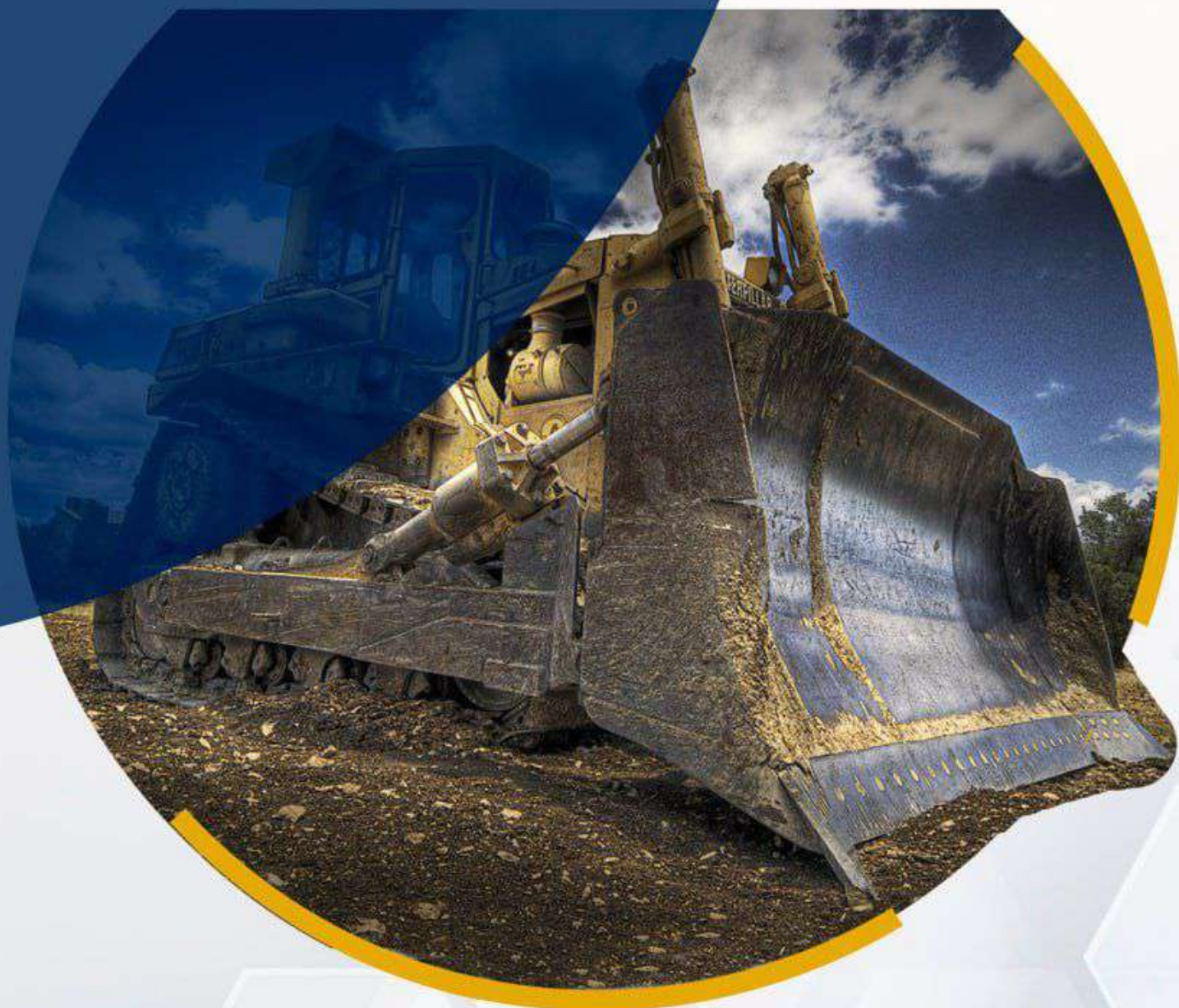


MINING MACHINES AND TECHNOLOGY

3 ISSN: 2181-3442
[13] 2025
IYUL-SENTABR



KONCHILIK MASHINALARI VA TEXNOLOGIYALARI

ILMIY-TEXNIK JURNALI

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ**

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

ISSN 2181-3442

КОНЧИЛИК МАШИНАЛАРИ ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ

**Журнал 2022 йилда
ташкил этилган**

**Йилига 4 марта
чоп этилади**

2025, №3 (13)

Тошкент – 2025

«Кончилик машиналари ва технологиялари» – «Горные машины и технологии»

