

## Şaxəli nasos stansiyalarının idarəetmə rejimlərini təkmilləşdirməklə lay təzyiqinin saxlanması sisteminin enerji səmərəliliyinin artırılması haqqında

F.S. Əliyev<sup>1</sup>, E.M. Fərhadzadə<sup>2</sup>,  
E.F. Əliyev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>"Neftqazemittədqiqatlayihə" İnstitutu,

<sup>2</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

**Açar sözlər:** lay təzyiqi, nasos stansiyası, elektrik enerjisi, məhsuldarlıq, enerji səmərəliliyi, elektrik mühərriki.

DOI.10.37474/0365-8554/2021-4-27-31

e-mail: eliyevfaiq@mail.ru

**О повышении энергоэффективности системы поддержания пластового давления за счет улучшения режимов управления кластерными насосными станциями**

Ф.С. Алиев<sup>1</sup>, Е.М. Фархадзаде<sup>2</sup>, Е.Ф. Алиев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИПИнефтегаз,

<sup>2</sup>Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

**Ключевые слова:** пластовое давление, насосная станция, электроэнергия, производительность, энергоэффективность, электродвигатель.

Рассмотрены вопросы повышения энергоэффективности систем поддержания пластового давления (ППД) за счет снижения непроизводительных потерь электроэнергии. Для этого изучена структура потребителей электроэнергии в системе ППД, выявлены элементы с наибольшими непроизводительными потерями мощности, а также проанализированы существующие методы управления насосными станциями и пути их совершенствования.

Исследования показывают, что 55–60 % непроизводительных потерь мощности при добыче нефти приходится на систему ППД, причем большая их часть приходится на насосные агрегаты. В первую очередь это связано с неэффективным управлением режимами их работы. Таким образом, поскольку большинство используемых методов регулирования направлено только на обеспечение необходимых объемов закачки, энергетическая сторона вопроса не принимается во внимание. Это не только приводит к увеличению потерь мощности в системе, но и не позволяет расширить возможности управления режимами работы насосных агрегатов. Установлено, что с помощью метода регулирования производительности насосных агрегатов изменением частоты вращения вала можно добиться как расширения технологических возможностей насосной станции, так и минимизации непроизводительных потерь мощности.

**On increase of energy efficiency of support system for formation pressure due to the improvement of control regimes of cluster pump stations**

F.S. Aliev<sup>1</sup>, E.M. Farhadzade<sup>2</sup>, E.F. Aliev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>"Oil-Gas Scientific Research Project" Institute,

<sup>2</sup>Azerbaijan State University of Oil and Industry

**Keywords:** formation pressure, pumping station, power, productivity, energy efficiency, electric engine.

The paper reviews the issues of increasing energy efficiency of support systems for formation pressure (FPS) due to the reducing non-productive power loss. For this purpose, the structure of power consumers in FPS system has been studied and the elements with the most productive power loss revealed, as well as existing methods for pump stations control and their advancement ways analyzed.

The research works show that 55–60 % of non-productive power loss in oil production belong to the FPS system, and the great part of it falls within the pump units. Foremost, it is associated with non-efficient control of their operation regimes. Thereby, as the great majority of applied regulation methods is directed only to provide necessary injection capacity, power issue is not taken into account. It not only leads to the increase of power losses within the system, but also disables enhancement of prospects for control on operation regimes of pumping units. It was defined that with the method of regulation of productivity of pumping unit by changing the frequency of shaft rotation, it is possible to achieve the extension of technological options of pump station and minimize non-productive power loss as well.

Hazırda laya su vurmaqla təzyiğin saxlanılması neft hasilatının artırılması üçün tətbiq olunan üsullar sırasında xüsusi yer tutur. Bu üsuldən həm yatağın ilkin işlənmə mərhələsində, həm də lay təzyiqinin hidrostatik səviyyəyə qədər azaldığı hallarda istifadə olunur [1, 2].

Lay təzyiqinin saxlanması (LTS) sisteminin tətbiqindən sonra neft yataqlarının işlənmə proseslərinin energetik balansında yeni şərait yaranır. Buna layların təbii enerjisi, quyu avadanlıqlarına verilən və suyun vurulmasına sərf edilən enerji də əlavə olunur.

