

Mehanizam rada i raspon djelovanja ventila za plinsko podizanje

Liović, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:551103>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-11**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij naftnog rudarstva

**MEHANIZAM RADA I RASPON DJELOVANJA VENTILA ZA PLINSKO
PODIZANJE**

Završni rad

Marin Liović

N4246

Zagreb, 2021.

MEHANIZAM RADA I RASPON DJELOVANJA VENTILA ZA PLINSKO
PODIZANJE
MARIN LIOVIĆ

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Plinsko podizanje kapljevine kao mehanička metoda podizanja (engl. *artificial lift*) ima dugotrajnu primjenu u naftnom inženjerstvu. Razlog tomu je što plinsko podizanje postiže uvjete slične onima kakvi su pri eruptivnoj proizvodnji. Plinsko se podizanje ostvaruje ugradnjom ventila na proizvodnom nizu (engl. *tubing*) koji se koriste za utiskivanje plina iz prstenastog prostora u proizvodni niz. Plin smanjuje dinamički tlak iznad točke utiskivanja i na taj način se postiže depresija tj. razlika između ležišnog i dinamičkog tlaka. S obzirom na primjenu te svojstva ležišta i ležišnog fluida koriste se razne vrste plinskih ventila. Tema ovog završnog rada je mehanizam i analiza rada ventila koji se koriste kod plinskog podizanja.

Ključne riječi: mehaničke metode podizanja kapljevine, plinski lift, plinski ventili, mehanizam rada ventila, raspon djelovanja

Završni rad sadrži: 27 stranica, 10 slika i 4 reference

Jezik izvornika: Hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Vladislav Brkić, izvanredni profesor RGNF-a

Ocjenjivači: Dr. sc. Vladislav Brkić, izvanredni profesor RGNF-a
Dr. sc. Sonja Koščak-Kolin, docentica RGNF-a
Dr. sc. Borivoje Pašić, izvanredni profesor RGNF-a

Datum obrane: 17.9.2021., Rudarsko-geološki-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	I
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUĆIH SI JEDINICA	II
1. UVOD	4
2. PLINSKI LIFT	5
2.1. Dijelovi sustava i princip rada plinskog lifta	5
2.2. Neprekidni plinski lift	6
2.3. Povremeni plinski lift.....	6
2.4. Prednosti i nedostaci korištenja plinskog lifta	7
3. MEHANIZAM I ANALIZA RADA VENTILA ZA PLINSKO PODIZANJE	8
3.1. Osnovni dijelovi ventila za plinsko podizanje.....	8
3.1.1. <i>Mijeh</i>	8
3.1.2. <i>Opruga</i>	9
3.1.3. <i>Sjedište ventila</i>	9
3.2. Podjela ventila za plinsko podizanje.....	10
3.2.1. <i>Ventil s mijehom ispunjen stlačenim plinom, bez opruge</i>	11
3.2.2. <i>Ventil s oprugom i mijehom ispunjenim nestlačivom kapljevinom</i>	13
3.2.3. <i>Diferencijalni ventil</i>	15
3.2.4. <i>Vremenski podešeni samoupravljeni ventil za plinsko podizanje</i>	17
3.2.5. <i>Ventili koji djeluju pod utjecajem tlaka iz prstenastog prostora</i>	18
3.2.6. <i>Ventili koji djeluju na tlak iz uzlaznih cijevi</i>	19

3.2.7. <i>Rasteretni ventili</i>	21
4. RASPON DJELOVANJA VENTILA ZA PLINSKO PODIZANJE	22
4.1. Primjer proračuna raspona djelovanja ventila za plinsko podizanje sa mijehom ispunjenim stlačenim plinom, bez opruge	22
4.2. Primjer proračuna raspona djelovanja ventila za plinsko podizanje sa mijehom ispunjenim nestlačivom kapljevinom, s oprugom	24
5. ZAKLJUČAK	26
6. LITERATURA	27

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Shema za plinsko podizanje nafte	3
Slika 2-2. Radni ciklus povremenog lifta.....	4
Slika 3-1. Presjek mijeha	6
Slika 3-2. Konfiguracije sjedišta kuglice	7
Slika 3-3. Shematski prikaz ventila s mijehom ispunjenim stlačenim plinom, bez opruge.....	11
Slika 3-4. Shematski prikaz konstrukcije ventila s oprugom i mijehom ispunjenim nestlačivom kapljevinom	13
Slike 3-5. Shematski prikaz konstrukcije diferencijalnog ventila za plinsko podizanje	15
Slika 3-6. Shematski prikaz konstrukcije vremenski podešavanog samoupravljanog ventila za plinsko podizanje.....	16
Slika 3-7. Shematski prikaz uobičajene konstrukcije ventila koji reagira na tlak u uzlaznim cijevima	19
Slika 3-8. Rasterećivanje neprekidnog plinskog lifta	20

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUĆIH SI JEDINICA

A_m – efektivna površina mijeha, m^2

A_s – površina sjedišta ventila, m^2

A_u – površina uređaja za uravnoteženje, cm^2

A_v – površina poprečnog presjeka vodilice, cm^2

c – pretvorbeni koeficijent = 402,75

F_{opr} – sila opruge koja djeluje pri zatvaranju, N

F_{ov} – sila otvaranja ventila, N

F_{zv} – sila zatvaranja ventila, N

g - gravitacijsko ubrzanje ($9.80665 m/s^2$)

h – visinska razlika ušća i mjesta ugradnje ventila, m

m – karakteristika nagiba krivulje prigušivanja ventila, kreće se u granicama 0,7 – 8,0 ovisno o vrsti ventila (informaciju o iznosu ovog faktora daje proizvođač)

P_a – atmosferski tlak, bar

P_d – tlak dušika pri određenoj temperaturi T_1 ($^{\circ}R$), bar

P_{mv} – tlak u mijehu, bar

P_{opr} – tlak opruge koji djeluje pri zatvaranju, bar

P_{ov} – tlak otvaranja ventila, bar

P_{tf} – tlak u tubingu kod osvajanja bušotine na razini gornjeg ventila u trenutku njegova otvaranja, odnosno izronjavanja idućeg niže postavljenog ventila, bar

P_{tv} – tlak u uzlaznim cijevima na razini ventila, bar

P_{uu} – tlak utiskivanja na ušću, bar

P_{uv} – tlak utiskivanja plina na razini ventila, bar

P_{zv} – tlak zatvaranja ventila, bar

R_m – odnos površine sjedišta (A_s) i efektivne površine mijeha (A_m)

T_c – korekcijski faktor za temperaturu

V_{pp} – obujam prstenastog prostora, m^3

ρ - gustoća utiskivanog plina, kg/m^3

Q_{gv} – volumen plina koji će proći kroz ventil u vremenu između otvaranja i zatvaranja, m^3