ЖУРНАЛНИНГ ТАХРИРИЯТ КЕНГАШИ:

акад. С.М.Турабджанов (раис), С.Б. Донаев (раис ўринбосари), Қ.С.Санакулов, Б.Ф. Исламов, А.Х.Хурсанов, акад. Қ.Р.Аллаев, акад. Б.Р.Ракишев (Қозоғистон), М.Г.Рахутин (Россия), акад. Н.Р.Юсупбеков, Ф.Я.Умаров, А.В.Мясков (Россия), Б.Р.Раимжанов, А.С.Хасанов, В.А.Атрушкевич (Россия), Н.Ж.Муродов, Ш.Қ.Нематов, К.А.Каримов, В.В. Мельник (Россия), Е.Е.Шешко (Россия), Ю.А.Боровков (Россия), К.Дребенштедт (Германия), Ф.Тофик (Германия), К.К. Елемесов (Қозоғистон), С.В.Корнилков (Россия), Marcin Lutynski (Польша).

ТАХРИРИЯТ ҲАЙЪАТИ

Бош муҳаррир

Ж.Б.Тошов

Бош муҳаррир ўринбосари

Ш.М.Худойбердиев

С.С.Сайидқосимов

Масъул котиб

Т.Ж.Аннакулов

Кончилик машиналари ва жихозлари:

Н.А.Абдуазизов, Л.Н.Атакулов, И.П.Эгамбердиев, А.М.Махмудов, Б.Р.Тошов, Л.Г.Тошниеъов, Б.Н.Баратов

Геотехнология ва металлургия:

У.Ф.Носиров, А.У. Самадов, И.Т. Мислибаев, Ш.Ш.Заиров, Р.Ш.Наимова, Д.Р.Махмудов, Г.С. Нутфуллоев, Б.Т.Бердияров, С.Т.Маткаримов, Очилов Ш.А., В.Р.Кодиров

Геология-қидирув ва нефть-газ машиналари:

Р.У.Джураев, Н.Н.Махмудов, С.Б.Гаибназаров, С.К.Кахаров, Б.Ж.Боймирзаев, Ш.Ш.Аликулов

Энергия тежамкорлик ва автоматлаштириш:

О.Х.Ишназаров, О.З.Тоиров, М.Қ.Бобожонов, О.О.Зарипов, О.Х. Абдиев, А.И.Каршибоев, Б.Т.Мардонов, О.А.Жумаев, Н.Б.Пирматов, А.Л. Ҳақбердиев

Техник муҳаррир: А.С.Уроков

Журнал муассиси: Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети. Журнал бир йилда 4 марта ўзбек, рус ва инглиз тилларида нашр этилади.

Журнал Ўзбекистон Республикаси Президенти Администрацияси ҳузурдаги Ахборот ва оммавий коммуникациялар агентлигида 2022 йил 17 мартда рўйхатдан ўтган.

Рўйхатдан ўтганлик тўғрисида гувоҳнома № 1563

Олий аттестация комиссияси Раёсатининг 2023 йил 3 июндаги № 338/5-сон ва 2024 йил 29 февралдаги № 351/4-сон қарорлари билан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини эълон қилиш учун тавсия этиладиган илмий нашрлар рўйхатига киритилган.

©Материаллар кўчириб босилганда

«Кончилик машиналари ва технологиялари» журналдан олинди деб кўрсатилиши шарт

Журналда босилган материал ва рекламалардаги маълумотларнинг ишончлилигига муаллифлар маъсул. Тахририят фикри ҳар доим ҳам муаллифлар фикрига мос келмайдими. Тахририятга келиб тушган кўлэмалар қайтарилмайдими.

Манзилимиз: 100095, Тошкент ш., Олмазор тумани, Университет кўчаси, 2.

тел.: (71)227-19-47, Факс:-----

e-mail: gormash.technology@yahoo.com

“ТДТУ” босмаҳонасида чоп этилди

Босмаҳона манзили: Тошкент ш., Олмазор тумани, Университет кўчаси, 2 уй.

Босишга 2025 йил 10 октябрда рухсат этилди.

«Кончилик машиналари ва технологиялари» № 3 (13) – 2025 й. Қоғоз бичими 60x84,1/8. **Ҳажми:** 11,75 босма табоқ. **Адади:** 20 нусха.

