



ФИЛИАЛ РОССИЙСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА НЕФТИ И ГАЗА  
(СНИУ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА

ISSN 2181-1482

DOI JOURNAL 10.26739/2181-1482

# ИННОВАЦИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

## ТОМ 3, НОМЕР 2

# INNOVATION IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

## VOLUME 3, ISSUE 2



ТАШКЕНТ-2022

# ИННОВАЦИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ INNOVATION IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

№2 (2022) DOI <http://dx.doi.org/10.26739/2181-1482-2021-2>

## Главный редактор | Chief Editor:

**МАГРУПОВ АБДУЛЛА МАХМУДОВИЧ**  
заместитель директора – исполнительный директор  
Филиала Российского государственного университета  
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте

## Технический редактор | Technical Editor:

**МАХМУДОВА ШАХНОЗА АБДУВАЛИЕВНА**  
Заведующий кафедрой «Общепрофессиональные  
дисциплины» Филиала Российского государственного  
университета нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в  
г. Ташкенте

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛ ИННОВАЦИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL INNOVATION IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

### ЮНУСОВ САЛОХИДДИН ЗУНУНОВИЧ

доктор технических наук,  
профессор, заместитель директора  
по научным работам и инновациям  
Филиала Российского государственного  
университета нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина в городе Ташкенте

### ХАИРОВА ДИНАРА РИМОВНА

кандидат экономических наук,  
профессор кафедры  
"Экономика нефти и газа" Филиала  
Российского государственного  
университета нефти и газа (НИУ) имени  
И.М. Губкина в г. Ташкенте

### КАДЫРБЕКОВА ДУРДОНА ХИКМАТУЛЛАЕВНА

доктор философии (PhD) по филологическим  
наукам, доцент кафедры  
"Иностранные языки Филиала  
Российского государственного  
университета нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина в г. Ташкенте

### ХАШАЕВ МУСЛИМ МУСАГИТОВИЧ

доктор философии (PhD), доцент  
отделения «Физика, электротехника и  
теплотехника» Филиала Российского  
государственного университета нефти и газа  
(НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте

### АКРАМОВ БАХШИЛЛО ШАФИЕВИЧ

кандидат технических наук, профессор  
отделения разработки нефтяных, газовых  
и газоконденсатных месторождений Филиала  
Российского государственного университета нефти  
и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте

### ГАФУРОВ КАМОЛ НУРИЛХАКОВИЧ

кандидат экономических наук, Заместитель  
директора по учебной работе Филиала Российского  
Государственного Университета нефти и газа (НИУ) им.  
И.М.Губкина в г. Ташкенте

### МИРСОЛИЕВА МУХАББАТХОН ТУХТАСИНОВНА

первый заместитель директора по вопросам молодёжи и  
духовно-просветительской работе Филиала Российского  
государственного университета нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина в г. Ташкенте

### НУРАЛИЕВ АЛМУХАН КАЛПАКБАЕВИЧ

кандидат технических наук, доцент  
Ташкентского Государственного  
технического университета  
имени И.А.Каримова

### ГЛЕБОВА ЕЛЕНА ВИТАЛЬЕВНА

доктор технических наук,  
профессор, заведующая кафедрой  
Промышленной безопасности  
и охраны окружающей среды  
Российского государственного  
университета нефти и газа  
(НИУ) имени И. М. Губкина (г. Москва)

### АЗИМОВ ДИЛМУРОД

доктор технических наук (DSc), профессор  
Гавайского университета в Манао (США)

### ЭШМАТОВ АЛИМЖОН ХАСАНОВИЧ

PhD, профессор факультета  
«Математика и статистика»  
Университета Толедо (США)

DESIGN-PAГEMAKER | ДИЗАЙН - ВЕРСТКА: ХУРШИД МИРЗАХМЕДОВ

КОНТАКТ РЕДАКЦИЙ ЖУРНАЛОВ. [WWW.TADQIQOT.UZ](http://WWW.TADQIQOT.UZ)

ООО Tadqiqot город Ташкент,  
улица Амира Темура пр.1, дом-2.  
Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; Email: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Тел: (+998-94) 404-0000

EDITORIAL STAFF OF THE JOURNALS OF [WWW.TADQIQOT.UZ](http://WWW.TADQIQOT.UZ)