Araşdırmalardan məlumdur ki, elektrik enerjisi xərclərinin neftin maye dəyərindəki xüsusi çəkisi 30–35% təşkil edir, bunun da 26–35%-i LTS sisteminin payına düşür. Eyni zamanda neft hasilatında qeyri-məhsuldar elektrik enerjisi itkilərinin 15–25% intervalında olduğu halda, bunun 55–60%-ini LTS sistemində baş verən itkilər təşkil edir. Ona görə də neft hasilatında elektrik enerjisi sərfiyyatının azaldılmasına yönəlməmiş araşdırmalar iqtisadi cəhətdən aktual hesab olunur [3].

Məqalə elektrik enerjisi qənaət və qeyri-məhsuldar itkilərin azaldılması yolu ilə LTS sistemlərinin enerji səmərəliliyinin artırılması məsələlərinə həsr edilmişdir. Enerji səmərəliliyinin artırılması dedikdə, lay təzyiqinin bərpası və saxlanılması üçün minimum enerji sərf etməklə, maksimum həcmdə neftin çıxarılmasını təmin edən texnoloji, texniki və təşkilati tədbirlər, həmçinin onların yerinə yetirilmə ardicilliyi nəzərdə tutulur.

LTS sisteminin ən vacib tərkib hissəsi şaxəli nasos stansiyaları (ŞNS) hesab olunur. Burada istifadə edilən nasos aqreqatları isə sistemin ən çox enerji istehlak edən elementləridir. Belə ki, LTS sistemində elektrik enerjisi istehlakının 80–90%-i, qeyri-məhsuldar enerji itkilərinin isə 70%-dən çoxu nasos aqreqatlarının payına düşür [4].

LTS sisteminin nasos stansiyalarında elektrik enerjisi itkilərinin başvermə səbəblərini şərti olaraq iki qrupa ayırmaq olar:

- istifadə olunan nasos aqreqatlarının növü, hidravlik şəbəkənin fərdi xüsusiyyətləri və neft yatağının işlənmə sxemində uyğun seçilmiş mədən avadanlığından asılı olan itkilər;
- nasos aqreqatlarının qeyri-səmərəli iş rejimləri ilə əlaqədar itkilər.

Birinci qrup itkilərin azaldılması şərtləri layihə-konstruktor təşkilatları və istehsal müəssisələrinin səlahiyyətlərinə aiddir.

İkinci qrup itkiləri isə nasos aqreqatlarının qeyri-səmərəli iş rejimlərini yaranan səbəblər və

onların aradan qaldırılması yollarını müəyyənləşdirməklə minimum endirmək mümkündür.

Nasos aqreqatlarında böyük enerji itkiləri nasosların elektrik intiqalının idarəetmə səviyyəsinin aşağı olması və uyğun olaraq, ŞNS-in neft yatağının dəyişən işlənmə şəraitinə uyğunlaşmamasını zəifliyi ilə izah edilir. Bundan əlavə, zaman keçdikcə paralel işləyən nasos aqreqatlarının hidravlik və energetik xüsusiyyətlərində fərq yaranır ki, bu da aşağı məhsuldarlıq nasos aqreqatlarının əlavə elektrik enerjisi sərfiyatına səbəb olur.

Nasos aqreqatlarının elektrik mühərriklərinin texnoloji prosesin real tələbatına uyğun optimal gücünün müəyyən edilməsi də ŞNS-in energetik və texnoloji səmərəliliyinin artırılmasına yönəlməmiş tədbirlərin vacib bir hissəsidir. Belə ki, nasosun yüklənmə diapazonunun genişləndirilməsi və nasos aqreqatlarının gücündən səmərəli istifadə edilməsi məqsədilə, mühərrikin gücü elə seçilməlidir ki, stator sarğılarının qızmasına yol verilməsin. Əks halda bu, izolyasiyanın köhnəlmə prosesini sürətləndirməklə tomirlərarası müddətin qısalmasına səbəb olar. Elektrik mühərrikinin düzgün seçilməsi, eyni zamanda elektrik intiqalının digər elementlərinin də düzgün seçilməsi, həmçinin sistemin texnoloji səmərəliliyini müəyyənləşdirir. Həddindən artıq güc ehtiyatına malik elektrik mühərrikinin seçilməsi avadanlıq fondundan səmərəsiz istifadə edilməklə xərclərin artmasına, mühərrikin energetik göstəricilərinin və güc əmsalının aşağı olması səbəbindən elektrik şəbəkəsində itkilərin artmasına gətirib çıxaracaqdır.