Главный редактор

Ж.Б.Тошов

Заместитель главного редактора

Ш.М.Худойбердиев

С.С.Сайидқосимов

Ответственный секретарь

Т.Ж.Аннакулов

Горные машины и оборудования:

Н.А.Абдуазизов, Л.Н.Атакулов, И.П.Эгамбердиев, А.М.Махмудов, Б.Р.Тошов, Л.Г.Тошниеъов, Б.Н.Баратов

Геотехнология и металлургия:

У.Ф.Носиров, А.У. Самадов, И.Т. Мислибаев, Ш.Ш.Заиров, Р.Ш.Наимова, Д.Р.Махмудов, Г.С. Нутфуллоев, Б.Т.Бердияров, С.Т.Маткаримов, Очилов Ш.А., В.Р.Кодиров

Геолого-разведочные и нефте газовые машины:

Р.У.Джураев, Н.Н.Махмудов, С.Б.Гаибназаров, С.К.Кахаров, Б.Ж.Боймирзаев, Ш.Ш.Аликулов

Энергосбережения и автоматизация:

О.Х.Ишназаров, О.З.Тоиров, М.Қ.Бобожонов, О.О.Зарипов, О.Х. Абдиев, А.И.Каршибоев, Б.Т.Мардонов, О.А.Жумаев, Н.Б.Пирматов, А.Л. Ҳақбердиев

Технический редактор: А.С.Уроков

Учредитель: Тошкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова. Журнал выходит 4 раза в год на узбекском, русском и английском языках.

Журнал зарегистрирован в агентстве информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан от 17 марта 2022 года.

Регистрационное свидетельство № 1563

Решением Президиума Высшей аттестационной комиссии № 338/5 от 3 июня 2023 г. и № 351/4 от 29 февраля 2024 г. журнал включен в перечень научных изданий, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

© При перепечатке материалов ссылка на журнал «Горные машины и технологии» обязательна.

Ответственность за достоверность фактов, изложенных в публикуемых материалах и рекламных, несут их авторы. Мнение редакции не всегда совпадают с мнением авторов. Рукописи авторам не возвращаются.

Наш адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, улица Университетская, 2.

тел.: (71)227-19-47, Факс:-----

e-mail: gormash.technology@yahoo.com

Печать журнала осуществила типография ТГТУ

Адрес типографии: г.Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2

Подписано в печать: 10 октября 2025 г.

«Горные машины и технологии» № 3 (13) – 2025 г. Размер бумаги: 60x84,1/8. **Объем:** 11,75 п.л. **Тираж:** 20 экз.

© «Кончилик машиналари ва технологиялари»

Журналга исталган алоқа бўлимида обуна агентликлари ёки www.pochta.uz/subscribe/ web – саҳифаси орқали обуна бўлишингиз мумкин.

На журнал можно подписаться в любом почтовом отделении через представительства подписных агентств или оформить подписку онлайн по адресу: www.pochta.uz/subscribe/

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ЗАБОЯ И ГОРНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Махмудов Ш.А.

*Навоийский государственный горно-технологический университет,
Навои, Узбекистан.*

Doi: 10.5281/zenodo.17338544

АННОТАЦИЯ

Получено:
15.07.2025

Пересмотрено:
20.07.2025

Пересмотрено:
04.08.2025

Опубликовано:
10.10.2025

В статье представлены результаты исследований, посвящённых оценке влияния горнотехнических и климатических условий, а также качества подготовки забоя на производительность карьерных экскаваторов, эксплуатируемых на рудных месторождениях Узбекистана. Показано, что фактическая месячная производительность экскаваторов ЭКГ-20К, ЭКГ-15 и ЕХ-3600 варьирует в пределах 230–450 тыс. м³, а величина годовой наработки в машино-часах напрямую зависит от состояния рабочей площадки. Установлено, что при «хорошем» технологическом состоянии забоя экскаваторы работают более 5 тыс. машино-часов в год, при «удовлетворительном» – 2,5–3,5 тыс., а при «неудовлетворительном» – менее 2,5 тыс. машино-часов. Обоснована целесообразность применения трёхбалльной системы оценки качества подготовки забоя, учитывающей гранулометрический состав горной массы, наличие негабаритов, параметры рабочей площадки и время дополнительных операций. Сравнительный анализ областей применения механических и гидравлических экскаваторов показал различие их эксплуатационных преимуществ и ограничений. Полученные результаты подтверждают, что технологическое состояние забоя и внешние природно-климатические факторы определяют интенсивность выработки ресурса карьерной техники и уровень её производительности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

экскаватор, производительность, состояние забоя, гранулометрический состав, горнотехнические условия, климатические факторы, эксплуатационные показатели.

