

## Ştanqlı dərinlik nasoslarında yaranan triboelektrik effektinin nasosun məhsuldarlığına təsiri

A.M. Məmməd-zadə, F.Q. Həsənov,

t.ü.f.d., E.E. Abdullayev

"Neftqazəlmətdəqiqatlayihə" İnstitutu

e-mail: fazil.f.hasanov@socar.az

**Açar sözlər:** ştanqlı nasos qurğusu, dolma əmsali, triboelektrik effekt, qəbul klapanı, elektrik potensialı, yüklənmə, maqnit induksiya.

DOI.10.37474/0365-8554/2022-9-44-47

Влияние трибоэлектрического эффекта, возникающего в штанговых глубинных насосах, на производительность насоса

A.M. Мамед-заде, Ф.Г. Гасанов, д.ф.т.н., Э.Э. Абдуллаев  
НИПИнефтегаз

**Ключевые слова:** установка штангового насоса, коэффициент наполнения, трибоэлектрический эффект, клапан приемный, электрический потенциал, нагрузка, магнитная индукция.

Известно, что отделение газа в результате попадания свободного газа в насос или снижения давления внутри цилиндра способствует уменьшению коэффициента наполнения, а это в свою очередь приводит к снижению производительности насоса. Авторы статьи предполагают, что помимо этого одним из факторов, влияющих на коэффициент наполнения насоса является трибоэлектрический эффект, возникающий в клапанах.

В статье анализированы результаты теоретических и экспериментальных исследований этого эффекта. На основе эксперимента проведен математико-статистический анализ и выявлено, что при устранении влияния трибоэлектрического эффекта можно добиться увеличения коэффициента наполнения на 2-3 %.

Triboelectric effect occurred in sucker-rod pumping unit on the pump productivity

A.M. Mammad-zade, F.G. Hasanov, PhD in Tech. Sc., E.E. Abdullayev  
"Oil-Gas Scientific Research Design" Institute

**Keywords:** sucker-rod pump installation, pump efficiency, triboelectric effect, intake valve, electric potential, load, magnetic induction.

It is known that the separation of gas as a result of free gas entry into the pump or the pressure decrease within the cylinder contributes to the reduction of pump efficiency, and this, in its turn, leads to the decrease of pump productivity as well. The paper authors suppose that one of the aspects affecting the pump efficiency is the triboelectric effect occurring in the valves.

The paper analyzes the results of theoretic and experimental studies of this effect. Based on the experiment, a mathematic-statistic analysis is carried out and it is revealed that with the elimination of the triboelectric effect, the increase of pump efficiency for 2-3 % is possible.

Məqalə aparılmış elmi-tədqiqat işinin təcrübə-sınaq nəticələrinə əsasən yazılmışdır. Əsas məqsəd ştanqlı dərinlik nasosu qurğularında triboelektrik effektinin nasosun işinə təsirinə araşdırılmasıdır. İlk olaraq çıxarılan mayenin nasos qurğusunun statik və dinamik hissələrinə sürtünməsi nəticəsində elektrik yükü alışı-verişi olub olmaması araşdırılmış və gözləntilər öz təsdiqini tapmışdır.

Tədqiqatın əsas məqsədi nasosun mənfi cəhətləri və effektivliyinin əsas göstəricilərindən biri olan silindrin daxili həcmində neftlə dolmasını xarakterizə edən dolma əmsalının aşağı olması səbəblərinin aradan qaldırılmasıdır. Buna təsir edən bir çox amillər araşdırılmışdır [1-4]. Belə ki, dərinlik nasosu işləyərkən qazın (sərbəst və ya neftdə həll olan dispers qaz) zərərli təsiri ilə mübarizə aparmaq üçün aşağıdakı üsullar mövcuddur:

- vurucu klapanı plunjerin aşağı hissəsində yerləşdirmək yolu ilə zərərli fəzanın həcmində kiçildilməsi, yəni plunjerin aşağı vəziyyətində sorma və vurma klapanlarının mümkün qədər bir-birinə yaxınlaşdırılması;