Tadqiqot LLC the city of Tashkent,  
Amir Temur Street pr.1, House 2.  
Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; Email: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Phone: (+998-94) 404-0000

## МУНДАРИЖА | СОДЕРЖАНИЕ | CONTENT

<b>1. Нажмиддинова К.М., Хаирова Д. Р.</b> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ НА ПРИМЕРЕ ЛИНИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ДЖАРКАК – БУХАРА – САМАРКАНД – ТАШКЕНТ.....	4
<b>2. Galayko D., Matyakubova P.M., Зарипов О.О., Азимов Ш.Ш.</b> СЕРТИФИКАЦИЯ АВИАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ И ОБОРУДОВАНИЯ.....	13
<b>3. Адылов Я.Т., Назаров О.А.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА.....	23
<b>4. Разикова Д.С.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИКТОРИН ДЛЯ СУММАТИВНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОФИЛЯ.....	30
<b>5. Шмакова А.В., Уралов АБ.</b> ВОПРОСЫ НАЛОГОВОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	35
<b>6. Юнусов С.З., Кенжабоев Ш.Ш., Махмудова Ш.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ С УПРУГИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ОПОР.....	41
<b>7. Авезова Н.И., Исматуллаев П.Р.</b> СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ЖИДКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	48



УДК: 621.313


**Адылов Я.Т.**

Национальный исследовательский университет  
«Ташкентский институт инженеров ирригации  
и механизации сельского хозяйства»,  
к.т.н., доцент кафедры «Электротехники и мехатроники»

**Назаров О.А.**

Национальный исследовательский университет,  
«Ташкентский институт инженеров ирригации  
и механизации сельского хозяйства»,  
ассистент кафедры, «Электротехники и мехатроники»

## ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

 <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7458521>

### АННОТАЦИЯ

Поскольку доступ к водным ресурсам становится ограниченным во многих регионах мира, эффективное и устойчивое орошение становится все более важным. Все дело в том, чтобы подавать достаточно влаги для получения максимального урожая без использования лишнего количества воды и энергии, чем это абсолютно необходимо. Перекачивание воды для орошения может стать серьезной статьей расходов для орошаемых земель. Повышение эффективности работы насосной станции является сегодня очень актуальной проблемой еще и потому, что это повышает рентабельность орошаемых земель. В статье рассматривается возможность снижения потребления энергии насосным агрегатом, за счет использования методов управления работой электрического привода. Материалом для статьи служат результаты расчетов по повышению эффективности работы насосной станции Хамза I входящую в систему Аму Бухарского Машинного Канала (АБМК).

**Ключевые слова:** Орошаемое земледелие, экономия электроэнергии, центробежный насос, законы подобия, частотное регулирование, частотный инвертер, PWD преобразователь цифровых сигналов, IGBT транзистор.

**Adilov Y.T.**

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural  
Mechanization Engineers, National Research University,  
Associate Professor of the Department of  
Electrical Engineering and Mechatronics

**Nazarov O.A.**

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural  
Mechanization Engineers, National Research University,

## OPTIMIZATION OF CONTROL OF THE OPERATING MODE OF THE ELECTRIC DRIVE SYSTEM OF A CENTRIFUGAL PUMP

### ANNOTATION

As access to water resources becomes limited in many regions of the world, efficient and sustainable irrigation becomes more important. It's all about supplying enough moisture for maximum yield without using excess water and energy than is absolutely necessary. Pumping water for irrigation can be a significant expense for irrigated land. Improving the efficiency of the pumping station is today a very urgent problem also because it increases the profitability of irrigated lands. The article discusses the possibility of reducing the energy consumption of the pumping unit through the use of methods for controlling the operation of an electric drive. The material for the article is the results of calculations to improve the efficiency of the Hamza I pumping station, which is part of the Amu Bukhara Machine Channel (ABMK) system.

**Key words:** Irrigated agriculture, energy saving, centrifugal pump, similarity laws, frequency regulation, frequency inverter, PWD digital signal converter, IGBT transistor.

**Adilov Y.T.**

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti”  
Milliy tadqiqot universiteti, “Elektrotexnika va mexatronika” kafedrası dosenti, t.f.n.