1. UVOD

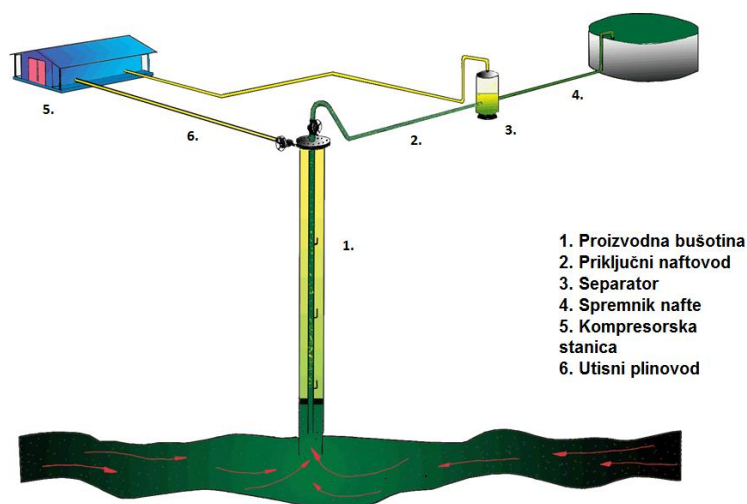
Cilj naftno-plinskog inženjerstva je stalno poboljšanje učinkovitosti rada naftnih i plinskih bušotina korištenjem odgovarajuće opreme kako bi se uz što manje troškove postigao bolji iscrpak ležišta. S obzirom na nedostatnu energiju ležišta, razvile su se mehaničke metode podizanja fluida (engl. *artificial lift*). Nakon eruptivnog pridobivanja, kada je energija ležišta premala da se svlada otpor protjecanja u proizvodnom nizu (engl. *tubing*) primjenjuju se mehaničke metode. Osnovna podjela mehaničkih metoda je na plinsko podizanje (plinski lift) i primjenu raznih vrsta dubinskih sisaljki. Plinsko podizanje je postupno pliniziranje i dizanje stupca kapljevine, koja ispunjava dio uzlaznih cijevi (Zelić, 1977). Plinski se lift primjenjuje uglavnom zbog svoje jednostavnosti, malih početnih ulaganja, malih troškova proizvodnje i otpornosti na štetne tvari (npr. pijesak). Ovisno o ležišnom tlaku, izdašnosti ležišta i raspoloživom tlaku za utiskivanje plina razlikuju se dvije vrste plinskog podizanja. Nепrekidni plinski lift, koji se koristi u ležištima visokog davanja osobito ako se koristi uzlazni niz malog promjera i ako se proizvodi pijesak i voda je plinski lift kojim se stlačeni plin iz prstenastog prostora kontinuirano utiskuje u uzlazne cijevi. Povremeni plinski lift bazira se na konceptu povremenog utiskivanja veće količine plina u prstenasti prostor koji podiže kapljevinu. Za kontrolu utiskivanja plina u uzlazni niz koriste se ventili za plinsko podizanje. Razvoj ventila za plinsko podizanje pratio je razvoj industrije. Sukladno tome mijenjala se i poboljšavala mehanika rada ventila za plinsko podizanje te je proširen raspon bušotina u kojima se ventili mogu koristiti. Tako su nastale podjele koje se odnose na izvedbu ventila, ugradnju, mjesto djelovanja tlaka i karakteristike djelovanja. Prema mjestu djelovanja tlaka, dijele se na ventile koji reagiraju na tlak u prstenatom prostoru, ventile koji reagiraju na tlak u uzlaznim cijevima i na diferencijalne ventile. Također, u slučajevima kada je tlak hidrostatskog stupca veći od tlaka utiskivanja plina kod neprekidnog plinskog podizanja, ventili se dijele na rasteretne, koji služe za rasterećenje hidrostatskog stupca i radni ventil koji se nalazi na radnoj točki utiskivanja plina koji se otvara pomoću rasteretnih ventila. U ovom radu obraditi će se podjela, konstrukcija i mehanika plinskih ventila korištenih za plinsko podizanje te raspon djelovanja rada ventila koji je vrlo bitan čimbenik u pridobivanju nafte ventilima za plinsko podizanje.

2. PLINSKI LIFT

Plinski lift, kao mehanička metoda pridobivanja nafte koristi se nakon što ležišna energija smanji i nije dovoljna za svladavanje otpora protjecanja u uzlaznom nizu cijevi. Primjena plinskog lifta omogućava daljnje crpljenje ležišta utiskivanjem stlačenog plina u uzlazni niz. Utiskivanje se ostvaruje kroz prstenasti prostor preko ventila za plinsko podizanje ugrađenog na određenoj dubini.

2.1. Dijelovi sustava i princip rada plinskog lifta

Cjeloviti sustav za plinsko podizanje sastoji se od izvora stlačenog plina, visokotlačne mreže plinovoda s uređajima za regulaciju, dubinske opreme i niskotlačne sabirne mreže cjevovoda od ušća bušotine do separatora i plinovoda od separatora do kompresora (slika 2-1.). Izvor plina za utiskivanje mogu biti plinske bušotine u blizini, magistralni plinovod u slučaju da se kupuje plin i bušotina u kojoj se primjenjuje plinski lift. Uz to se koriste i sapnice za regulaciju tlaka plina te vremenski regulatori dovoda plina kod povremenog plinskog podizanja. Stlačeni plin se utiskuje u prstenasti prostor. Plinski lift koristi energiju akumuliranu u stlačenom plinu koji svojom ekspanzijom podiže kapljevину u bušotini (Brkić, 2020). Stlačeni plin ulaskom u tubing povećava omjer plina i kapljevine i time smanjuje dinamički tlak na dnu bušotine čime se postiže veća depresija.



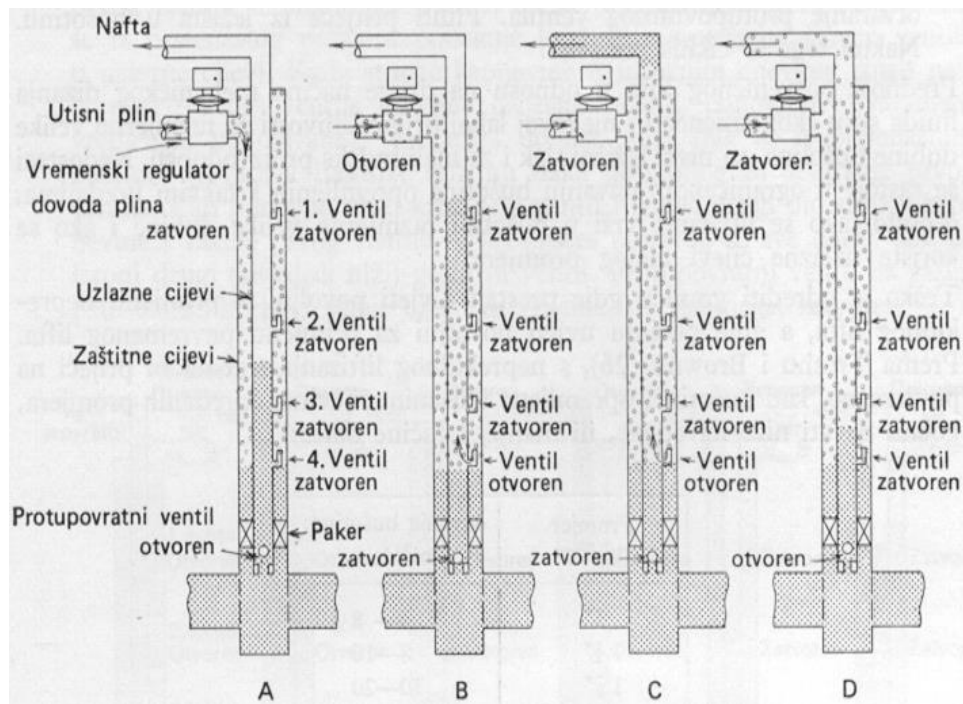
Slika 2-1. Shema za plinsko podizanje nafte (Brkić, 2020)

2.2. Neprekidni plinski lift

Neprekidni plinski lift podrazumijeva pridobivanje kapljevine iz bušotine uz neprekidno utiskivanje malog obujma plina koji smanjuje gradijent tlaka stupca kapljevine i time smanjuje dinamički tlak na dnu bušotine. To omogućava ležišnom tlaku da uz pomoć utisnutog plina iznese kapljevinu na površinu. Takva vrsta plinskog podizanja koristi se uglavnom za ležišta s visokim indeksom proizvodnosti i visokim ležišnim tlakom. Neprekidni plinski lift omogućava stalni protok s dna u bušotinu. U izvedbi neprekidnog plinskog lifta ugrađuje se uglavnom jedan radni ventil koji je za optimalan rad neprekidnog plinskog lifta najbolje postaviti što je dublje moguće. Ako je hidrostatski tlak na određenoj dubini veći od raspoloživog tlaka za utiskivanje plina koriste se rasteretni ventili. Zadaća rasteretnih ventila je smanjivanje gradijenta stupca kapljevine kako bi se vrijednost hidrostatskog tlaka smanjila ispod razine tlaka za utiskivanje plina (slika 2-2.). Broj rasteretnih ventila koje je potrebno ugraditi ovisi o dubini točke utiskivanja plina, specifičnoj težini kapljevine i tlaku utiskivanja plina kojim se raspolaže s površine.