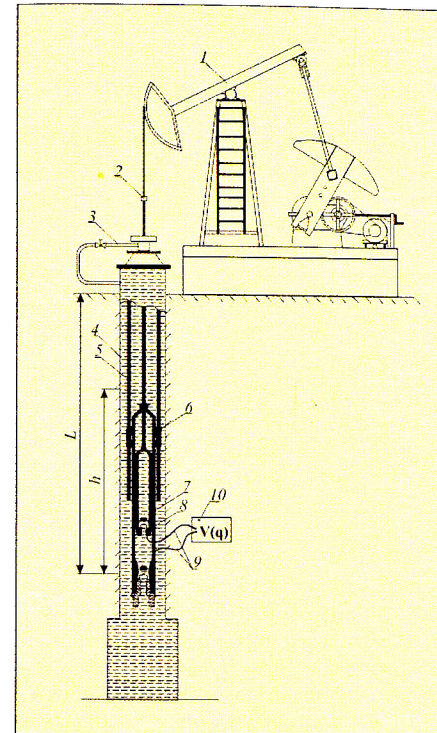
- plunjerin gediş yolunun uzunluğunun artırılması;

- nasosun dalma dərinliyinin artırılması, belə ki, bu zaman dalma təzyiqi artır və bununla əlaqədar olaraq, neftin hər vahid həcmində nasosa daxil olan sərbəst qazın mütləq həcmi azalır;

- nasosun qəbulunda olan sərbəst qazı boru-axması fəzaya ötürmək üçün xüsusi tərtibatların, yəni qaz lövbərlərinin tətbiqi edilmişdir.

Biz isə indiyə kimi toxunulmayan məsələlərə aydınlıq gətirməyə çalışacağıq. Təcrübələr şəkil 1-də göstərilən qurğuda aparılmışdır. Məlum olduğu kimi plunjerin yuxarı hərəkətində silindrin daxili və xaricindəki təzyiqlər fərqi hesabına qə-

bul klapanı açılır və neft silindrə dolur. Bu zaman silindr daxilində təzyiq doyma təzyiqindən aşağı olduğu üçün qaz neftdən ayrılır və silindr tam dolmur, yəni ölü fəza yaranır. Bundan əlavə plunjer maksimum nöqtədə ani dayanaraq aşağı hərəkətə başlayır və bu müddət ərzində kürəvi klapanın gec bağlanması neftin geri axmasına gətirib çıxarır. Bu cür problemlərin aradan qaldırılması üçün elektrokinetik fenomenin təsirinə araşdırılması məqsədilə aparılan tədqiqat işinin nəticələri məqalədə öz əksini tapmışdır. Məlumdur ki, iki müxtəlif material bir-birinə sürtünərsə onlar öz elektrokimyəvi potensiallarını bərabərləşdirmək üçün elektrik yükü alışı-verişi edəcəklər. Bu yüklər birindən digərinə elektron və ya ion molekullar vasitəsilə transfer ola bilər [5-7].

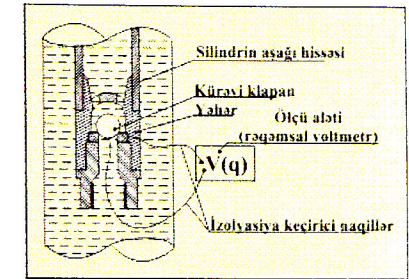


Şəkil 1. Quyu ştanqlı dərinlik nasosunun təcrübə-sınaq qurğusunun sxemi:

1 - yərüstü hissə (mancanaq dəzgahtı); 2 - nasosun asqısı; 3 - geri dönüş xətti (klapanı); 4 - qoruyucu kəmə; 5 - nasos-kompressor boruları; 6 - qıfıl dayağı; 7 - nasos silindri; 8 - nasosun plunjeri; 9 - izolyasiyalı keçirici naqillər; 10 - yüklənməni ölçmək üçün hassas cihazlar (rəqəmsal voltmetr və elektrometr); h - mayenin dinamik səviyyəsi; L - nasosun daldırılma dərinliyi