Введение

Большое разнообразие горнотехнических условий, характерных для разработки рудных месторождений Узбекистана, предопределяет необходимость использования широкого спектра выемочно-погрузочного оборудования различного типа, конструкции и функционального назначения. Это обусловлено тем, что месторождения отличаются не только по своим геологическим признакам, но и по генетической природе образования, вещественному и минералогическому составу, текстурно-структурным характеристикам и структурно-прочностным свойствам вмещающих пород. Подобное разнообразие параметров массива напрямую влияет на выбор рациональных машин, их режимов работы и схем взаимодействия в комплексе. На сегодняшний день на горных предприятиях Узбекистана функционирует более 200 карьерных экскаваторов крупнейших мировых и отечественных производителей, среди которых ИЗ-КАРТЭКС, Komatsu, Hitachi, Caterpillar, Taiyuan Heavy Machinery Group, ХСМГ и ряд других машиностроительных компаний.

Анализ условий эксплуатации карьерной техники в Узбекистане показывает, что

существует тесная причинно-следственная связь между горно-геологическими, производственными, а также климатическими особенностями ведения работ и видом применяемого карьерного экскаватора. В связи с этим все факторы, определяющие выбор оборудования и его эксплуатационную эффективность, можно разделить на несколько укрупнённых групп:

природно-геологические факторы, связанные с прочностью, трещиноватостью и структурой массива;

конструктивно-эксплуатационные характеристики экскаваторов, включая надёжность, энергетическую эффективность и приспособленность к конкретным условиям;

горнотехнические, технологические, организационные и экономические условия, определяющие масштаб и специфику добычи.

В настоящей работе рассматриваются вопросы влияния совокупности указанных факторов на производительность и эксплуатационные показатели одноковшовых карьерных экскаваторов циклического действия, особенно в условиях сложноструктурных и глубоких карьеров. Проведённые исследования показали, что по мере увеличения глубины разработки

возрастает доля крепких и трудно разрабатываемых пород. Так, если при глубине карьера 100–150 м их содержание составляет порядка 10–22 %, то при достижении глубины 600–650 м этот показатель возрастает уже до 48–53 %. Указанная тенденция существенно усложняет процесс экскавации и требует более мощных, надёжных и энергоэффективных машин.

Дополнительное влияние на эксплуатацию карьерного оборудования оказывают климатические условия, которые в Узбекистане отличаются значительной контрастностью. Карьеры расположены в зоне субтропического засушливого климата с выраженной резко континентальной спецификой. Здесь техника эксплуатируется как в условиях экстремально низких температур зимой (до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), так и в условиях летнего зноя, когда температура воздуха достигает $+42\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше. Характерны резкие перепады температуры в течение суток: днём температура может держаться около $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, тогда как ночью опускаться до $+8\dots+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Подобные колебания негативно сказываются на состоянии узлов и агрегатов карьерной техники, вызывая частые поломки и ускоренный износ. В результате предприятия несут значительные дополнительные расходы на восстановление оборудования, а незапланированные простои машин приводят к ощутимым потерям прибыли. По оценкам специалистов, каждый день вынужденного простоя крупной техники из-за аварийного отказа обходится предприятию в весьма значительные суммы.

Установлено, что климатические условия оказывают непосредственное воздействие на производительность экскаваторов: в диапазоне температур от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ производительность может отличаться в 1,6–2,0 раза. Это ещё раз подчёркивает необходимость учёта внешней среды при выборе и эксплуатации оборудования.

Обобщение опыта крупнейших горнодобывающих предприятий Узбекистана, разрабатывающих месторождения золота, меди, железо и других полезных ископаемых, позволило выявить закономерности в применении механических и гидравлических экскаваторов. Так, механические лопаты с вместимостью ковша до 10 м^3 , а также гидравлические экскаваторы наиболее эффективно используются при разработке сравнительно небольших месторождений производственной мощностью до 5 млн м^3 в год, а также в районах, где отсутствует стабильное электроснабжение. На крупных карьерах, где выполняются вскрышные работы и массовая выемка полезного ископаемого, приоритет отдаётся механическим лопатам с вместимостью ковша свыше 10 м^3 . При этом для селективной выемки, требующей большей маневренности и точности, преимущественно

применяются гидравлические экскаваторы. Для месторождений средней мощности характерно использование обеих разновидностей машин с ковшами до 10 м^3 (рис.1).

