ejektor.

Zapreminska koncentracija vrstih estica u usisavanom toku je 0,18, odnosno odgovarajuća masena koncentracija iznosi 0,47, dok željeni koeficijent usisavanja ejektora treba da bude 0,8. Na osnovu proračuna određena je optimalna geometrija ejektora kao odnos prenika mlaznice i prenika komore za mešanje, što je prikazano jednom (8).

$$\frac{A_1}{A_3} = 0,272 \quad (8)$$

Pritisak vode na ulazu u ejektor treba da bude 9,03 bar nadpritiska, kako bi ejektor radio u zadanom radnom režimu. U slučaju promene sastava usisavane

U poređenju sa pumpama ejektor pri obavljanju ovakvih poslova imaju niz prednosti a obuhvataju [3]:

- mala investiciona ulaganja;
- mogućnost izbacivanja estica različitog sastava;
- smanjena oštećenja unutrašnjih delova ejektora u odnosu na lopatice radnog kola i kućišta pumpe.

Kako bi se proces preištavanja sproveo ejektor sa pumpom se postavlja na splav koji je pokretan. Voda prolazi kroz pumpu koja povećava pritisnu energiju vode, a zatim odlazi do ejektora. Ejektor zatim usisava mulj, pesak i vodu i izbacuje istu potisnim cevovodom na obalu. Šematski izgled instalacije prikazan je na slici 7.

mešavine, odnosno promene gustine vrstih estica zadržavanjem iste geometrije prenika mlaznice i komore za mešanje menja se i kriva ejektora. Analizirana je promena režima rada ejektora za slučaj transporta peska (gustine 2650 kg/m³), mulja (gustine 1600 kg/m³) i vode (gustine 1000 kg/m³) [4].

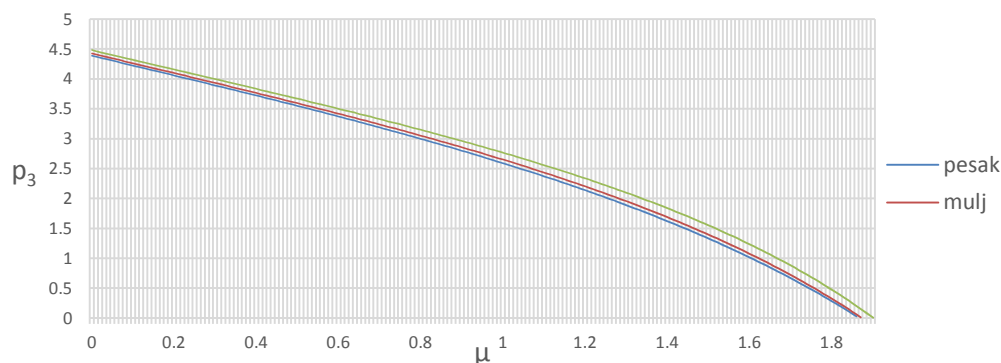
U svim slučajevima zadržana je masena koncentracija usisavane mešavine. Varirane su i vrednosti koeficijenta otpora difuzora i komore za mešanje usled korišćenja vrstih estica različitog sastava.

Odnosi gustina pri usisavanju mešavine peska i vode je 1,25, pri usisavanju mešavine mulja i vode je 1,13 i pri usisavanju iste vode je 1.

Na slici 8 prikazane su krive zavisnosti izlaznog pritiska od koeficijenta usisavanja za izračunatu geometriju u slučaju transporta peska, mulja i vode. Može se videti da je za izlazni pritisak iz ejektora 3 bar, koeficijent usisavanja iste vode 0,88 a koeficijent usisavanja mešavine vode i mulja 0,82. Poređenjem krivih ejektora, pri usisavanju iste vode i mešavine vode i mulja, sa ejektorima optimalnih geometrija, za izlazni pritisak 3 bar i koeficijente usisavanja iste vode 0,88 i mešavine vode i mulja 0,82, zaključuje se da su

potrebni niži pritisci pogonskog fluida za ostvarivanje koeficijenta usisavanja 0,8. Pritisak pogonskog fluida u slu aju usisavanja iste vode ejektorom optimalne geometrije za zadate uslove iznosi 10,028 bar, dok pritisak pogonskog fluida za usisavanju mešavine vode i mulja ejektorom optimalne geometrije, za zadate uslove, iznosi 10,025 bar. Male razlike pogonskog

pritiska pri optimalnim geometrijama ejektora i dimenzionisanoj geometriji ejektora imaju za cilj da opravdaju koriš enje jednog ejektora za usisvanje vrstih estica razli itog sastava. Stoga se dolazi do zaklju ka da koriš enje više razli itih ejektora za usisavanje peska, mulja i iste vode, u ovom slu aju, ne nalazi ekonomsku opravdanost.