2.3. Povremeni plinski lift

Ova vrsta plinskog lifta koristi se u proizvodnji na bušotinama s niskim ležišnim tlakom. Podizanje kapljevine ostvaruje se pomoću ventila ugrađenog pri dnu uzlaznog niza koji pušta velike količine stlačenog plina u ciklusima. Ciklus puštanja stlačenog plina podešava se prije ugradnje ventila ovisno o davanju ležišta. Velika količina stlačenog plina ulazi iz prstenastog prostora u uzlazni niz ispod akumulirane kapljevine i svojom energijom podiže ju na površinu (slika 2-2.). Kapljevina se u tubingu podiže kada je ventil zatvoren. Nakon što se stupac kapljevine podigne iznad dubine ventila, on se otvara kako bi ju iznio na površinu.



Slika 2–2. Radni ciklus povremenog lifta (Zelić, 1977)

2.4. Prednosti i nedostaci korištenja plinskog lifta

Glavna prednost plinskog lifta je jednostavnost ugradnje i niska početna ulaganja. Također, lako je prilagodljiv s obzirom na količinu i dubinu odnosno visinu dizanja kapljevine (Zelić, 1977). Na rad plinskog lifta ne utječu voda i krute čestice (npr. pijesak) koje se proizvode uz kapljevinu. Zbog jednostavnosti rada pogodan je i za bušotine s visokim udjelom plina za razliku od dubinskih sisaljki. Ventili za plinsko podizanje mogu se ugrađivati u horizontalnim bušotinama i bušotinama kojima je dno oštećeno ili iskrivljeno tijekom frakturiranja. Kontroliranjem tlaka plina kojeg se utiskuje može se kontrolirati davanje bušotine. Naravno, plinski lift nije primjenjiv u slučaju da nema raspoloživog plina za utiskivanje. Nekada korištenje plinskog podizanja nije isplativo zbog prevelike udaljenosti između bušotina s centralnim izvorom stlačenog plina. Plinsko podizanje primjenjivo je, ali s malom efikasnošću u ležištima iz kojih se proizvodi nafta visoke gustoće ($>900 \text{ kg/m}^3$) i viskoznosti. Također, za iznošenje malih količina kapljevine plinski lift nije pogodan zbog „plinskog sklizanja“ tj. zaostajanja kapljevine unutar uzlaznog niza u odnosu na plin.

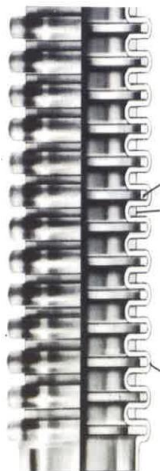
3. MEHANIZAM I ANALIZA RADA VENTILA ZA PLINSKO PODIZANJE

Kako bi se shvatio princip rada ventila za plinsko podizanje, potrebno je znati osnovne dijelove ventila i njihove zadaće kojima se određuju karakteristike djelovanja ventila.

3.1. Osnovni dijelovi ventila za plinsko podizanje

3.1.1. Mijeh

Mijeh je mehanička naprava s pravilno naboranom površinom (slika 3-1.). Mijeh svoj unutrašnji volumen pretvara u pravocrtno kretanje pomoću vretena stiskanjem (gnječenjem) i rastezanjem. U plinskom je ventilu s gornje strane učvršćen pomoću navoja čiji je nosač zalemljen na tijelo plinskog ventila. U donjem je dijelu navoj za njegovu osovinu koja završava zapornom kuglicom. U primjeni kod ventila za plinsko podizanje mijeh se može kombinirati s oprugom. Prema načinu djelovanja dijelimo ih na mijeh bez tlaka koji se uparuje s oprugom i mijeh s tlakom bez opruge. Kombinacija mijeha pod tlakom i opruge postoji, ali u takvim slučajevima sila opruge može, ali i ne mora sudjelovati u zatvaranju ventila već se može koristiti kao mehanička zaštita mijeha. Tlak u mijehu ostvaruje se ispunom glave mijeha stlačenim plinom, uglavnom dušikom koji je inertan i ne djeluje korozivno.



Slika 3-1. Presjek mijeha (Turkalj i Budimić, 2009)

Mijeh bez tlaka s oprugom

Unutrašnjost ovog mijeha ispunjena je 5% silikonskom tekućinom protiv korozije i graničnicima protiv preopterećenja uslijed djelovanja visokog tlaka na vanjsku površinu plašta (Turkalj, Budimić, 2009). Tlak iz prstenastog prostora djeluje na površinu plašta i pomiče mijeh okomito otvarajući ventil. Da bi se to dogodilo tlak mora savladati silu opruge jer mijeh ne pruža skoro nikakav otpor već samo prenosi silu na oprugu. Zato je u ovakvoj izvedbi mijeha opruga neizostavan dio. Padom tlaka u prstenastom prostoru, prevladava sila opruge i ventil se zatvara. Ventili opremljeni mijehom bez tlaka uglavnom se koriste za povremeno plinsko podizanje.

Mijeh pod tlakom

Kao što je već rečeno, unutrašnjost mijeha pod tlakom ispunjena je uglavnom dušikom. Mijeh pod tlakom čine tlačna komora s visokotlačnim igličastim ventilom i priključkom za punjenje dušika i zalemljenim plaštom mijeha (Turkalj i Budimić, 2009). Unutrašnjost mijeha, kao i kod mijeha bez tlaka ispunjena je određenom količinom tekućine 5% silikona i vode radi zaštite od korozije te graničnicima hoda mijeha. U ovom slučaju tlak iz prstenastog prostora djelovanjem na vanjsku površinu plašta mijeha mora savladati tlak u tlačnoj komori i mijehu kako bi se ventil otvorio.

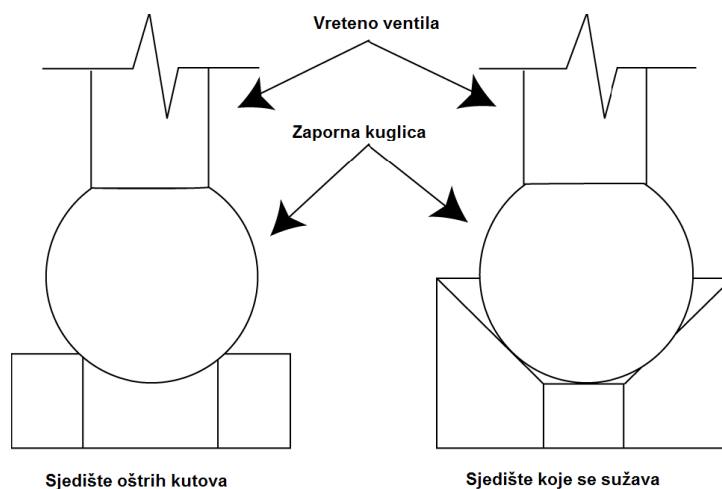
3.1.2. Opruga

Opruga je dio koji je sposoban akumulirati energiju. Baš zbog te karakteristike opruga se koristi u ventilima za plinsko podizanje s mijehom bez tlaka. Sila opruge pokušava ventil držati zatvorenim cijelo vrijeme. Kad tlak iz prstenastog prostora dosegne određenu veličinu, mijeh i opruga se pomiču po vertikalnoj osi i pomiču kuglu iz sjedišta. Opruga zadržava tu energiju i nakon pada tlaka sila opruge zatvara ventil.

3.1.3. Sjedište ventila

Sjedište ventila i kuglica izrađeni su od tvrdog metala čije su karakteristike otpornost na

koroziju i visoka tlačna čvrstoća. Po potrebi, sjedišta ventila izvode se na dva načina. Mogu biti izvedena kao sjedišta oštih kutova ili sjedišta koja se sužavaju (slika 3-2.). Naravno, oblik sjedišta ovisi o tome koliku dodirnu površinu tlaka iz tubinga i zaporne kuglice se želi ostvariti. S obzirom na to da na donji dio kuglice djeluje tlak iz uzlaznog niza cijevi, promjenom površine otvora sjedišta ventila ili promjenom tipa sjedišta možemo djelovati na karakteristike rada ventila za plinsko podizanje.