Beləliklə, LTS sistemində yüksək elektrik enerjisi itkisi probleminin qənaətbəxş hallı yolu nasos aqreqatlarının iş rejimlərinə nəzarət etmək üçün mövcud və yeni yanaşmaların tətbiqinin aparılmasıdır [5].

Mövcud suvurma texnologiyasına görə, yüksək suqəbulədicili quyulardakı təzyiqlə uyğunlaşdırılacaq boğucular (ştuserlər) vasitəsilə tənzimlənir [6]. Ştuserlər, iş prinsipinə görə, axın məhdudlaşdırıcı elementlərdir və yüksək təzyiğin tələb olunduqan artıq olduğu quyularda quraşdırılır. Tətbiqinin sadəliyi və istismar xərclərinin aşağı olmasına baxmayaraq, bu üsulun bir sıra çatışmayan cəhətləri var ki, bunlardan da ən başlıcası sistemdə qeyri-məhsuldar elektrik enerjisi itkilərinin artmasıdır. Digər bir nöqsanı isə vurulan suyun həcmində yalnız nasos aqreqatlarının idarəedilməsi vasitəsilə tənzimlənməsinə imkan verir.

Hər bir nasos aqreqatının və ya ümumilikdə nasos stansiyasının məhsuldarlığının tənzimlənməsi üçün əsas üsul kimi hələ də çıxış xəttindəki siyirtmədən istifadə edilir [7]. Bu üsuldən də əsas çatışmazlığı, ştuser üsulunda olduğu kimi, sistemdə qeyri-məhsuldar elektrik enerjisi itkilərinin artması və məhsuldarlığın yalnız azalma istiqamətində tənzimlənməsinə imkan verir. Bundan əlavə, bu üsuldən təbii qeyri-məhsuldar enerji çıxışı xəttində təzyiqin artması kiplik və qəpəyici qurğuların istismar müddətinin azalmasına, həmçinin birləşmə və kipliklərdən mayenin sızmasına səbəb olur.

Geniş yayılmış tənzimləmə üsullarından biri də axının bir hissəsinin çıxış xəttindən bəyap xətti və tənzimləyicili klapan vasitəsilə yenidən nasosun girişinə yönəltməklə həyata keçirilir. Bu zaman mayenin dövrüylənmə sərf olunan enerji faydalı iş yaratmış, bu da LTS sistemində qeyri-məhsuldar elektrik enerjisi itkilərinin artmasına gətirib çıxarır. Əvvəlki iki üsuldə olduğu kimi, burada da nasos stansiyası məhsuldarlığının tənzimlənməsi yalnız azalma istiqamətində mümkündür.

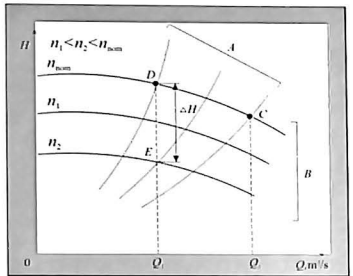
Nasos stansiyası məhsuldarlığının pilləli tənzimlənməsi işləyən nasos aqreqatlarının sayının artırılması və ya azaldılması ilə həyata keçirilir. Bu üsul sadədir və elektrik mühərriklərinin rəvan işə salınma qurğularından istifadə edildikdə, nasos aqreqatlarında vaxtından əvvəl aşınmaları azaltmağa imkan verir. Buna baxmayaraq, üsulun tətbiqi zamanı da həm nasosların çıxışında, həm də quyudağzında axının məhdudlaşdırılmasına ehtiyac yaranır ki, bu da sistemdəki elektrik enerjisi itkilərinin səviyyəsinin artmasına səbəb olur.

Aparılan təhlil belə bir qənaətə gəlməyə əsas verir ki, nasos stansiyalarının məhsuldarlığının tənzimlənməsi üsullarının hamısı sistemdə elektrik enerjisi itkilərinin artmasına səbəb olmaqla yanaşı, nasos aqreqatlarının iş rejimlərinə nəzarət imkanlarını genişləndirməyə də imkan verir. Baxılan tənzimlənmə üsulları yalnız tələb olunan suvurma həcmələrinin ödənilməsinə yönəldiyindən, burada məsələnin energetik tərəfi nəzərə alınmır. Bu da LTS sisteminin enerji səmərəliliyinin artırılması üçün mövcud potensialın həyata keçirilməsinə imkan verir.