**Nazarov O.A.**

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti”  
Milliy tadqiqot universiteti, “Elektrotexnika va mexatronika” kafedrası assistenti

## SANTRAFUGAL NOSOS ELEKTR HAYVAT TIZIMINING ISHLATISH REJIMINI BOSHQARISHNI OPTIMLALAYTIRISH

### ANNOTATSIYA

Dunyoning ko‘plab mintaqalarida suv resurslaridan foydalanish cheklanganligi sababli, samarali va barqaror sug‘orish tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Bu zarur bo‘lganidan ko‘ra ko‘proq suv va energiya sarflamasdan maksimal hosil olish uchun yetarlicha namlikni ta‘minlashdan iborat. Sug‘orish uchun suvni quyish sug‘oriladigan yerlar uchun katta xarajat bo‘lishi mumkin. Nasos stantsiyasining samaradorligini oshirish bugungi kunning dolzarb muammosi bo‘lib, sug‘oriladigan yerlarning rentabelligini ham oshiradi. Maqolada elektr yuritmaning ishlashini boshqarish usullaridan foydalanish orqali nasos agregatining energiya sarfini kamaytirish imkoniyati ko‘rib chiqiladi. Maqola uchun material Amu Buxoro mashina kanali (ABMK) tizimiga kiruvchi Xamza 1 nasos stantsiyasining samaradorligini oshirish bo‘yicha hisob-kitob natijalaridir.

**Kalit so‘zlar:** Sug‘oriladigan dehqonchilik, energiya tejamkorligi, markazdan qochma nasos, o‘xshashlik qonunlari, chastotalarni tartibga solish, chastota inverteri, PWD raqamli signal konvertori, IGBT tranzistori.

**Введение.** По площади орошаемой земли используемой в сельском хозяйстве Узбекистан занимает одно из первых мест в мире. На сегодняшний день ирригационными системами охвачено более 2.1 млн. гектаров земли. Для орошения используются 1130 насосных станций, из них 76 крупных с производительностью  $Q=100\text{м}^3\text{/сек}$ , 496 станций средней мощности с производительностью  $Q=10\text{м}^3\text{/сек}$  и 561 мелких насосных станций с производительностью  $Q=1\text{м}^3\text{/сек}$ . По потреблению электрической энергии насосные станции используют более 20% от общего объема производимой в Республике энергии за год. С учетом климатических изменений начавшихся в мире, а также имея в виду

дефицит электрической энергии в республике возникла острая необходимость в регулировании производительности работы, насосных агрегатов. В мировой практике эксплуатации насосных станций, для регулирования производительности системы «насос-трубопровод» используются [1]: байпасные линии; дроссельные клапаны; резервные насосы; системы регулирования скорости вращения крыльчатки центробежного насоса. Анализ показывает, что эти методы неэффективны с точки зрения экономии электрической энергии, а метод включения и отключения резервного насосного агрегата создает опасность возникновения Гидравлического удара в системе питающего трубопровода.

Общеизвестно, что скорость вращения крыльчатки насоса напрямую зависит от скорости вращения приводного вала. Замедление вращения крыльчатки уменьшает количество энергии передаваемую воде, и, следовательно, потребляемую мощность насоса. Скорость вращения можно контролировать несколькими способами [1]:

- Механические методы: шкивы с регулируемой скоростью; насос напрямую связан с механическим двигателем; сменный редуктор;
- Муфты: Гидравлические и магнитные;
- Электрический метод (асинхронные двигатели с частотно-регулируемым приводом).

Опыт эксплуатации насосных агрегатов показывает: Механические методы регулирования опасны из за гидравлических ударов в системе трубопроводов, что касается регулирования скорости муфтами, то их применение ограничено мощностью насосных агрегатов. На сегодняшний день наиболее используемыми методами регулирования производительности системы «насос – трубопровод» являются: регулирование с помощью вентиля на трубопроводе и регулирование с помощью управление скоростью Асинхронного Электропривода насоса с использованием метода Частотного Регулирования. В работе [3] проведены исследования определяющие эффективность обоих методов с точки зрения экономии электроэнергии.