Slika 3-2. Konfiguracije sjedišta kuglice (https://petrowiki.spe.org/Gas_lift_valve_mechanics)

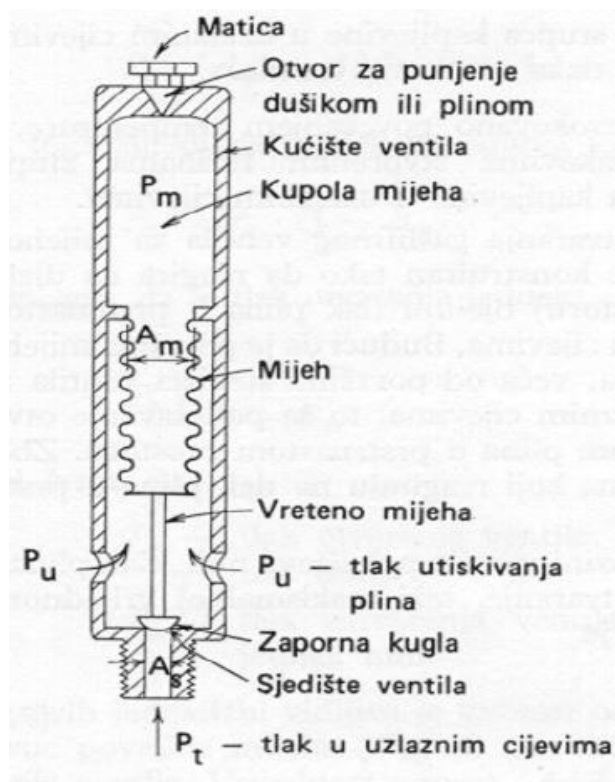
Važnost promjera otvora ventila

Promjer otvora ventila važan je i za neprekidno i povremeno plinsko podizanje. Pokusima je ustanovljeno da je brzina dizanja stupca kapljevine kod povremenog plinskog podizanja veća ako je otvor ventila koji služi za utiskivanje veći (Zelić, 1977). Analizom rezultata pokusa koje su proveli K. Brown i F.W. Jenssen zaključeno je da je djelotvornost iznošenja kapljevine veća kada se koristi veći promjer otvora ventila. Također, pri istoj količini utiskivanog plina, ventil s većim otvorom za utiskivanje iznosio je više kapljevine što znači da je sklizanje kapljevine bilo manje. Veliki promjer ventila zahtjeva i manju snagu kompresora koji utiskuje plin.

3.2. Podjela ventila za plinsko podizanje

3.2.1. Ventil s mijehom ispunjen stlačenim plinom, bez opruge

Ventili s mijehom ispunjenim stlačenim plinom, bez opruge (slika 3-3.) uglavnom se koriste u procesu stalnog plinskog podizanja. Ventil se sastoji od glave ispunjene stlačenim plinom i mijeha s kojim čini cjelinu. Vodicica mijeha na vrhu može imati kuglasti ili konusni završetak koji odsjeda u sjedište ventila.



Slika 3-3. Shematski prikaz ventila s mijehom ispunjenim stlačenim plinom, bez opruge (Zelić, 1977)

Sile koje otvaraju i zatvaraju ventil mogu se izraziti ovako:

$$F_{zv} = P_{mv} \times A_m \quad (3-1.)$$

-gdje su:

F_{zv} – sila zatvaranja ventila, N

P_{mv} – tlak u mijehu, Pa

A_m – efektivna površina mijeha, m²

$$F_{ov} = P_{uv} \times (A_m - A_s) + P_{tv} \times A_s \quad (3-2.)$$

-gdje su:

F_{ov} – sila otvaranja ventila, N

P_{uv} – tlak utiskivanja plina na razini ventila, bar

A_s – površina sjedišta ventila, m^2

P_{tv} – tlak u uzlaznim cijevima na razini ventila, bar

Tlak utiskivanja plina obavezno se mora mjeriti na razini utiskivanja plina zbog gradijenta stupca fluida. Iz toga proizlazi da je tlak utiskivanja plina na razini ventila jednak zbroju tlaka utiskivanja na ušću i gradijenta tlaka fluida:

$$P_{uv} = P_{uu} + \rho \times g \times h \quad (3-3.)$$

-gdje su:

P_{uu} - tlak utiskivanja na ušću, bar

ρ - gustoća utiskivanog plina, kg/m^3

g - gravitacijsko ubrzanje ($9.80665 m/s^2$)

h – visinska razlika ušća i mjesta ugradnje ventila, m

Ako se uzme da je tlak utiskivanja plina jednak tlaku otvaranja ventila izraz se može preformulirati:

$$P_{ov} = \frac{P_{mv}}{1-A_s/A_m} - P_{tv} \times \frac{A_s/A_m}{1-A_s/A_m} = \frac{P_{mv}-P_{tv} \times R_m}{1-R_m} \quad (3-4.)$$

-gdje su:

P_{ov} – tlak otvaranja ventila

R_m – odnos površine sjedište i efektivne površine mijeha (A_s/A_m)

Spomenuti odnos bitan je faktor u odnosu tlakova otvaranja i zatvaranja ventila za plinsko podizanje. Posebno je koristan pri proračunu uređaja za plinsko podizanje koji sadrži više vrsta ventila različitih otvora sjedišta. U određenim literaturama se izraz ($\frac{A_s/A_m}{1-A_s/A_m}$) naziva faktorom učinka tubinga, a izraz za sam učinak tubinga glasi:

$$\Delta P_t = P_{tv} \left(\frac{A_s/A_m}{1-A_s/A_m} \right). \quad (3-5.)$$

Za zatvaranje ventila sila koja djeluje u smjeru otvaranja ventila mora se smanjiti ispod vrijednosti sile koju pruža tlak u mijehu. Zatvaranje počinje kada se sile otvaranja i zatvaranja izjednače:

$$P_{zv} = P_{uv} \times (1 - R_m) + P_{tv} \times R_m \quad (3-6.)$$

Ako ventil s mijehom ispunjenim stlačenim plinom ima i oprugu u jednadžbu se mora dodati i sila opruge na koju također utječu tlak utiskivanog plina i tlak stupca fluida iz proizvodnog niza:

$$F_{opr} = P_{opr} \times (A_m - A_s) \quad (3-7.)$$

-gdje su:

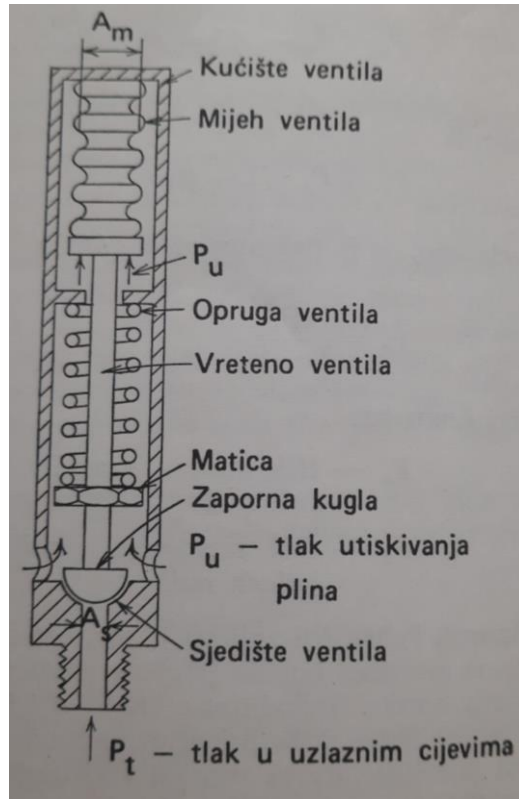
F_{opr} – sila opruge koja djeluje pri zatvaranju, N

P_{opr} – tlak opruge koji djeluje pri zatvaranju, bar

P_{zv} – tlak zatvaranja ventila, Pa

3.2.2. Ventil s oprugom i mijehom ispunjenim nestlačivom kapljevnom

Ventil s mijehom ispunjen nestlačivom kapljevnom s oprugom (slika 3-4.) koristi se najčešće kao restretni ventil za osvajanje bušotine prilikom stalnog plinskog podizanja. Mijeh je ispunjen nestlačivom kapljevnom koja služi kao zaštita od preopterećenja, a tlak zatvaranja ventila podešavamo na oprugi koja je najvažniji element u ovakvim ventilima.