Beləliklə, tədqiqata əvvəlcə nasosun hərəkətə olan (plunjer) və hərəkətsiz (silindr) hissələri arasında hər hansı bir elektrik potensialı fərqi yaranıb-olmadığı araşdırılmaqla başlanılmışdır (bax: şəkil 1). Bu zaman nəzəriyyə özünü doğrultmadı. Bunun səbəbi isə onunla izah olunur ki, belə vəziyyətlərdə triboelektrik effekt aşkarlansa da metal hissələr bir-birinə toxunduğu üçün onların səthində toplanan yüklər kontakt hissələr vasitəsilə torpaqlanaraq neytrallaşır. Bundan əlavə sürtünən hissələrin birinin digərinə nəzərən qızması metal hissələrin daxilində çox kiçik potensial fərqi yaranmasına və bu da cüzi elektrik cərəyanına səbəb ola biləcəyi də ehtimal olunan variantlar arasındadır. Buradan belə bir nəticəyə qəlmək olar ki, dərinlik nasos qurğusunun bütün hissələrinin metal olması, eyni zamanda hər bir hissənin digərilə əlaqədar olması və nəticədə torpaqla əlaqələnməsi bizim elektrik yüklərini və bundan yaranan potensial fərqi təyin etməyimizə mane olsa da nasos nöqtəyi-nəzərdən bu çox yaxşı əlamətdir.

Beləliklə növbəti mərhələ olaraq nasosla əlaqəsi qismən və ya tamamilə kəsilən hissələr, yəni klapanlarda ölçü aparmaqla tədqiqata davam etdirilir. Ölçmənin sxemi aşağıdakı kimidir (şəkil 2).

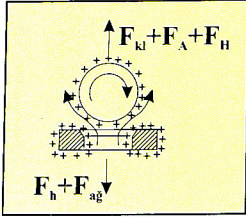


Şəkil 2. Qəbul klapanı

Əvvəlcə hassas rəqəmsal cihazlarla hissələrin üzərində götürülmüş iki nöqtə arasındakı potensial fərqi ölçək. Zamanla dəyişən potensial fərqi aşağıdakı qrafikdə təsvir olunmuşdur. Göründüyü kimi, ritmik olaraq fərqi sıfır olduğu nöqtlərə rast gəlinir, bu isə onunla izah olunur ki, nasosun plunjerinin yuxarı hərəkətində silindrin daxili və xaricində yaranan təzyiqlər fərqi hesabına (başqa sözlə klapanın altında və üstündə) klapan açılaraq maye silindrə daxil olarkən kürəci və yəhər arasında əlaqə kəsilir, təzyiqlər fərqi azalan kimi əlaqə yenidən bərpa olunur (şəkil 3). Şəkiləndə göründüyü kimi, kürəvi klapan təsir edən əsas şaquli qüvvələr aşağıya doğru ağırlıq qüvvəsi ( $F_A$ ), silindr dolduqdan sonra daxilindəki maye sütunun

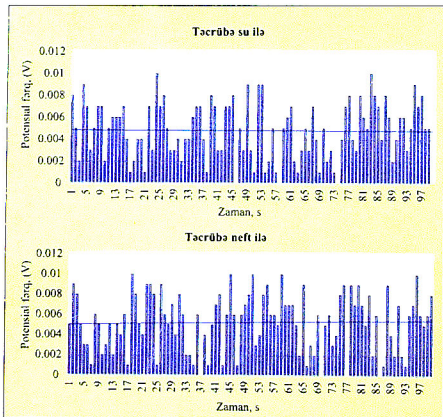


hidrostatik təzyiqli qüvvəsi ( $F_h$ ), yuxarıya doğru isə Arximed qüvvəsi ( $F_A$ ), silindrin xaricindəki hidrostatik təzyiqli qüvvəsi ( $F_H$ ) və nəhayət təyin etdiyimiz Kulon qüvvəsidir ( $F_{kl}$ ). Qeyd etmək lazımdır ki, ölçü aparmaq üçün klapanı birləşdirilmiş naqıl onun maye qəbulu zamanı xaosit hərəkətini məhdudlaşdırdığı üçün ölçmənin dəqiqliyi reallığı tam əks etdirmir. Lakin bununla belə ilkin analiz üçün bu da kifayət edir.