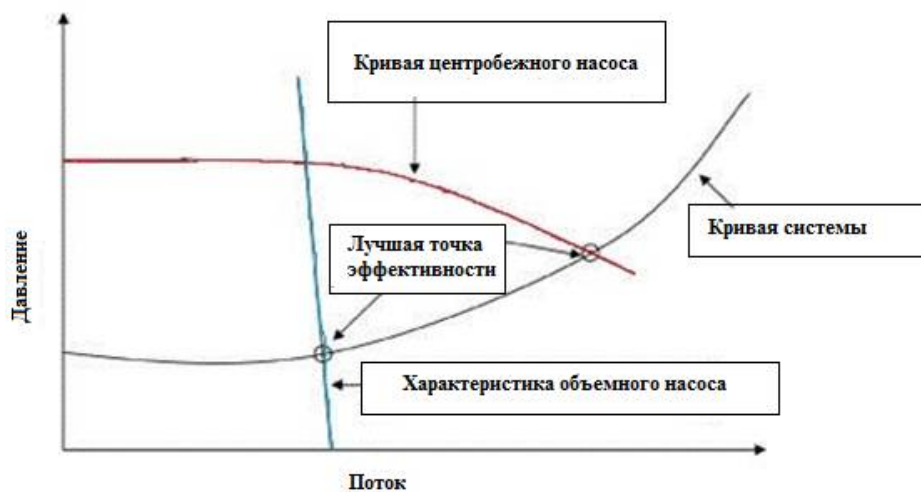


Рис. 1. График работы неуправляемого центробежного насоса.

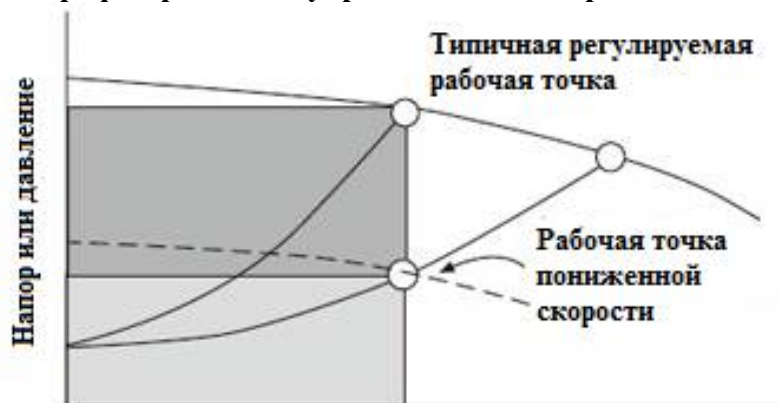


Рис.2. График сравнения

Известно, что центробежные насосы работают следуя закону подобия и конечно эти законы регулируют работу крыльчатки во всем диапазоне скоростей [2].

$$Q_2=Q_1 \times (n_2/n_1) \quad (1)$$

$$H_2=H_1 \times (n_2/n_1)^2 \quad (2)$$

$$P_2=P_1 \times (n_2/n_1)^3 \quad (3)$$

По законам подобия, поток  $Q$  крыльчатки данного диаметра будет изменяться прямо пропорционально скорости  $n$  крыльчатки согласно (1), в то время как создаваемое насосом давление  $H$  будет изменяться пропорционально квадрату скорости (2). Мощность  $P$ , необходимая для вращения крыльчатки, будет изменяться пропорционально кубу скорости.

Основным параметром который позволяет плавно и в большом диапазоне регулировать скорость вращения Асинхронного Двигателя (АД) привода центробежного насоса является частота  $f$ . Анализ показывает, что сегодня Частотное Регулирование (ЧР), это самый эффективный метод управления скоростью АД [3]. Этот метод дает серьезную экономию электроэнергии и высокую точность регулирования.