Slika 3-4. Shematski prikaz konstrukcije ventila s oprugom i mijehom ispunjenim nestlačivom kapljevinom (Zelić, 1977)

S obzirom na to da je sila opruge jedina sila kojom reguliramo tlak otvaranja i zatvaranja ventila može se pisati:

$$F_{zv} = F_{ov} \quad (3-8.)$$

$$F_{zv} = F_{opr} \quad (3-9.)$$

Na oprugu djeluju dvije sile: tlak utiskivanog plina koji djeluje na površinu mijeha i tlak stupca fluida iz tubinga koji djeluje na zapornu kuglu.

Opterećenje koje stvaraju te sile preuzima opruga iz čega proizlaze iduće jednačbe:

$$F_{ov} = P_{uv} \times (A_m - A_s) + P_{tv} \times A_s \quad (3-10.)$$

tj.

$$F_{opr} = P_{uv} \times (A_m - A_s) + P_{tv} \times A_s \quad (3-11.)$$

S obzirom na to da su tlak utiskivanog plina i tlak u proizvodnom nizu na razini ventila jednaki kada krene zatvaranje ventila jednačbu (3-9.) može se pisati:

$$F_{opr} = P_{zv} \times (A_m - A_s) + P_{zv} \times A_s = P_{zv} \times A_m \quad (3-12.)$$

Iz čega slijedi:

$$P_{zv} \times A_m = P_{uv} \times (A_m - A_s) + P_{tv} \times A_s \quad (3-13.)$$

Tlak zatvaranja je:

$$P_{zv} = P_{uv} - R_m \times (P_{uv} - P_{tv}) \quad (3-14.)$$

Bitna karakteristika ovog ventila je njegova propusna moć:

$$Q_{gv} = m(P_{tf} - P_{tv}) \times c \quad (3-15.)$$

-gdje su:

Q_{gv} – propusna moć ventila za plinsko podizanje, m³/dan

m – karakteristika nagiba krivulje prigušivanja ventila, kreće se u granicama 0,7 – 8,0 ovisno o vrsti ventila (informaciju o iznosu ovog faktora daje proizvođač)

P_{tf} – tlak u tubingu kod osvajanja bušotine na razini gornjeg ventila u trenutku njegova otvaranja, odnosno izronjavanja idućeg niže postavljenog ventila, bar

P_{tv} – tlak u tubingu na razini ventila za plinsko podizanje pri kojem se on zatvara

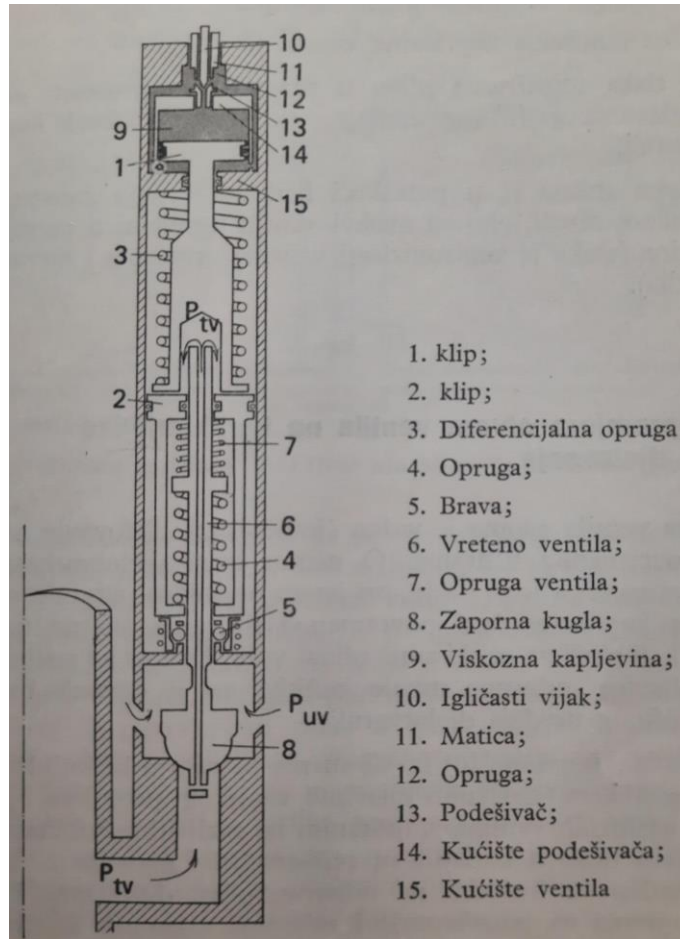
c – pretvorbeni koeficijent = 402,75

3.2.3. Diferencijalni ventil

Rad diferencijalnog ventila (slika 3-5.) temelji se na razlici tlakova u prstenastom prostoru i uzlaznom nizu na razini njegove ugradnje. Diferencijalni tlakovi pri kojima se ventil otvara i zatvara određeni su prije ugradnje. Ovi se ventili koriste isključivo za neprekidno plinsko podizanje. U kućištu ventila nalaze se opruga, vodilica, vreteno, protupovratni ventil, zaporna kugla i sjedište, a na vanjskom dijelu kućišta nalaze se obično dvije sapnice. Zajednička površina otvora dviju sapnica mora biti manja od površine sjedišta ventila zbog smanjenja tlaka pri protjecanju plina kroz sapnicu koje u obrnutom slučaju bilo premalo da bi se ventil zatvorio.

3.2.4. Vremenski podešeni samoupravljeni ventil za plinsko podizanje

Vremenski podešeni samoupravljeni ventili (engl. *time control valves*) su ventili namjenjeni isključivo za povremeno plinsko podizanje. Aktiviraju se djelovanjem tlaka kapljevine u uzlaznim cijevima (engl. *internal pressure operated*). Ventil u sebi ima mehanizam za podešavanje njegova otvaranja i zatvaranja. Izveden je iz dva dijela, u gornjem dijelu ventila nalazi se uređaj za podešavanje trajanja utiskivanja plina, a u radnom dijelu ventila nalazi se mehanizam za zatvaranje i otvaranje ventila (slika 3-6.). U gornjem dijelu nalazi se viskozna kapljevina koja ovisno o pomicanju klipa cirkulira ispod ili iznad njega. Njena viskoznost je uglavnom 0,1 – 0,2 m²/s. Vrijeme upuštanja podešava se mijenjajući otvore sapnica kroz koje tekućina prolazi ovisno o potrebnom vremenu utiskivanja plina. Ventil se aktivira zbog razlike tlaka u uzlaznim cijevima i tlaka utiskivanog plina. Tlak otvaranja podešava se na diferencijalnoj opruzi. Ovaj ventil ima i bravu čija je svrha da zabravi vodilicu kada se ventil otvori i zadrži ju tijekom utiskivanja plina. Kada se ventil počne zatvarati brava oslobađa vodilicu, a opruga zatvara ventil. Ovakvi su ventili posebno praktični jer ne zahtjevaju podešavanje plina s površine, imaju veliki promjer za utiskivanje plina i vrlo su djelotvorni.