Nasos stansiyasının texnoloji imkanlarının genişləndirilməsi və nasos aqreqatlarının enerji səmərəliliyinin artırılması, onların yüksək tənzimlənmə qabiliyyətinə malik elektrik kompleksi ilə təchiz edildiyi təqdirdə mümkündür, bu da nasos aqreqatlarının məhsuldarlığının tənzimlənməsi zamanı valın fırlanma təzliyinin dəyişdirilməsi üsullarından istifadəyə əsaslanır. Bu istiqamətdə ən mükəmməl üsullardan biri nasos aqreqatlarının

elektrik intiqalının fırlanma təzliyini təzlik çeviricilərdən istifadə edərək dəyişdirməkdir [8, 9]. LTS sistemində qeyri-məhsuldar elektrik enerjisi itkilərinin təzlik nözarəti vasitəsilə azaldılması üsuluğun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, bu zaman nasosun valının fırlanma təzliyini dəyişməklə nasos stansiyasının məhsuldarlığını plan üzrə laya vurulacaq cari su həcməsinə uyğunlaşdıraraq iş rejimini müəyyən etmək mümkündür.

Nasos aqreqatlarının məhsuldarlığının təzlik çeviricilərdən istifadə etməklə tənzimlənməsi zamanı hidravlik şəbəkə ilə nasos stansiyasının birgə iş rejimləri Q-H (məhsuldarlıq-basqı) koordinat sistemində göstərilmişdir (şəkil 1).

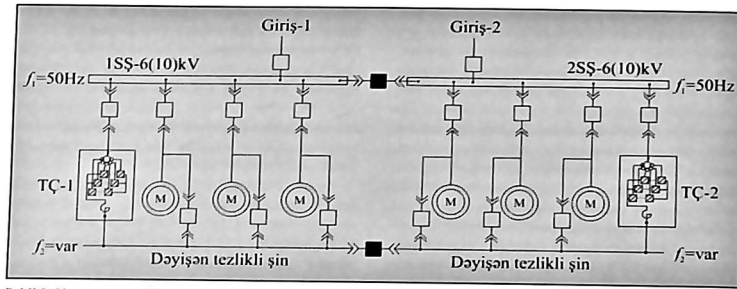


Şəkil 1. Hidravlik şəbəkə və ŞNS-in xarakteristikaları

Burada A əyriyi hidravlik şəbəkənin iş rejimləri, B-əyriyi isə məhsuldarlığı təzlik çeviricilərdən istifadə etməklə tənzimlənmə nasos stansiyasının iş rejimləridir.  $Q_1$  və  $Q_2$  texnoloji prosesin tələblərindən asılı olaraq nasos stansiyasının məhsuldarlığının mümkün qiymətlər intervalını göstərir. Nasos stansiyasının məhsuldarlığını çıxışdakı siyirtmənin köməyiylə azaldıqda, işçi nöqtəsi C-dən D-yə keçir ki, bu da basqı itkilərinin ( $\Delta H$ ) çoxalmasına və nəticədə sistemdəki qeyri-məhsuldar elektrik enerjisi itkisinin artmasına səbəb olur. Tənzimlənmə elektrik intiqalı istifadə edildikdə isə işçi nöqtənin C-dən E-yə keçidi basqı və elektrik enerjisi itkisi olmadan baş verir.

Təzlik tənzimləyicili elektrik intiqallarından istifadə olunması paralel işləyən nasos aqreqatları arasında yükün optimal paylanmasına imkan verir ki, bu da hidravlik və energetik xarakteristikaları fərqli olan nasosların birgə işi zamanı xüsusilə vacibdir.