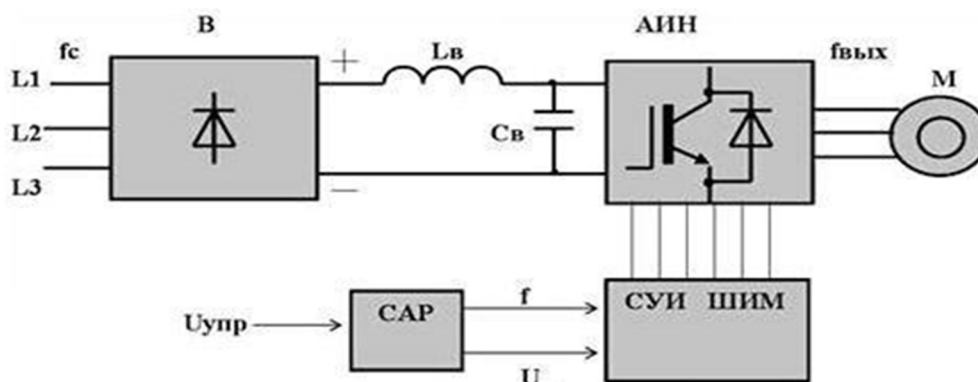
Задача частотного преобразователя регулировать производительность. Если необходимо увеличить производительность насоса частотный преобразователь увеличивает скорость вращения насоса, если необходимо уменьшить производительность – уменьшает. Особенность метода ЧР в том, что изменяя частоту обязательно нужно изменять и напряжение статора АД –  $U$ . Выражения (4,5) являются математическим выражением закона ЧР.

$$\frac{U}{f^2} = \text{const} \quad (4)$$

$$n_0 = \frac{60f}{p} \quad (5)$$

Формула (4) показывает закон изменения напряжения  $U$ , для управления работой центробежных насосов и вентиляторов.

Метод технически реализуется схемой ЧР на Рис 3.



**Рис.3. Блок схема ЧР**

Классическая схема ЧР, Рис.3 состоит из диодного выпрямителя, L-C фильтра и Автономного Инвертора (АИН) управляемого Широтно Импульсным Модулятором (ШИМ). Ценность схемы еще и в том, что система ШИМ позволяет управлять скоростью АД одновременно изменяя частоту  $f$  и напряжение  $U$  используя цифровую форму сигнала генерируемого Системой Автоматического Регулирования (САР) [4,5].

Используя формулы (1-5) мы рассчитали экономический эффект от регулирования скорости АД привода насоса с использованием системы ЧР. Для расчетов мы использовали параметры насосной станции Хамза I, которая входит в систему насосных станций объединения АБМК-Аму Бухарский Машинный Канал. Станция используется для подачи воды из р Аму-Дарья в магистральный оросительный канал. Производительность насоса  $Q=3600\text{м}^3/\text{мин}$  и высота подъема (давление)  $H=120\text{м}$ . Используя формулы (1-3), мы рассчитали изменение основных параметров Насосного Агрегата и возможную экономию электрической энергии.

Таблица 1.

## Параметры АД привода центробежного насоса

Тип АД	$P_n$ , кВт	$n$ , об/мин	КПД, %	$\cos\phi$	$K_M$	Вес, кг
450 X 613 6кВ	500	1000	94,4	0,85	1,8/2,2	2620

Таблица 2

Диапазон изменения скоростей АД в зависимости от изменения частоты  $f$ .

$f$ (Hz)	25	35	40	45	50
$n$ (%)	50	70	80	90	100

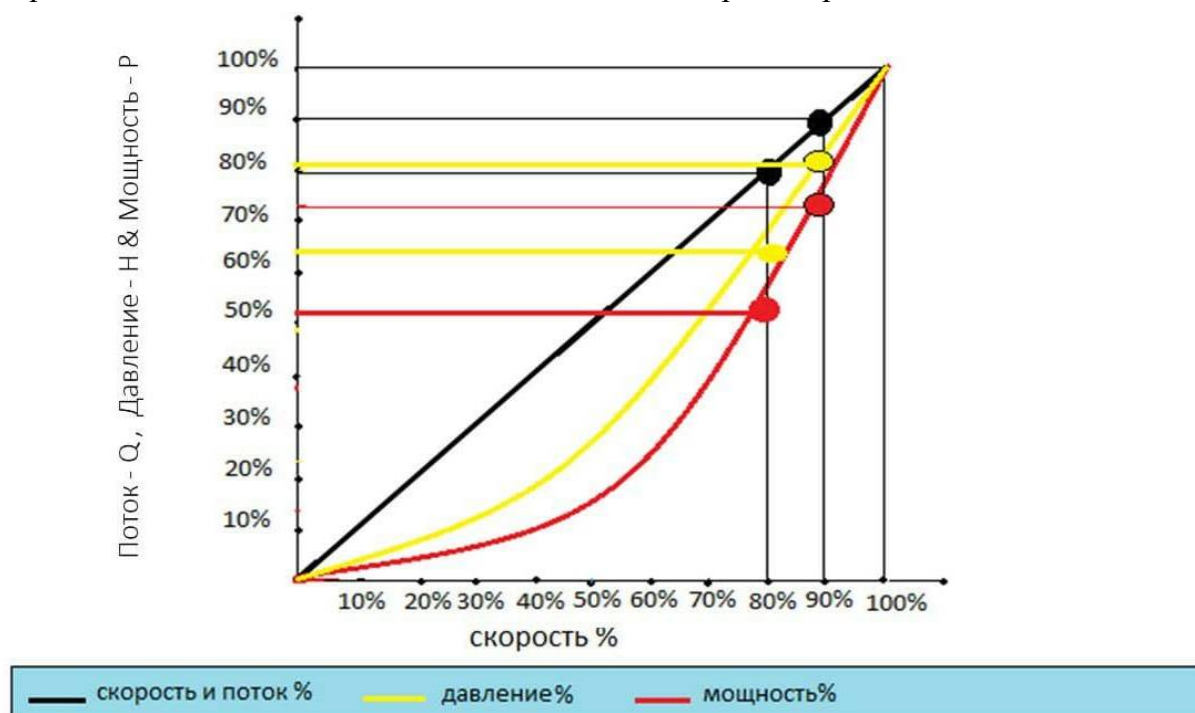
В расчетах использовались формулы (1-5) Результаты расчетов сведены в  
Таблица 3