Slika 3-6. Shematski prikaz konstrukcije vremenski podešavanog samoupravljanog ventila za plinsko podizanje (Zelić, 1977)

3.2.5. Ventili koji djeluju pod utjecajem tlaka iz prstenastog prostora

Ventili koji djeluju pod utjecajem tlaka iz prstenastog prostora su ventili koji u sebi imaju mehanizam koji služi za uravnoteženje zbog čega mogu imati veliki promjer sjedišta ventila i propuštati velike količine plina. Zato se ovi ventili koriste uglavnom za povremeno plinsko podizanje. Dije se na uravnotežene i djelomično uravnotežene ventile. Uravnoteženi ventili su oni ventili kod kojih je zbroj površine vodilice i otvora jednaka površini uređaja za uravnoteženje:

$$A_u = A_s + A_v \quad (3-20.)$$

-gdje je :

A_u – površina uređaja za uravnoteženje, cm^2

Prednost ovih ventila je što se pri malom rasponu djelovanja mogu koristiti veće površine otvora za utiskivanje plina. Nedostatak ovih ventila je što su skuplji od običnih ventila za povremeno plinsko podizanje i što se zbog njihove komplicirane konstrukcije često događaju kvarovi, osobito zbog oštećenja brtvenog prstena ili zaribavanja vodilice.

Uravnoteženi ventili

Jednadžba ravnoteže sila u trenutku otvaranja uravnoteženog ventila glasi:

$$P_{uv} \times (A_m - A_v) + P_{uv} \times (A_u - A_s) = P_{mv} \times A_m \quad (3-21.)$$

Znajući da je $A_u = A_s + A_v$ i uzimajući da je tlak P_{uv} tlak otvaranja ventila iz gornje jednadžbe možemo zaključiti da je tlak otvaranja jednak tlaku u mijehu ($P_{ov} = P_{mv}$).

Djelomično uravnoteženi ventili

Djelomično uravnoteženi ventili konstruirani su tako da im raspon djelovanja ovisi o površini vodilice. Tlak otvaranja kod ovakvih ventila djeluje na površinu koja je manja od efektivne površine mijeha jer je površina vodilice veća od površine sjedišta ($A_v > A_s$). Jednadžba ravnoteže otvaranja ovog ventila stoga glasi:

$$P_u \times (A_m - A_v) + P_u \times A_s + P_{tv} \times (A_v - A_s) = P_{mv} \times A_m \quad (3-22.)$$

3.2.6. Ventili koji djeluju na tlak iz uzlaznih cijevi

Ventili koji djeluju na tlak iz uzlaznih cijevi (*engl. internal pressure operated valves*) ili neuravnoteženi ventili (slika 3–7.) koriste se uglavnom za povremeno plinsko podizanje. Ventil se otvara djelovanjem tlaka stupca fluida koji djeluje na efektivnu površinu mijeha. Tlak stupca fluida je dakle tlak za otvaranje ventila ili tlak okidanja (*engl. trigger pressure*). Specifičnost ovih ventila je ugrađen uređaj za prigušivanje zbog velikih udaraca na mijeh koji se događaju zbog razlike tlakova u prstenastom prostoru i uzlaznom nizu. Neuravnoteženi ventili mogući su u tri izvedbe:

1. Ventil s mijehom, ispunjenim stlačenim plinom, bez opruge

Jednadžba ravnoteže za ovu izvedbu glasi:

$$P_{tv} \times (A_m - A_s) + P_{uv} \times A_s = P_{mv} \times A_m \quad (3-23.)$$

Obzirom na to da je tlak u tubingu zapravo tlak otvaranja (okidanja) ventila ($P_{ov} = P_{tv}$) slijedi:

$$P_{ov} = \frac{P_{mv} - P_{uv} \times R_m}{1 - R_m} \quad (3-24.)$$

2. Ventil s oprugom i mijehom, bez tlaka u mijehu

Jednadžba ravnoteže za ovu izvedbu glasi:

$$P_{ok} \times (A_m - A_s) + P_{uv} \times A_s = P_{opr} \times (A_m - A_s) \quad (3-25.)$$

ili

$$P_{ok} = P_{opr} - P_{uv} \times \frac{R_m}{1 - R_m} \quad (3-26.)$$

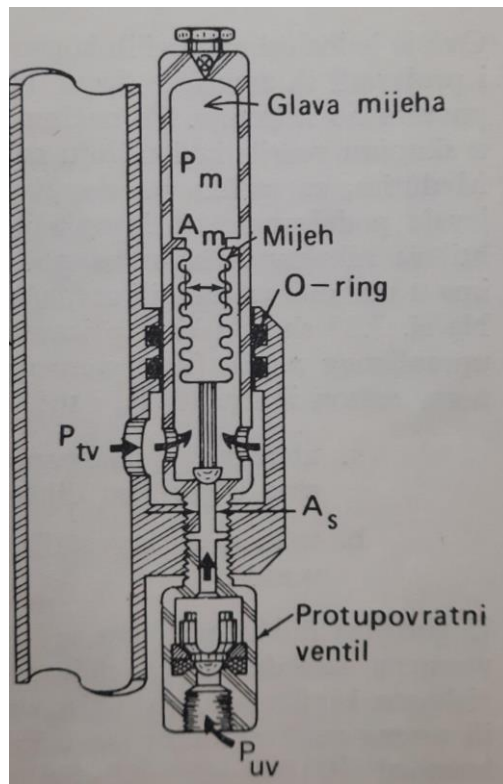
3. Ventil s mijehom ispunjenim stlačenom plinom, s oprugom

Jednadžba ravnoteže za ovu izvedbu glasi:

$$P_{ov} \times (A_m - A_s) + P_{uv} \times A_s = P_{mv} \times A_m + P_{opr} \times (A_m - A_s) \quad (3-27.)$$

ili

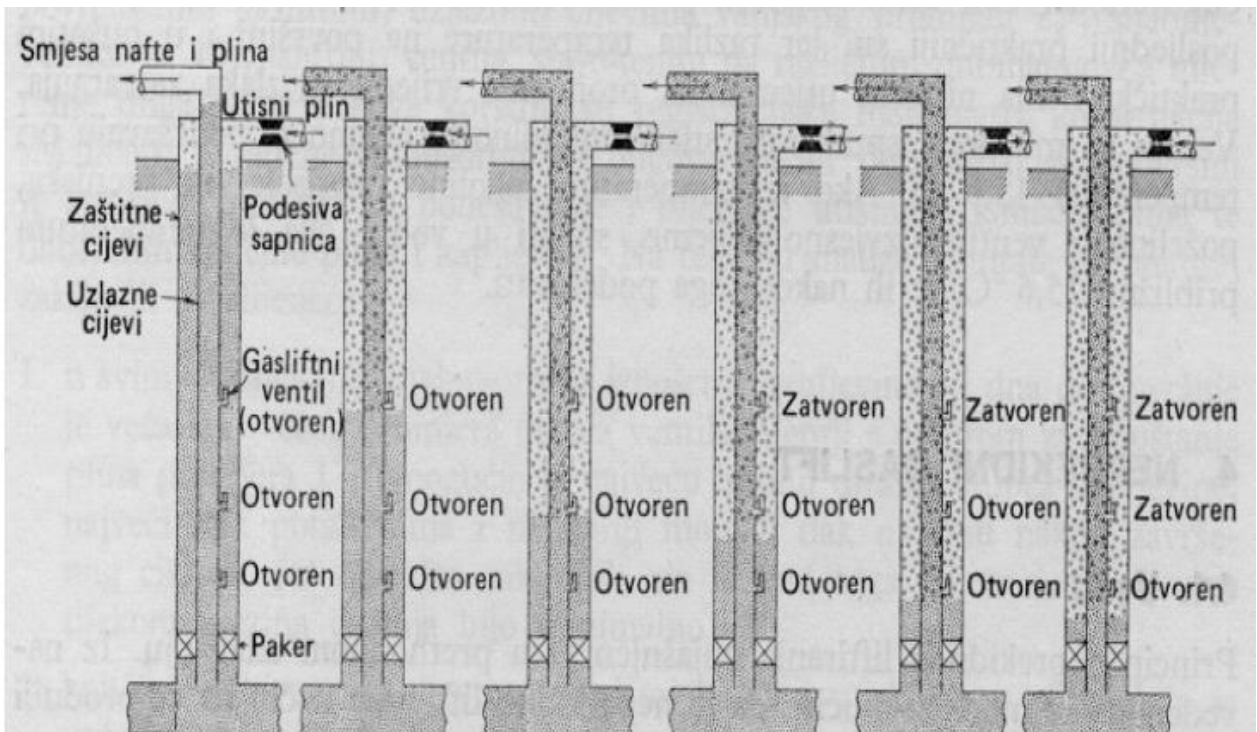
$$P_{ok} = \frac{P_{mv} - P_{uv} \times R_m}{1 - R_m} + P_{opr} \quad (3-28.)$$