LTS sistemində yüksək enerji itkilərinin səbəb-



Şəkil 2. Nasos aqreqlarının tezlik tənzimləyicili asinxron elektrik mühərriklərinin qidalanma sxemi

lərdən biri də texnologiya avadanlıqların rejiminin neft yatağının işlənməsi mərhələlərinə uyğun gəlməsidir. Belə ki, yatağın istismarı zamanı layların parametrlərinin dəyişməsi onlara vurulan suyun da həcminin dəyişməsinə səbəb olur və bu da ona gətirib çıxarır ki, maksimum məhsuldarlıq üçün nəzərdə tutulmuş texnologiya sistem yatağın işlənmə texnologiyasının dəyişən tələblərinə uyğun gəlir. Nəticədə nasos aqreqlarının nominal məhsuldarlığı ilə cari suvarma həcmi arasında bir uyğunsuzluq yaranır ki, bu da nasos stansiyasının idarə edilməsinin optimallaşdırılmasının və yatağın işlənmə şəraitinə uyğunlaşdırılmasının vacibliyini göstərir.

Beləliklə, mövcud nasos stansiyalarının modernləşdirilməsi və ya yenilərinin layihələndirilməsi zamanı, tezlik tənzimləyicili inteqrallarda asinxron mühərriklərin rasionallıq qidalanma sxeminə müəyyən etməklə sistem işlək olması və etibarlılığını təmin etmək mümkündür. Nasosların elektrik inteqralları mövcud tezlik sxemlərinə dair ədəbiyyat məlumatlarının təhlili göstərir ki, yüksək gərginlikli tezlik çeviricisi (YTC) qoşulmuş qismən tezliklə idarə olunan elektrik inteqralı sistemi səmərəlilik və idarəetmə etibarlılığı tələblərinə daha çox uyğun gəlir [10, 11].

YTC-nin çevik işləməsinə və üçün nasos aqreqlarının asinxron mühərriklərinin 6 kV-luq paylayıcı qurğudan enerji təchizatının funksional sxemi şəkil 2-də verilməmişdir.

Tezliklə idarə olunan elektrik inteqralının bu sistemində nasos aqreqlarının işə salma və dayandırılması ardıcılığını aşağıdakı kimidir.

Şinlərin hər bəlməsinin YTC vasitəsilə növbə ilə minimum tələb olunan sayda aqreqlar işə salınır

və nominal fırlanma tezliyinə çatdırılır. Son aqreqlar işə düşür və YTC vasitəsilə lazımi idarəetmə tezliyində qoşulur. Nasos stansiyasının ümumi məhsuldarlığını bir nasosun verimini aşan miqdarda artırmaq lazımdır, idarə olunan nasos aqreqlarının valının fırlanma tezliyi nominala gətirilir, sonra nasos aqreqlarının enerji təchizatı birbaşa nasos stansiyasının paylayıcı qurğusunun şininə keçir. PQ-dəki açarı qoşduqdan və mühərrikin işə salınması barədə signal aldıqdan sonra çevirici elektrik mühərrikinin tənzimlənən tezlik şinindən ayırmaq üçün komanda verir. Bundan əlavə, nasos aqreqları birbaşa qidalandıran şəkəkdən işləməyə davam edir və çevirici növbəti aqreqları işə salır.

Elektrik mühərrikinin qidalandıran şəkəyə keçməsi sinxronlaşdırılmalıdır. Bunun üçün mühərriki paylayıcı qurğunun şini ilə birləşdirən açarı açılması əmri yalnız o halda verilir ki, çeviricinin çıxış gərginliyi və tezliyi şəkəyə gərginliyi və tezliyi ilə amplitud və faza üzrə sinxronlaşdırılmış olsun.

Nasos stansiyasının ümumi məhsuldarlığını azaltmaq lazım gəldikdə, sistem YTC ilə işləyən axırncı aqreqların fırlanma tezliyini azaldaraq tədricən onu dayandırır.

Nasos aqreqlarının məhsuldarlığının baxılan sxem üzrə tənzimlənməsi nasos stansiyasının verilməmiş texnologiya parametrlərinin təmin edilməsi və enerji xərclərini minimuma endirmək baxımından optimaldır. Nasos stansiyasında belə idarəetmə sxeminin tətbiqi qeyri-məhsuldar enerji itkilərinin azaldılması baxımından həm ayrı-ayrı nasos aqreqlarının, həm də bütövlükdə nasos stansiyasının işçi parametrlərinin tənzimlənməsi üçün geniş imkanlar yaradır.