Slika 8 – Krive ejektora za različite fluide

5. ZAKLJUČAK

Navedena razmatranja u radu imaju za cilj da pokažu ponašanje ejektora pri usisavanju vrstih estica razli itog sastava. Analizom je utvrđeno da pritisak pogonskog fluida raste, za iste koeficijente usisavanja, pri usisavanju estica veće i manje gustine. Tako je na konkretnom primeru pokazano da pri usisavanju estica vrste faze i vode u određenoj masenoj koncentraciji, određenoj na osnovu preporuka iz uvoda, gustina vrstih estica ne utiče bitno na promenu odnosa gustina, odnosno smanjenje koeficijenta usisavanja. U slu aju usisavanja vrstih estica bez prisustva tečnosti, promena gustine istih se odražava na mnogo veće i promene odnosa gustina pa se to odražava i na drastično smanjenje ili povećanje koeficijenta usisavanja za iste odnose razlika pritisaka. Posredstvom ovih razmatranja prikazan je dijapazon primene ejektora pri hidrottransportu, sa ciljem skretanja pažnje ka uticajnim pojavama koje mogu dovesti do neželjenog rada ejektora, odnosno neispunjavanja potreba korisnika.

SUMMARY

ANALYSIS OF THE EJECTORS FOR HYDRAULIC TRANSPORT OF DIFFERENT MATERIALS AND MIXTURES

During the past few years ejectors have been used more often in different kind of industrial plants. Ejectors are very useful in hydraulic transport of different materials mixtures. In comparison with other flow machines ejectors have many advantages, such as simple construction, easy to maintain and operate, stable operation and long lifespan. In this article are analysed ejectors for hydraulic transport of materials with different physical properties and density. An example is given, with detail comparison of ejectors with optimal geometry and ejector with specified geometry for suction of sand, sludge and pure water. In addition installation for cleaning canals, wells and sewage is presented.

Key words: ejector, hydraulic transport, mixture, solid materials

LITERATURA

- [1] Petrovi Lj, Određivanje optimalnih geometrijskih i strujnih parametara ejektora, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1981.
- [2] Šaši M, Petrovi Lj, Determination of optimal flow and geometric parameters of ejectors for hydraulic transport, ZAMM-Z. Angew. Math. Mech. 67 5, T 324–T 325, 1987.
- [3] Petrovi A, Petrovi Lj, Dedi A, Ejektorski pumpni agregati – povezivanje ejektora i pumpi, Procesna tehnika (20), 2-3, str 132-134, 2004.
- [4] Šaši M, Transport fluida i vrstih materijala cevima, Nauka knjiga, Beograd, 1990.
- [5] Šaši M, Petrovi Lj, Determination of optimal flow and geometric parameters of ejectors, Ingenieur-Archiv, Springer-Verlag, 1987.
- [6] Petrovi A, Petrovi Lj, Ejektor: teorija i primeri iz prakse, ETA, Beograd, 2009.

Nomenklatura

A_1	Unutrašnji prečnik mlaznice	m
A_3	Unutrašnji prečnik komore za mešanje	m
\dot{m}_1	Maseni protok pogonskog fluida (tečnosti) na ulazu u ejektor	kg/s
\dot{m}_{2s}	Maseni protok usisivane vrste faze na ulazu u ejektor	kg/s
\dot{m}_{2v}	Maseni protok usisivane tečnosti na ulazu u ejektor	kg/s
\dot{m}_3	Maseni protok mešavine na izlazu iz ejektora	kg/s
\sim	Koeficijent usisavanja mešavine	
\sim_{2s}	Koeficijent usisavanja vrste faze	
\sim_{2v}	Koeficijent usisavanja tečnosti	
p_1	Pritisak pogonskog fluida (tečnosti) na ulazu u ejektor	bar
p_2	Pritisak usisivane mešavine na ulazu u ejektor	bar
p_3	Pritisak mešavine na izlazu iz ejektora	bar
ζ	Odnos razlike pritisaka	
ρ_1	Gustina pogonskog fluida (tečnosti) na ulazu u ejektor	kg/m ³
ρ_2	Gustina usisivane mešavine na ulazu u ejektor	kg/m ³
ρ_3	Gustina mešavine na izlazu iz ejektora	kg/m ³
ζ_k	Koeficijent otpora komore za mešanje	
ζ_d	Koeficijent otpora difuzora	
ζ_1	Koeficijent otpora mlaznice	
ζ_2	Koeficijent otpora ulaznog priključka usisivane mešavine	
ζ	Odnos razlike pritisaka	