

СРАВНИТЕЛЬНОЕ РАССМОТРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СОЗДАНИЯ НИЗКОСКОРОСТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СТАНКОВ-КАЧАЛОК ШТАНГОВЫХ СКВАЖИННЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Анарбаев А.И.

*Ташкентский государственный технический университет,
Ташкент, Узбекистан.*

Doi: 10.5281/zenodo.17338923

АННОТАЦИЯ

Получено:
07.07.2025
Пересмотрено:
12.07.2025
Пересмотрено:
26.07.2025
Опубликовано:
10.10.2025

В данной статье речь идет не о техническом проектировании всех этих типов приводов в нескольких вариантах, а о сравнительной приближенной оценке, позволяющей определить рациональность применения того или иного варианта решения для данного класса приводов станков качалок штанговых скважинных насосных установок. Для линейных электрических машин приводится рассмотрение и выбор основных размеров, дается оценка массогабаритных показателей; Дан анализ энергетических показателей существующих вариантов электрического привода для данных механизмов. Выполнен технический расчет базовых показателей по действующей методике исследуемого привода в горно-металлургической промышленности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

станок-качалка, штанговые скважинные насосные установки, электропривод, линейный двигатель.

Введение

Весьма актуальными являются исследований по приводу балансирных станков-качалок штанговых скважинных насосных установок. Отмечается [1], что ключевым фактором, оказывающим наиболее существенное влияние на наработку штанговых скважинных насосных установок на отказ, является уравновешенность балансирного станков-качалок, определяющая величину удельных энергетических затрат на подъем пластовой жидкости и уровень динамических нагрузок на узлы станка. Обоснована актуальность использования электрического привода насосных установок нефтяных промыслов.

Для сравнительной оценки различных приводов поступательного движения рассмотрим задачу, решаемую в настоящее время преимущественно электрогидравлическими толкателями [2]. Это устройство достаточно массового использования.

По данным, приведенным в [2], масштаб их применения только для комплектации подъемно-транспортных механизмов в мире примерно 300÷400 тыс. штук в год, в том числе и горно-металлургической промышленности.

Поиск и разведка новых месторождений полезных ископаемых и их освоение требуют совершенствования откачивающих воду работ, методов, машин и оборудования, эффективного использования имеющихся ресурсов, повышения коэффициента их использования и, в конечном итоге, увеличения

производительности штанговых скважинных насосных установок.

У электрогидротолкателей на малые усилия электродвигатель, приводящий в движение центробежный насос, погружен в рабочую жидкость, а на усилия более 50 кг отделен от рабочей жидкости уплотнением на валу и весь аппарат обдувается вентилятором, установленном на свободный конец вала электродвигателя.

По ряду технологических соображений удобнее сохранить конструкцию качалки с противовесом (рис. 1) и установить на ней возвратно-поступательный электропривод на базе машины двойного движения с прямолинейным движением.

Станок-качалка имеет индивидуальный механический привод штангового скважинного насоса при эксплуатации скважин. Станок-качалка (рис.1) состоит из рамы 12 с подставкой под редуктор и поворотные салазки стойки 5 балансира 3 с головкой и противовесами (при балансирном или комбинированном уравновешивании), опоры 4 балансира, траверсы 14, опоры 6 траверсы, двух шунтов 7, двух кривошипов 8 с противовесами (при комбинированном или кривошипном уравновешивании), редуктора 1, тормоза 13, клиноременной передачи 9 (включая клиновые ремни, ведущий и ведомый шкивы), электродвигателя 10, подвески устьевого штока 2 с канатом, ограждения кривошипно-шатунного механизма 11.

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + K_D \frac{dx}{dt} + F(x) = mg$$

где $m = \Sigma m$ — суммарная масса труб, нефти, подвижного ротора и т. п.; K_D — коэффициент, учитывающий вязкость нефти; $F(x)$ — искомая функция усилия воздействия статора и ротора.