Şəkil 3. Qəbul klapanı yüklənmə sxemi

Təcrübələr su, yüngül qazovl və yüksək özlüklü neftlə aparılmışdır. Bütün hallarda bir-birinə yaxın rəqəmlər alınmışdır. Lakin riyazi-statistik analiz zamanı su və neft məhsulları ilə aparılan təcrübənin fərqi hiss olunmuş və nəticələr qrafiklərdə əks olunmuşdur (şəkil 4). Belə ki, su ilə alınan nəticə üçün korrelyasiya əmsalı təqribən sıfır, neft üçün isə müsbət olaraq təyin olunmuşdur. Bu onunla izah edilə bilər ki, su keçirici (elektrik), neft isə qeyri-keçiricidir (dielektrik) və elektrik yüklərini toplamaq və özündə saxlamaq xüsusiyyətinə malikdir. Bunun isə uzunmüddətli istismar zamanı hasilata mənfəət təsir göstərəcəyi proqnoz olunur.



Şəkil 4. Su və neft ilə aparılan təcrübələrin qrafik təsviri

Şəkil 3-də kürəvi klapanın triboelektrik effekti səbəbindən yüklənmə sxemi təsvir olunmuşdur. Müsbət yüklənmə şərti olaraq göstərilmişdir. Belə ki, proses zamanı mənfəət yüklənmə halları və eyni zamanda kürə ilə yəhərin müxtəlif (kürə mənfəi, yəhər müsbət və ya əksinə) yüklənməsi ehtimalları da mümkündür. Aydın ki, hər iki hal əleyhimizədir, çünki eynicinsli yüklər olduğu zaman yaranan itələmə qüvvələri klapanın bağlanmasına, əksicinsli yüklənmə zamanı yaranan cazibə qüvvələri isə klapanın açılmasına mane olacaqdır.

Məlumdur ki, yüklərin (yüklü cisimlərin) qarşılıqlı təsiri Kulon qüvvəsi ilə xarakterizə olunur

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \text{ və vakuum üçün } k \text{ əmsalı } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

ilə təyin edilir. Baxdığımız mühit (neft üçün  $\epsilon_n$ ) üçün isə nisbi dielektrik nüfuzluğu  $\gamma \approx 2.2$  olduğunu nəzərə alaraq və yüklərin miqdarının zamanla dəyişmədiyini hesab edərək qüvvənin ( $F$ ) sadəcə yüklü cisimlər arasındakı məsafənin ( $r$ ) bir funksiyası olduğunu qəbul edərək hesablayaq [8]. Lakin toplanan yükün miqdarı da zamanla dəyişdiyi üçün bu model reallığı tam əks etdirməyəcək. Laboratoriya şəraitində yüklənməni təyin etdiyimiz zaman  $7.5 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$  ilə  $11 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$  arasında dəyişən qiymətlər alınır. Bütün bunları nəzərə alsaq və məsafənin  $\approx 1 \text{ sm}$  olduğunu şərti qəbul etsək, o zaman kürə və yəhər arasında yaranan Kulon qüvvəsinin qiyməti aşağıdakı kimi olar

$$F = 5 \cdot 10^9 \frac{(8 \cdot 10^{-9})^2}{10^{-4}} = 3.2 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

Belə vəziyyətdə, cisimlər arasında məsafə  $1 \text{ sm}$  ( $10^{-2} \text{ m}$ ) olduğu zaman itələmə qüvvəsi  $3.2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$  olur. Cisimlər arasındakı məsafə nə qədər qısalarsa qüvvənin qiyməti də kvadrata qədər artar.

Qeyd edək ki, tədqiqat davam edir və bu cür effektlərin nasos üçün başqa hansı neqativ təsirlər yaratdığı araşdırılır. Bu cür halların aradan qaldırılması üçün ilkin olaraq nasosun girişinə həlqəvi maqnitlərdən ibarət xüsusi qurğunun yerləşdirilməsi təklif olunur. Belə ki, həmin hissədən daxil olan qeyri-polyar neft molekulları maqnit induksiya vasitəsilə polyarlaşdırılaraq nasosun girişinə ötürülür.