Slika 3-7. Shematski prikaz uobičajene konstrukcije ventila koji reagira na tlak u uzlaznim cijevima (Zelić, 1977)

3.2.7. Rasteretni ventili

Rasteretni ventili koriste se kako bi se smanjio tlak stupca kapljevine pri ugradnji radnog ventila (engl. *operating valve*) zbog velikih tlakova u uzlaznom nizu. S radom počinju od manjih prema većim dubinama. Rasteretni ventili ugrađuju se otvoreni. Puštanjem plina, kapljevina se protiskuje u uzlazni niz. Razina kapljevine u prstenastom prostoru se snižava dok plin ne počne utjecati u uzlazni niz kroz prvi ventil. Kada prvi ventil počne s radom, kapljevina u uzlaznom nizu iznad prvog ventila se plinizira i nastaje depresija. Plin dolazi do drugog ventila i počinje utjecati kroz njega, a razina kapljevine u prstenastom prostoru i dalje opada. Zbog velikih količina plina koje ulaze na dva ventila smanjuju se gradijent stupca kapljevine i tlak plina u prstenastom prostoru koji su držali prvi ventil otvoren. Prvi rasteretni ventil se zatvara, a plin počinje ulaziti na treći rasteretni ventil. Kako vrijednost tlaka iznad svakog pojedinog ventila opada ventili se redom zatvaraju i plin se utiskuje sve dublje. Postupak se ponavlja dok se plin ne krene utiskivati kroz radni ventil koji se ne zatvara (slika 3-8.). Radni ventil obično je pri dnu uzlaznog niza i nakon što se ostvari stacionaran protok on je jedini koji radi tijekom stalnog plinskog podizanja.



Slika 3-8. Rasterećivanje neprekidnog plinskog lifta (Zelić, 1977)

4. RASPON DJELOVANJA VENTILA ZA PLINSKO PODIZANJE

Raspon djelovanja ventila za plinsko podizanje određen je razlikom tlaka otvaranja i zatvaranja ventila.

$$(S_p = P_o - P_z) \quad (4-1.)$$

-gdje je:

S_p – raspon djelovanja ventila, bar

Takva karakteristika posebno je bitna za ventile koji se koriste za povremeno plinsko podizanje. Maksimalni radni uvjeti ili gornja granica djelovanja ventila za plinsko podizanje je onog trenutka kada je tlak u tubingu nasuprot ventila jednak nuli. S povećanjem tlaka u uzlaznom nizu smanjuje se raspon djelovanja ventila za plinsko podizanje.

4.1. Primjer proračuna raspona djelovanja ventila za plinsko podizanje sa mijehom ispunjenim stlačenim plinom, bez opruge:

Osobine ventila: 1. Tlak u mijehu = 42 bar

2. Efektivna površina mijeha $A_m = 9,6774 \text{ cm}^2$

3. Površina sjedišta zaklopca $A_s = 0,64516 \text{ cm}^2$

4. $R_m = A_s / A_m = 0,64516 / 9,6774 = 0,066667$

5. Tlak u tubingu $P_{tv} = 27 \text{ bar}$

Tlak otvaranja ventila po jednadžbi (3-4) tada iznosi:

$$P_{ov} = \frac{42 - 27 \times 0,066667}{1 - 0,066667} = 43,07 \text{ bar}$$

S obzirom na to da je tlak u mijehu kod ove vrste ventila ujedno i tlak zatvaranja ventila, raspon djelovanja po jednadžbi (4-1) iznosi:

$$S_p = 43,07 - 42 = 1,07 \text{ bar}$$

Uzme li se da je ventil na ispitnom stolu pri temperaturi od $15,6^\circ\text{C}$, gdje je $P_{tv} = 0$ vrijednost tlaka otvaranja iznosi:

$$P_{ov} = \frac{42 - 0}{1 - 0,066667} = 45,00 \text{ bar}$$

Raspon djelovanja ventila tada iznosi:

$$S_p = 45,00 - 42 = 3,00 \text{ bar}$$

Jasno je da se raspon djelovanja smanjuje s povećanjem tlaka u tubingu . Raspon djelovanja ventila može se mijenjati promjenom površine sjedišta zaklopca ili promjenom površine mijeha. Većina ventila za plinsko podizanje nema promjenjivu površinu mijeha pa se ventil potrebnim uvjetima podizanja prilagođava uglavnom promjenom površine sjedišta zaklopca (A_s). Naime, mijenjanjem površine sjedišta zaklopca ventila mijenjamo osjetljivost ventila na djelovanje tlaka iz tubinga i njegov raspon djelovanja.

Uzmu li se podaci iz prethodnog primjera, s razlikom da je površina sjedišta zaklopca sada $A_s = 0,97\text{cm}^2$ dobiva se:

$$R_m = \frac{0,97}{9,6774} = 0,10026$$

Kada je $P_{tv} = 0$ tlak otvaranja ventila će biti:

$$P_o = \frac{42,0}{1-0,10026} = 46,68 \text{ bar}$$

Raspon djelovanja u tim uvjetima iznosi:

$$S_p = 46,68 - 42 = 4,68 \text{ bar}$$

Kada je $P_{tv} = 27$ bar tlak otvaranja iznosi:

$$P_o = \frac{42-27 \times 0,10026}{1-0,10026} = 43,67 \text{ bar}$$

Raspon djelovanja je u tom slučaju jednak:

$$S_m = 43,67 - 42 = 1,67 \text{ bar}$$

Iz izračunatih podataka može se zaključiti kako će se s povećanjem sjedišta zaklopca s $0,64516\text{cm}^2$ na $0,97\text{cm}^2$ uz stalnu površinu mijeha maksimalni tlak otvaranja ventila povećati s $45,00$ bar na $46,68$ bar, a raspon djelovanja s $3,00$ bar na $4,68$ bar.

Tlak otvaranja ventila s mijehom ispunjenim stlačenim plinom promjenjiva je veličina. Tlak otvaranja kod ovog ventila ovisi o radnoj temperaturi, tlaku u uzlaznim cijevima i tlaku u prstenastom prostoru. Povećanje tlaka otvaranja, uzrokovano promjenom temperature, uglavnom se nadoknađuje reguliranjem tlaka utiskivanog plina i stupca kapljevine u uzlaznim cijevima. S obzirom na to da je površina mijeha (A_m) na koju djeluje tlak utiskivanog plina veća od površine sjedišta na kojeg djeluje tlak iz tubinga, ove se ventile regulira pomoću tlaka utiskivanog plina i naziva ih se „ventilima koji reagiraju na tlak plina u prstenastom prostoru“. Dakle, što je manji tlak u tubingu, potreban je veći tlak plina iz prstenastog prostora za otvaranje ventila. Ventil se zatvara onda kada je tlak u mijehu veći od maksimalnog tlaka utiskivanja plina.

4.2. Primjer proračuna raspona djelovanja ventila za plinsko podizanje sa mijehom ispunjenim nestlačivom kapljevinom, s oprugom:

Tlak otvaranja ventila s oprugom i mijehom ispunjenim nestlačivom kapljevinom podešava se silom opruge. U mijehu nema tlaka, nestlačiva kapljevinina je u njemu isključivo kao zaštita od preopterećenja. S obzirom na to da je ovaj ventil jednake građe kao ventil s mijehom ispunjenim stlačenim plinom i da tlakovi djeluju na iste površine može se koristiti ista jednadžba. Jedina je razlika da se u ovom slučaju svladava sila opruge, a ne otpor mijeha.