Учитывая, что модуль ускорения $|d^2x/dt^2|$ должен быть меньше заданного можно использовать график скоростей в виде треугольников, тогда $|d^2x/dt^2| = \text{const}$

При $t = 0$ $x = 0$, $\frac{dx}{dt} > 0$, $\left|\frac{dx}{dt}\right| = \left|\frac{dx}{dt}\right|_{\max}$; при $t = t_1$ $x = x_1$, $\frac{dx}{dt} = 0$; при $t = 2t_1$ $x = 0$, $\frac{dx}{dt} < 0$; при $t = 3t_1$ $x = -x_1$, $\frac{dx}{dt} = 0$; при $t = 4t_1$ то же, что при $t = 0$

По результатам расчетных исследований проведено сравнение относительно существующих механических редукторных приводов электромашин (таблица 1), каждая из них может быть рационально использована для выполнения электрического привода данных механизмов. Для создания такого режима усилий можно было бы применить как машину двойного движения с поступательным движением (МДДП)

[4], так и любой линейный двигатель, например, цилиндрический линейный асинхронный двигатель (ЦЛАД) или цилиндрический линейный двигатель постоянного тока (ЦЛДПТ) [5], расчет которого дан в [6]. Но МДДП требует, как уже показано в предыдущем параграфе, значительной площади зазора в связи с ограничениями по сцеплению и подведения тока гибким кабелем к возвратно-поступательно перемещаемому статору, что существенно снижает надежность привода. Этим же недостатком обладает привод ЦЛДПТ. ЦЛАД обладает при требуемых скоростях примерно 0,4—0,5 м/с весьма низкими энергетическими показателями: $\eta \cdot \cos \varphi < 0,1$. Поэтому в качестве основы безредукторного привода для станка-качалки принят цилиндрический ЛДПТ с двухфункциональной обмоткой, не требующий подвода тока к подвижной части. Существенное повышение КПД такого двигателя при низких скоростях движения удалось достичь, как видно из приводимого ниже расчета, путем использования низких значений плотности тока в обмотках машины.

Таблица 1

Результаты сравнения короткоходовых приводов поступательного движения

№ п/п	Тип привода	F при ПВ=100%, Н	l , м	W , кН·м	m , кг	m'' , кг/(кН·м)	$\frac{t_p}{t_{xx}}$, с	P_2 , кВт	m' , кг/кВт
	Трехфазный электромагнит КМТ7А	850	0,08	0,068	213	3140	—	—	—
2	Гидротолкатель ТГМ-80	800	0,05	0,04	29	725	—	—	—
3	Электротолка-тель Т45Б-100	450	0,05	0,0225	37	1640	$\frac{0,7}{0,71}$	0,032	1125
4	Электрогидротолкатель Т75Б	750	0,08	0,06	51	850	$\frac{0,8}{0,2}$	0,075	680
5	Электрогидротолкатель фирмы АЕG Ed-2	450	0,075	0,034	23	660	$\frac{0,76}{0,1}$	0,045	525
6	Плоский линейный асинхронный двигатель типа ЛИД-ММ 14/3,8	50	0,36	0,018	20	1100	$\frac{0,19}{1,9}$	0,095	210
7	Цилиндрический линейный асинхронный двигатель	60	0,36	0,0216	9,8	454	$\frac{1,2}{0,3}$	0,018	544
8	Машина двойного движения	500	0,08	0,04	16,5	415	$\frac{0,3}{0,3}$	0,133	125

Для потребителей, где требуется ускоренное опускание штока, необходимо комплектно с толкателем устанавливать конденсаторы, которые подключаются параллельно статорной обмотке электродвигателя толкателя, создавая тем самым после снятия питающего напряжения динамическое торможение вращающихся частей и обеспечивая этим быстрое опускание штока.

Закключение

При оценке сравнительных показателей безредукторного привода и обычного

редукторного привода станка-качалки следует также учесть, что приведенный ниже расчет исходит из полезной мощности в 15 кВт на тяге системы штанг, тогда как штатный двигатель станка-качалки имеет на валу мощность в 7 кВт, т.е. расчет дает запас в 2÷2,5 раза. Следовало бы также сопоставить удельную массу штатного станка-качалки $m'_{\text{ред}} = 486$ кг/кВт с удельной массой рекомендуемого безредукторного привода $m'_{\text{б.р}} = 160$ кг/кВт, что дополнительно подтверждает явное преимущество

безредукторного решения. Некоторое увеличение - КПД (с 0,6 до 0,615) у варианта ЦЛДПТ с диаметров ротора $D_a = 0,65$ м не

окупает резкого повышения массы. Вариант с обмоткой на роторе достигается резким повышением массы ротора.