Таблица 3

## Параметры насосного агрегата с регулируемой скоростью.

$F$ (Гц/%)	25/50%	35/70%	40/80%	45/90%	50/100%
$n$ (об/мин)/%	500/50%	700/70%	800/80%	900/90%	1000/100%
$Q$ (м <sup>3</sup> /мин)/%	1800/50%	2520/70%	2880/80%	3240/90%	3600/100%
$H$ (м)/%	30/25%	60/49%	77/64%	97/81%	120/100%
$\chi P$ (кВт)/%	66/13%	181/39%	271/51%	386/73%	529/100%

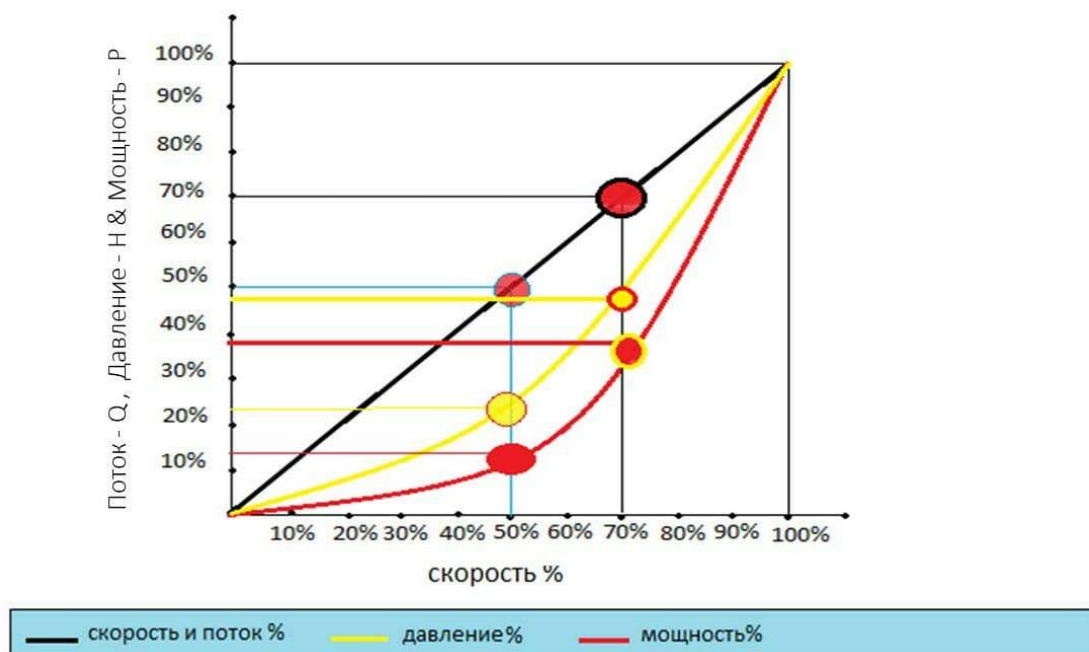
По результатам расчетов построены графики изменения основных параметров центробежного насоса в зависимости от изменения скорости вращения.