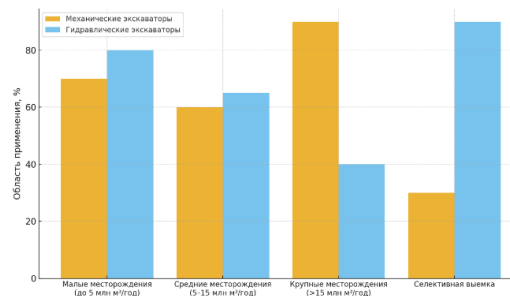


Рис. 1. Сравнительные области применения механических и гидравлических экскаваторов

Каждый из типов оборудования обладает своими преимуществами, которые определяют области его рационального применения. Так, механические экскаваторы отличаются высокой надёжностью, способностью эффективно работать в тяжёлых условиях, сравнительно низкими эксплуатационными затратами и возможностью разработки более высоких уступов. Они позволяют формировать рабочие борты с увеличенным углом откоса, что способствует снижению текущего коэффициента вскрыши. В то же время гидравлические экскаваторы более автономны, манёвренны и мобильны, требуют меньших капитальных вложений и имеют более короткий срок окупаемости. Дополнительное преимущество заключается в том, что рабочий орган гидравлических машин обладает дополнительной степенью свободы, что расширяет их технологические возможности. К этому добавляется наличие развитой системы сервисного обслуживания со стороны фирм-производителей.

Материалы и методы

Для количественной оценки влияния физических и механических характеристик горных пород на работу экскаваторов, а также для обоснования правильности выбора оборудования академик В. В. Ржевский предложил использовать относительный показатель трудности экскавации породы $P_э$, который определяется по эмпирической зависимости. Применение данного подхода позволяет более объективно сопоставлять условия работы различных типов машин и выбирать оптимальные варианты для конкретных горнотехнических ситуаций [1-4].

$$P_э = 0,3\lambda(0,2\sigma_{сж} + \sigma_{сд} + \sigma_{раст}) + 0,3\gamma, \quad (1)$$

где λ -коэффициент структурного ослабления пород в массиве направлений копания; $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, $\sigma_{раст}$ -соответственного пределы прочности горных пород на сжатие, сдвиг, растяжение, МПа; γ -плотность насыпной массы, $\text{т}/\text{м}^3$.

При выборе типа экскаватора, его модели, параметры забоя должны соответствовать физико-техническим характеристикам разрабатываемой породы, ее экскавируемости, определяемой величиной удельного сопротивления копанью [5-7].

$$K_F = \frac{P_K}{F_\Phi} < \frac{P_K}{bt_p}, \quad (2)$$

где P_K -касательная сила сопротивления породы копания; F_Φ -фактическая площадь поперечного сечения стружки; b – ширина стружки; t_p -расчетная толщина стружки (глубина внедрения экскавирующего органа).

Относительный показатель трудности экскавации разрушенных пород зависит в основном от их степеней кусковатости и связности, характеризуемых коэффициентом разрыхления, и определяется по эмпирической формуле [8,9].

$$P_{э,р} = \left[A + \frac{10A}{K_p^9} \right], \quad (3)$$

где A -показатель кусковатости разрыхленной горной массы, $A = \gamma d_{ср} + 0,1\sigma_{сдв}$, $d_{ср}$ - средний размер кусков разрушенной породы в развале; K_p – коэффициент разрыхления разрушенной породы в развале.

В исследованиях за критерий оценки кусков горной массы может быть принят средний диаметр куска, величина которого вычисляется по формуле [10,11]:

$$d_{ср} = \sum_{i=1}^n X_i \gamma_i, \quad (4)$$

где $d_{ср}$ - диаметр среднего куска; X_i - среднее арифметическое границ i -ой фракции; n - число фракций; γ_i - содержание i -ой фракции.

Вышеуказанными факторами и по степени кусковатости и разрыхленности горных пород определяются технико-экономические показатели последующих технологических процессов: экскавации, транспортирования, складирования, обогащения и т.д.

Для обеспечения высокоэффективной работы карьерного экскаватора необходимо, чтобы взорванная пород была не только интенсивно раздроблена, но и хорошо разрыхлена. С ростом коэффициента разрыхления породы (K_p) в развале сокращается длительность черпания ($T_ч$), повышается коэффициент наполнения ковша (K_n), создаются условия для увеличения безопасной высоты разрабатываемого забоя ($H_у$)

Результаты и обсуждения

В ходе экспериментальных исследований гранулометрический состав взорванной горной массы определяется двумя основными методами: либо посредством непосредственного измерения кусков в развале, либо с использованием современного фотограмметрического метода, позволяющего получать более полную и объективную картину

распределения фракций. На основании анализа полученных данных предлагается оценивать состояние забоя и рабочей площадки по трёхбалльной шкале: «хорошее», «удовлетворительное» и «неудовлетворительное». Такая классификация позволяет более наглядно и структурированно характеризовать условия работы экскавационной техники, а также прогнозировать её производительность и надёжность.