SHTANGALI QUDUQ NASOS AGREGATLARI TEBRANISH MASHINALARINING PAST TEZLIKLI ELEKTR YURITMANI YARATISH UCHUN MUQOBIL YECHIMLARNI SOLISHTIRMA KONSTRUKSIYARINI KO'RIB CHIQISH

Anarbayev A.I.

Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston.

ANNOTATSIYA

Kelib tushgan:

07.07.2025

Ko'rib chiqilgan:

12.07.2025

Qabul qilingan:

26.07.2025

Chop etilgan:

10.10.2025

Ushbu maqolada biz ushbu turdagi aktuatorlarning barchasini bir nechta variantlarda texnik loyihalash haqida emas, balki bu yoki boshqa echim variantini ushbu sinf uchun qo'llashning ratsionalligini aniqlashga imkon beradigan konstruksiyalari solishtirma baholash haqida shtangali quduqli nasoslarning yuritmalar ko'rib chiqilgan.

Yassi elektr mashinalari uchun asosiy o'lchamlarni ko'rib chiqish va tanlash, massa o'lchov ko'rsatkichlarini baholash beriladi; ushbu mexanizmlar uchun mavjud elektr yuritma variantlarining energiya ko'rsatkichlarini tahlil qilish berilgan. Tog'-metallurgiya sanoatida o'rganilayotgan haydovchining amaldagi metodologiyasi bo'yicha bazaviy ko'rsatkichlarning texnik hisoblashlari amalga oshirildi.

KALIT SO'ZLAR tebranadigan mashina, shtangali quduq nasos qurilmalari, elektr yuritmasi, yassi motor.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ALTERNATIVE SOLUTIONS FOR CREATING A LOW-SPEED ELECTRIC DRIVE FOR ROTARY PUMPS OF RIGID WELL PUMPING SYSTEMS

Anarbaev A.I.

Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

Received:

07.07.2025

Revised:

12.07.2025

Accepted:

26.07.2025

Published:

10.10.2025

In this article, the technical design of all these types of drives in several variants, but rather about a comparative approximate assessment that allows us to determine the rationality of using a particular solution for a given class of drives for rod-type well pump units are shown. For linear electric machines, the main dimensions are considered and selected. The mass and size indicators are estimated. An analysis of the energy indicators of existing electric drive options for these mechanisms is provided. A technical calculation of the basic indicators is performed using the current methodology for the drive for study in the mining and metallurgical industry.

KEYWORDS rocking machine, rod-type well pumping units, electric drive, linear motor.

Библиографический список

1. Шишлянников Д.И., Рыбин А.А. Оценка нагруженности балансирующих станков-качалок по параметрам питания электропривода // Записки Горного института. 2017. Т. 227. С. 582-588. DOI: 10.25515/PMI.2017.5.582

2. Шварц, Г.Р. Применение регулируемого электропривода в технологиях транспорта газа и нефти. Книга 1/ Г.Р. Шварц, А.М. Абакумов, Л.А. Мигачева и др.; Под ред. Э.Я. Рапопорта. — М.: Машиностроение, 2008. 240 с.

3. А.с.№1739448(-) Вторичный элемент асинхронного двигателя /Анарбаев А.И., Исамухамедов З.Ш., Хаджинова М.У., Акбарходжаев Б. Оpubл. в Б.И. 1992г., №21

4. Патент №2454 (Узбекистан). Асинхронный электродвигатель / Анарбаев А.И., Исамухамедов З.Ш., Хаджинова М.У., Бани Юнис Д.М. Оpubл. в Б.И. 1995, №1.

5. Анарбаев А.И., Исамухамедов З.Ш., Хаджинова М.У. Новые конструкции многороторных асинхронных двигателей и их классификация. Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики. №6, 1993 г. С.14

6. Патент №2016468 (Россия). Многороторный электродвигатель / Анарбаев А.И., Исамухамедов З.Ш., Хаджинова М.У. Оpubл. в Б.И. 1994, №13.

Information about authors:

**Anarbaev Anvar
Izatullaevich**

— DSc, professor of the Department of Thermodynamics and Energy Audit, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan, Tashkent city, Str. Universitet, 2.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4643-3277>, e-mail: anizan6004@mail.ru