#### Nəticə

1. Təcrübə əsasında riyazi statistik analiz aparılmış və uzun dövrdə triboelektrik effektin təsirləri aradan qaldırılarsa nasosun dolma əmsalının 2-3 % artırılmasına nail olmaq mümkündür.

2. Bu effektin təsirinin aradan qaldırılmasına

lay məhsulunu xüsusi hazırlanmış maqnit sahəsindən keçirməklə nail olmaq mümkündür. Belə ki, xüsusi maqnit sahəsindən keçən işçi agent polyarlaşmaya məruz qalır və bu da daha nizamlı axın yaranmasına səbəb olur.

3. Bundan əlavə olaraq maqnitlə təsir həm də silindrdə qaz ayrılmasının qarşısının alınmasına xidmət edir. Belə ki, proses nəticəsində işçi agentin dispersliyi artır və dispers qaz hissəcik-

ləri müəyyən istiqamət götürür ki, bu da qaz qabarcıqlarının birləşməsi və böyüməsinin qarşısını alır. Eyni zamanda daha əvvəl aparılmış tədqiqatlar göstərmişdir ki, maqnitlə təsir boru kəmərinin uzunluğu boyunca təzyiqli itkilərinin (sürtünmə, sürüşmə və s.) azalmasına bununla da maye axınına, hidravlik müqavimətə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir və məhsuldarlığın artmasına səbəb olur.

#### Ədəbiyyat siyahısı

1. Багиров М.К., Рустамов Э.М., Мовламов Ш.С., Кязимов Ш.П. Добыча нефти скважин штанговыми насосами. – Баку: Чашиоглы, 2001, 344 с.
2. Mustafayev S.D. Quyuların ştanqlı dərinlik nasos üsulu ilə istismarı. – Bakı: Elm, 2010, 678 s.
3. Canəhmədov Ə.X., Hümətov H.H., Vahidov M.A., Eyvazova Z.E. Quyuların ştanqlı nasos qurğusu. – Bakı: Çəşioğlu, 1999, 464 s.
4. Багиров О.Т. Влияние магнитных полей на электризацию водонефтяных систем // Известия вузов СССР. Нефть и газ, 1986, № 3, с. 34-37.
5. Məmmədzadə A.M. Neftqazçıxarmada fiziki sahələrin və qeyri-tarazlı effektlərin tətbiqinin nanotexnoloji əsasları. Bakı, 2021.
6. Jürgen Gagner. Tribology – Fundamentals and Advancements, InTech-2013.
7. Shuaihang Pan, Zhinan Zhang. Fundamental theories and basic principles of triboelectric effect: A review, Springerlink.com, 2018, ISSN 2223-7690.
8. Martin J.N. Sibley. Introduction to Electromagnetism from Coulomb to Maxwell, CRC Press-2021.

#### References

1. Bagirov M.K., Rustamov E.M., Movlamov Sh.S., Kyazimov Sh.P. Dobycha nefi skvazhin shtangovymi nasosami. – Bakı: Chashioglu, 2001, 344 s.
2. Mustafayev S.D. Guyuların shtangli derinlik nasos usulu ile istismarı. – Bakı: Elm, 2010, 678 s.
3. Janahmadov A.Kh., Humbatov H.H., Vahidov M.A., Eyvazova Z.E. Guyu shtangli nasos gurghusu. – Bakı: Chashioglu, 1999, 464 s.
4. Bagirov O.T. Vliyaniye magnitnykh poley na elektrizatsiyu vodonefityanykh sistem // Izvestiya vuzov SSSR. Neft i gaz, 1986, No 3, s. 34-37.
5. Mammadzade A.M. Neftqazchikarmada fiziki sahelerin ve qeyri-tarazli effektlarin tetbiginin nanotekhnoloji esaslari. Bakı, 2021.
6. Jürgen Gagner. Tribology – Fundamentals and Advancements, InTech-2013.
7. Shuaihang Pan, Zhinan Zhang. Fundamental theories and basic principles of triboelectric effect: A review, Springerlink.com, 2018, ISSN 2223-7690.
8. Martin J.N. Sibley. Introduction to Electromagnetism from Coulomb to Maxwell, CRC.