Каждая из выделенных категорий состояния забоя определяется рядом технологических критериев, которые комплексно отражают как физико-механические свойства породы, так и параметры самой рабочей площадки:

Хорошее состояние

Полное отсутствие «негабаритов» — кусков породы, размеры которых превышают допустимые для нормальной работы экскаваторов.

Средняя кусковатость взорванной массы составляет 150–300 мм, что соответствует оптимальным параметрам для погрузки.

Время, затрачиваемое на разборку забоя ($T_{рз}$) и разрушение негабаритов ($T_{рн}$), равно 0 % от продолжительности смены, что свидетельствует о высокой эффективности буровзрывных работ.

Продольно-поперечный наклон рабочей площадки не превышает 3^0 , что обеспечивает устойчивое положение экскаватора.

Ширина рабочей площадки составляет 60–70 м, что гарантирует достаточное пространство для маневрирования и безопасного движения техники.

Наличие как минимум двух подъездов к забюю, что повышает гибкость транспортных схем.

Удовлетворительное состояние

В развале присутствуют «негабариты», которые требуют дополнительного дробления или разборки.

Средняя кусковатость породы возрастает до 300–400 мм, что уже осложняет работу экскаваторов.

Время $T_{рз}$ и $T_{рн}$ достигает 10 % от продолжительности смены, снижая общую эффективность эксплуатации техники.

Продольно-поперечный наклон рабочей площадки удерживается около 3^0 , то есть близок к предельно допустимому значению.

Ширина рабочей площадки сокращается до 40–60 м, что ограничивает возможности техники и повышает риск заторов.

Неудовлетворительное состояние

В развале фиксируется значительное количество «негабаритов», которые значительно замедляют процесс погрузки.

Средняя кусковатость породы превышает 400 мм, что делает необходимым применение дополнительного дробления и значительно снижает производительность.

Время ТРЗ и ТРН увеличивается более чем до 20 % продолжительности смены, что создаёт значительные простои оборудования.

Продольно-поперечный наклон рабочей площадки превышает 3^0 , что ухудшает устойчивость экскаваторов и повышает риск аварийных ситуаций.

Ширина рабочей площадки сокращается менее чем до 40 м, что критически ограничивает возможности для работы и движения техники.

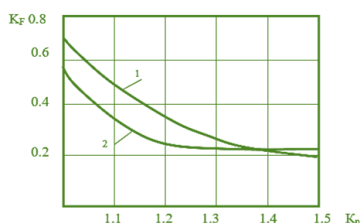


Рис. 2. Влияние коэффициента разрыхления породы в развале K_p на величину удельного сопротивления копания K_F ; 1-известняки, 2-доломиты

Нередко фиксируется наличие «козырьков» в забое и глубоких ям на рабочей площадке, что ещё больше затрудняет эксплуатацию

оборудования и требует дополнительных трудоёмких мероприятий по исправлению.

Из графика установлено зависимость величины удельного сопротивления копания ($K_F=0,28-0,7$) от коэффициента разрыхления породы в развале, которое показывает, что этот коэффициент должен находится в пределах $K_p=1,25 - 1,5$.

При этом установлено зависимость величины удельного сопротивления копания от коэффициента разрыхления породы в развале, которое показывает, что этот коэффициент должен находится в пределах $K_p=1,25 - 1,5$.

В результате исследований установлено рекомендуемая вместимость ковшей экскаваторов для различных условий работы: от коэффициента крепости породы, от кусковатости разрыхленных взрывом скальных горных пород и от коэффициента разрыхления породы при различной высоте уступа, которое приведена в табл. 1. В процессе было произведено хронометражные исследования производительности одноковшовых карьерных экскаваторов циклического действия на сложно-структурных глубоких карьерах, при валовой выемке на вскрышных уступах при различных условиях работы и расчётами определены их фактические значения во времени, которое приведена на рисунке 3.