Osobine ventila: 1. Tlak zatvaranja podešen na opruzi $P_{zv} = 40$ bar

2. Efektivna površina mijeha $A_m = 9,6774 \text{ cm}^2$

3. Površina sjedišta zaklopca $A_s = 0,64516 \text{ cm}^2$

4. $R_m = A_s/A_m = 0,64516/9,6774 = 0,066667$

5. Tlak u tubingu $P_{tv} = 27$ bar

Tlak otvaranja pri bušotinskim uvjetima iznosi:

$$P_{ov} = \frac{40 - 27 \times 0,066667}{1 - 0,066667} = 40,93 \text{ bar}$$

Raspon djelovanja tada iznosi:

$$S_m = 40,93 - 40 = 0,93 \text{ bar}$$

Na ispitnom stolu, pri standardnoj temperaturi i tlaku 0 bar, tlak otvaranja iznosi:

$$P_{ov} = \frac{40}{1 - 0,066667} = 42,86 \text{ bar}$$

Tada je raspon djelovanja:

$$S_m = 42,86 - 40 = 2,86 \text{ bar}$$

Raspon djelovanja kod ventila s oprugom i mijehom raste s padom tlaka u tubingu.

Uzmu li se podaci iz prethodnog primjera i izmjeni li se tlak na koji je opruga podešena s 40 na 50 bara, tlak otvaranja u bušotinskim uvjetima iznosi:

$$P_{ov} = \frac{50 - 27 \times 0,066667}{1 - 0,066667} = 51,64 \text{ bar}$$

i tada je raspon djelovanja:

$$S_m = 51,64 - 50 = 1,64 \text{ bar}$$

Tlak otvaranja na ispitnom stolu tada je:

$$P_{ov} = \frac{50}{1 - 0,066667} = 53,57 \text{ bar}$$

Raspon djelovanja u tom slučaju iznosi:

$$S_m = 53,57 - 50 = 3,57 \text{ bar}$$

Promjenom podešenog tlaka opruge, maksimalni raspon djelovanja povećao se s 2,86 bar na 3,57 bar.

Ventili s oprugom i mijehom ispunjenim nestlačivom kapljevinom osjetljivi su na tlak iz tubinga. Koriste se za osvajanje bušotine kod neprekidnog plinskog podizanja. Ugrađuju se jedan ispod drugoga. Nakon što prvi ventil spusti tlak u tubingu ispod vrijednosti tlaka utiskivanog plina na razini ventila, ventil se zatvara i plin iz prstenastog prostora otvara prvi niži ventil. Proces se ponavlja dok se radni ventil koji je ugrađen pri dnu niza ne otvori. Njihova propusna moć određena je razlikom tlaka u tubingu na razini ventila iznad prilikom otvaranja prvog ventila ispod i tlaka u tubingu na razini ventila prilikom njegovog zatvaranja. Raspon djelovanja vrlo je bitan jer o njegovoj vrijednosti ovisi količina plina koja se može smjestiti u prstenastom prostoru između tlaka otvaranja i tlaka zatvaranja ventila. Količina tog plina također ovisi i o obujmu prstenastog prostora. Ako se u dvije bušotine različitog obujma prstenastog prostora ugrade ventili s jednakim rasponom djelovanja, tada će u uzlazne cijevi bušotine s većim volumenom prstenastog prostora ući veći volumen plina. Na temelju toga može se zaključiti da se u bušotine s većim obujmom prstenastog prostora treba ugrađivati ventil s manjim rasponom djelovanja kako bi se izbjegao prevelik obujam plina koji bi ušao u uzlazni niz. Drugim riječima, ako je površina mijeha konstantna, treba se koristiti ventil s manjom površinom sjedišta zaklopca ventila. Isto vrijedi i obratno, kada se koristi ventil s većom površinom sjedišta zaklopca za bušotine s malim volumenom prstenastog prostora. Jednadžba koja opisuje ovisnost volumena prstenastog prostora i volumena plina koji će ući u uzlazni niz glasi:

$$Q_{gv} = \frac{V_{pp}}{P_a} \times (P_{ov} - P_{zv}) \quad (4-2.)$$

-gdje su:

Q_{gv} – količina plina koja će proći kroz ventil u vremenu između otvaranja i zatvaranja ventila, m^3

V_{pp} – obujam prstenastog prostora, m^3

P_a – atmosferski tlak, bar

5. ZAKLJUČAK

Plinsko podizanje, kao mehanička metoda podizanja fluida koristi se već dugo vremena. Zbog svoje jednostavne ugradnje, ekonomičnosti i načina proizvodnje koja je vrlo slična eruptivnoj, plinsko podizanje je u širokoj upotrebi. Podizanje kapljevine na površinu ostvaruje se smanjenjem njene gustoće pomoću plina koji se utiskuje iz prstenastog prostora bušotine kroz ventil za plinsko podizanje u uzlazni niz. To se ostvaruje pomakom zapornog elementa ventila u trenutku kada se premaši tlak otvaranja na koji je ventil podešen. Ventil se zatvara onog trenutka kada vrijednost tlaka koji djeluje na ventil padne ispod vrijednosti tlaka zatvaranja ventila. Plinski ventili i njihov mehanizam jednostavne su izvedbe. Sa samo tri glavna elementa kojima se može prilagođavati tlak otvaranja i zatvaranja ventila, ventili se mogu prilagoditi raznim uvjetima koji su potrebni za efikasno iznošenje kapljevine. Tlak otvaranja svih ventila reguliran je tlakom mijeha ili opruge te površinom sjedišta zaklopca ventila. Kod neprekidnog plinskog podizanja važni su rasteretni ventili koji će postepeno umanjivati gradijent stupca kapljevine kako bi se otvorio radni ventil koji će neprekidno utiskivati plin iz prstenastog prostora u uzlazni niz. Najvažnija karakteristika ventila za povremeno plinsko podizanje je raspon djelovanja kojeg određuje razlika tlaka otvaranja i zatvaranja ventila. Raspon djelovanja bitan je zbog regulacije količine utisnutog plina u uzlazni niz. Ventil s mijehom ispunjenim stlačenim plinom i ventil s oprugom i mijehom ispunjenim nestlačivom kapljevinom imaju vrlo slične raspone djelovanja. Unatoč tome, ventil s mijehom ispunjenim stlačenim plinom osjetljiv je na temperaturu. Iz tog razloga u bušotine čiji su uvjeti takvi da se radi na visokim temperaturama bolje je ugrađivati ventile s mijehom ispunjenim nestlačivom kapljevinom i oprugom pazeći na to da se opruga dobro podesi. Također, kod ventila s mijehom ispunjenim stlačenim plinom prilikom čestog utiskivanja malih količina plina iz prstenastog prostora dolazi do poremećaja tlaka otvaranja čime ventil gubi svrhu pa je i u takvim situacijama bolje koristiti izvedbu ventila s oprugom.

6. LITERATURA


1. BRKIĆ, V., 2020. Proizvodnja nafte i plina 1; bilješke s predavanja, neobjavljeno, Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet
2. TURKALJ, I. i BUDIMIĆ, R., 2008. Katalog opreme za plinsko podizanje nafte, izd. Zagreb: INA d.d.
3. ZELIĆ, M., 1977. Tehnologija pridobivanja nafte i plina eruptiranjem i gasliftom, izd. Zagreb: INA-NAFTAPLIN

INTERNET IZVORI:

4. https://petrowiki.spe.org/Gas_lift_valve_mechanics (16.8.2021.)

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj završni rad pod naslovom „Mehanizam rada i raspon djelovanja ventila za plinsko podizanje“ izradio samostalno na temelju znanja stečenih na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu služeći se navedenom literaturom.



Marin Liović



KLASA: 602-04/21-01/156
URBROJ: 251-70-12-21-2
U Zagrebu, 15.9.2021.

Marin Liović, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/156, URBROJ: 251-70-12-21-1 od 30.4.2021. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

MEHANIZAM RADA I RASPON DJELOVANJA VENTILA ZA PLINSKO PODIZANJE

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Izv.prof.dr.sc. Vladislav Brkić nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Voditelj:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Vladislav Brkić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Vladislav Brkić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Dalibor
Kuhinek

(titula, ime i prezime)