**Рис.4. График изменения основных параметров центробежного насоса при уменьшении скорости на 10% ( $f=45$ Гц) и на 20% ( $f=40$ Гц).**

Из графика Рис.4 видно, что при изменении скорости  $n$  на 10%, экономия энергии составила 27% (143кВт), а при уменьшения  $n$  на 20%, экономия составила 51% (258кВт).





**Рис.5. График изменения основных параметров центробежного насоса при уменьшении скорости на 30% и на 50%.**

При уменьшении скорости  $n$  на 30% экономия электрической энергии составила 61%(348кВт), если  $n$  уменьшить на 50%, то экономия составит 87%(463кВт). Таблица 4 иллюстрирует результаты расчетов при изменении скорости вращения насоса в диапазоне от  $n= 100\%(f=50\text{Гц})$  до  $n= 30\%(f=15\text{Гц})$ . По закону подобия, выражения (1-3), диапазон экономии электрической энергии от  $xP=0$  до  $xP=97\%$ .

**Таблица 4.**

% скорость	% поток Q	% Потребляемая мощность
100	100	100
90	90	73
80	80	51
70	70	34
60	60	22
50	50	13
40	40	6
30	30	3

#### **Заключение.**

1. Ирригационные сооружения в р Узбекистан используют свыше 20% всей производимой электрической энергии и поэтому нуждаются в оптимизации режима работы.
2. Наиболее заметным преимуществом насосов с регулируемой скоростью является экономия энергии, которая во многих случаях весьма значительна
3. Применение преобразователя частоты позволяет не только стабилизировать напор в сети, но и добиться необходимой плавности его изменения при включении и выключении насоса.
4. Использование ЧР для регулирования скорости центробежного насоса, дает практический эффект в диапазоне изменения частот от  $f=0$  до  $f=50\text{Гц}$ . Специфика закона ЧР, не рекомендует использовать частоты  $f>50\text{Гц}$  из за необходимости увеличения напряжения  $U>U_n$ .

5. Результаты расчета приведенные в статье показывают устойчивый экономический эффект, до 50% экономии электрической энергии используемой на насосной станции.

6. Снижение вибрации и увеличенный срок службы уплотнений в системе клапанов. Это важно для гидросистем бывших в эксплуатации.

### Список литературы:

---

1. Dan Peters, Yaskawa America, Inc. Yaskawa 06.28.2017 yaskawa.com Issue June 2017.
2. Stiven Boren; ABB Drives and Controls 08.10.2018
3. С.А. Байбаков, Е.А. Субботина, К.В. Филатов, В.М. Нагдасев, А.Ю. Желнов, Частотно-регулируемый привод. Регулирование центробежных насосов и методы регулирования отпуска тепла в тепловых сетях. Журнал "Новости теплоснабжения" №12 (160), 2013 г, [www.nts.ru/12\\_2013.html](http://www.nts.ru/12_2013.html).
4. Шабанов В.А., Кабаргина О.В. Определение диапазонов регулирования скорости вращения магистральных насосных агрегатов // Электротехнические комплексы и системы: межвузовский науч. сб. – Уфа: УГАТУ, 2009. – С. 145-150.
5. Нечваль А.М. Основные задачи при проектировании и эксплуатации магистральных нефтепроводов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005. – 81 с.



ФИЛИАЛ РОССИЙСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА НЕФТИ И ГАЗА  
(НИУ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА

# ИННОВАЦИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

## ТОМ 3, НОМЕР 2

# INNOVATION IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

## VOLUME 3, ISSUE 2

**Editorial staff of the journals of [www.tadqiqot.uz](http://www.tadqiqot.uz)**

Tadqiqot LLC the city of Tashkent,  
Amir Temur Street pr.1, House 2.

Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; Email: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Phone: (+998-94) 404-0000

**Контакт редакций журналов. [www.tadqiqot.uz](http://www.tadqiqot.uz)**

ООО Тадқиқот город Ташкент,  
улица Амира Темура пр.1, дом-2.

Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; Email: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Тел: (+998-94) 404-0000