Таблица 1
Рекомендуемая емкость ковшей экскаваторов для разработки разрыхленных взрывом скальных горных пород в зависимости от условий работы

Условия работы	Рекомендуемая емкость ковша, E, м ³ , при высоте уступа H _у , м			Коэффициент крепости породы, f	Кусковатость, d _{ср}	Коэффициент разрыхления, K _p
	5	10	15			
Легкие – состояние хорошее [K _F <0,2]	5,2	10	16-20	f>6; γ= 2,5-2,8	0,15-0,3 0,3-0,4	1,15-1,3 1,3-1,5
Средние-состояние удовлетворительное [K _F =0,2- 0,4]	5	8	12,5-20	f =8 – 12 γ=2,5 – 3,0	0,15-0,3 0,3-0,4	1,15-1,3 1,3-1,5
Тяжелые – состояние неудовлетворительное [K _F >0,4]	5	6,3	10-15	f>6; γ= 2,5-3,2	Более 0,4	1,2-1,5

Из анализа экспериментальных данных и графиков видно, что фактическая месячная производительность карьерных экскаваторов различного типа находится в достаточно широких пределах и зависит не только от конструктивных характеристик машин, но и от качества подготовки забоя. Так, для экскаватора ЭКГ-20К, введённого в эксплуатацию в 2014 году, месячная производительность составляет в среднем 350–450 тыс. м³ горной массы. Экскаватор ЭКГ-15, работающий с 2013 года, показывает несколько меньшие значения – 280–400 тыс. м³ в месяц. Современный гидравлический экскаватор EX-3600,

поступивший в эксплуатацию в 2017 году, работает в пределах 230–350 тыс. м³ в месяц. Эти данные свидетельствуют о том, что производительность экскаваторов определяется не только техническими параметрами, но и внешними условиями эксплуатации, включая подготовку рабочей площадки.

Из анализа экспериментальных данных и графиков видно, что фактическая месячная производительность карьерных экскаваторов различного типа находится в достаточно широких пределах и зависит не только от конструктивных характеристик машин, но и от качества подготовки забоя. Так, для экскаватора

ЭКГ-20К, введённого в эксплуатацию в 2014 году, месячная производительность составляет в среднем 350–450 тыс. м³ горной массы. Экскаватор ЭКГ-15, работающий с 2013 года, показывает несколько меньшие значения – 280–400 тыс. м³ в месяц.

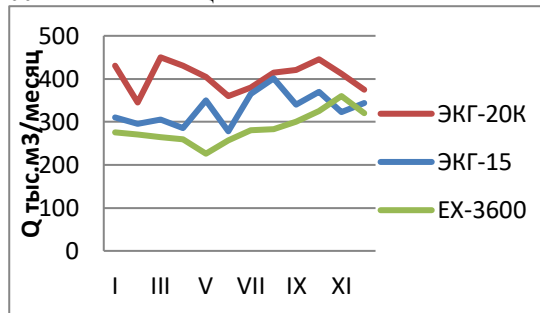


Рис. 3. Изменение производительности экскаваторов во времени

Современный гидравлический экскаватор EX-3600, поступивший в эксплуатацию в 2017 году, работает в пределах 230–350 тыс. м³ в месяц. Эти данные свидетельствуют о том, что производительность экскаваторов определяется не только техническими параметрами, но и внешними условиями эксплуатации, включая подготовку рабочей площадки.

Особое значение при оценке эффективности работы техники имеет технологическое состояние забоя. Для его характеристики использована трёхбалльная система оценки («хорошее», «удовлетворительное» и «неудовлетворительное»), которая позволяет количественно выразить уровень производительности через показатель годовой наработки экскаватора в машино-часах.

При хорошем состоянии забоя годовое время производительной работы экскаватора составляет более 5 тыс. машино-часов. Это указывает на стабильную работу машины, минимальные простои, оптимальную кусковатость породы и правильную организацию рабочей площадки.

В случае удовлетворительного состояния забоя годовая производительная работа сокращается до 2,5–3,5 тыс. машино-часов. При этом фиксируются отдельные затруднения, связанные с наличием негабаритов, ухудшением условий площадки и увеличением доли непроизводительных простоев.

При неудовлетворительном состоянии забоя время эффективной работы экскаватора снижается до менее 2,5 тыс. машино-часов в год, что свидетельствует о крайне неблагоприятных условиях: большом количестве негабаритов, значительном наклоне и стеснённости площадки, наличии «козырьков» и ям, требующих дополнительных подготовительных операций.