#### Nəticə

1. LTS sisteminin enerji səmərəliliyinin yüksəldilməsi hasil olunan neftin maya dəyərini aşağı salınması baxımından xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

2. Laya su vurulması üçün nasos stansiyalarında istifadə olunan tənzimlənmə üsullarının əksəriyyəti tələb olunan suvarma həcmərinin təmin edilməsinə yönəldiyindən, burada məsələnin ener-

getik tərəfi nəzərə alınmış və nasos aqreqlarının iş rejimlərinin qeyri-səmərəli idarə edilməsi nəticəsində qeyri-məhsuldar elektrik enerjisi itkiləri artır.

3. Nasos aqreqlarında tezlik tənzimləyicili elektrik inteqrallardan istifadə edilməsi LTS sisteminə qeyri-məhsuldar elektrik enerjisi itkilərinin azaltılmaqla bütövlükdə neft hasilatı prosesinin rentabelliğini artırmağa imkan verir.

#### Ədəbiyyat siyahısı

1. *Mirzəzadə A.X. və b.* Neft və qaz yataqlarının istismarı və işlənməsi. – Bakı, 2010.
2. *İsmayılov F.S., Həsənov F.Q., Həsənov İ.R.* Neft-qaz və qaz-kondensat yataqlarının istismarı. – Bakı, 2019, 230 s.
3. *Ивановский В.И.* Энергетика добычи нефти: основные направления оптимизации энергопотребления // Инженерная практика, 2011, № 6, с. 18-26.
4. *Меньшов Б.Г.* Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности. – М.: Недра, 2000, 487 с.
5. *Велиев М.К.* Анализ основных направлений сокращения энергетических затрат в системах поддержания пластового давления. Актуальные вопросы энергетического комплекса: сб. науч. тр. – Тюмень: ТГНГУ, 2010, с. 3-5.
6. *ВНТП 3-85.* Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки, газа и воды нефтяных месторождений. – М.: Миннефтепром, 1986.
7. *Баиков И.Р.* Повышение энергоэффективности нефтедобычи // Инженерная практика, 2010, № 3, с. 42-43.
8. *Копырин В.С.* Автоматизация насосной станции с применением частотно-регулируемого электропривода // Силвая электроника, 2006, № 2, с. 20-23.
9. *Fərhadzadə E.M.* Neft sənayesi mexanizmlərinin avtomatlaşdırılmış elektrik inteqralı, Bakı, 2003, 65 s.
10. *Лезнов Б.С.* Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздушных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006, 360 с.
11. *Ниссенбаум И.А.* Энергоэффективное управление производительностью нефтепромысловой насосной станции // Нефтяное хозяйство, 2010, № 6, с. 110-114.

#### References

1. *Mirzəzadə A.Kh. və b.* Neft və qaz yataqlarının istismarı və işlənməsi. – Bakı, 2010.
2. *İsmayılov F.S., Həsənov F.G., Həsənov İ.R.* Neft-qaz və qaz-kondensat yataqlarının istismarı. – Bakı, 2019, 230 s.
3. *Ивановский В.И.* Энергетика добычи нефти: основные направления оптимизации энергопотребления // Инженерная практика, 2011, № 6, с. 18-26.
4. *Меньшов Б.Г.* Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности. – М.: Недра, 2000, 487 с.
5. *Велиев М.К.* Анализ основных направлений сокращения энергетических затрат в системах поддержания пластового давления. Актуальные вопросы энергетического комплекса: сб. науч. тр. – Тюмень: ТГНГУ, 2010, с. 3-5.
6. *ВНТП 3-85.* Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки газа и воды нефтяных месторождений. – М.: Миннефтепром, 1986.
7. *Баиков И.Р.* Повышение энергоэффективности нефтедобычи // Инженерная практика, 2010, № 3, с. 42-43.
8. *Копырин В.С.* Автоматизация насосной станции с применением частотно-регулируемого электропривода // Силвая электроника, 2006, № 2, с. 20-22.
9. *Fərhadzadə E.M.* Neft sənayesi mexanizmlərinin avtomatlaşdırılmış elektrik inteqralı, Bakı, 2003, 65 s.
10. *Лезнов Б.С.* Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздушных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006, 360 с.
11. *Ниссенбаум И.А.* Энергоэффективное управление производительностью нефтепромысловой насосной станции // Нефтяное хозяйство, 2010, № 6, с. 110-114.