Заключение

Таким образом, трёхбалльная система оценки состояния забоя и рабочей площадки позволяет комплексно учитывать как качество буровзрывных работ, так и организацию рабочих зон. Она даёт возможность своевременно выявлять неблагоприятные условия, прогнозировать производственные риски и принимать меры для повышения эффективности и безопасности горных работ.

Установлено, что именно технологическое состояние забоя предопределяет интенсивность выработки ресурса карьерных экскаваторов и в значительной мере определяет их фактическую наработку. Для количественной оценки предлагается использовать коэффициент, рассчитываемый как отношение приведённых показателей работоспособности машины в различных условиях к эталонным значениям. В качестве нормальных условий эксплуатации следует принимать ситуацию, при которой обеспечено «хорошее» качество подготовки забоя и горной массы, то есть такие условия, когда достигается максимальная производительность и ресурс техники расходуется наиболее рационально.

КОВЖОЙ HOLATI VA KON-IQLIMIY OMILLARNING KARYER EKSKAVATORLARI UNUMDORLIGIGA TA'SIRI

Maxmudov Sh.A.

*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O'zbekiston.*

ANNOTATSIYA

Kelib tushgan:
15.07.2025

Ko'rib chiqilgan:
20.07.2025

Qabul qilingan:
04.08.2025

Maqolada O'zbekiston konlarida ishlatilayotgan karyer ekskavatorlarining unumdorligiga kon-texnik, geologik va iqlimiy sharoitlar hamda kovjoyni tayyorlash sifati ta'sirini baholashga oid tadqiqot natijalari keltirilgan. Aniqlanishicha, ЭКГ-20К, ЭКГ-15 va EX-3600 ekskavatorlarining haqiqiy oylik unumdorligi 230–450 ming m³ oralig'ida bo'lib, yillik ishlash vaqti (mashina-soatlarida) to'g'ridan-to'g'ri ish maydonining holatiga bog'liq. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, “yaxshi” sharoitda ekskavatorlar yiliga 5 ming mashina-soatdan ortiq ishlaydi, “qoniqarli” sharoitda – 2,5–3,5 ming soat, “qoniqarsiz” sharoitda esa – 2,5 ming soatdan kam. Kovjoy tayyorlash sifati baholash uchun uch balli tizimdan foydalanish maqsadga muvofiqligi asoslab berilgan, bunda tog' jinsining granulometrik tarkibi, yirik bo'laklarning mavjudligi, ishchi maydon parametrlari va

Chop etilgan: 10.10.2025
 qo‘shimcha operatsiyalarga sarflangan vaqt hisobga olinadi. Mexanik va gidravlik ekskavatorlarning qo‘llanish sohaslarini qiyosiy tahlil qilish ularning ekspluatatsion ustunliklari va cheklovlarini ko‘rsatib berdi. Tadqiqot natijalari shuni tasdiqlaydiki, kovjoyning texnologik holati hamda tashqi tabiiy-iqlimiy omillar texnikaning resurs sarf tezligi va umumiy unumdorligini belgilab beradi.

KALIT SO‘ZLAR ekskavator, unumdorlik, kovjoy holati, granulometrik tarkib, kon-texnik sharoitlar; iqlimiy omillar, ekspluatatsion ko‘rsatkichlar.

IMPACT OF BENCH CONDITIONS AND MINING-CLIMATIC FACTORS ON THE PRODUCTIVITY OF OPEN-PIT EXCAVATORS

Makhmudov Sh.A.

Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

ABSTRACT The article presents the results of research devoted to assessing the impact of mining, geological and climatic conditions, as well as the quality of bench preparation, on the performance of open-pit excavators operated at mineral deposits in Uzbekistan. It is shown that the actual monthly productivity of excavators ЕКГ-20К, ЕКГ-15, and EX-3600 varies within the range of 230–450 thousand m³, while the annual operating time in machine hours directly depends on the condition of the working area. It has been established that under “good” bench conditions excavators achieve more than 5,000 machine hours per year, under “satisfactory” conditions 2,500–3,500 hours, and under “unsatisfactory” conditions less than 2,500 hours. The expediency of using a three-point scale for evaluating bench preparation quality, taking into account rock fragmentation, oversize content, parameters of the working platform, and time of additional operations, is substantiated. A comparative analysis of the application areas of mechanical and hydraulic excavators has revealed differences in their operational advantages and limitations. The findings confirm that both the technological condition of the bench and external natural-climatic factors predetermine the rate of resource consumption and the overall productivity of mining equipment.

Received: 15.07.2025
 Revised: 20.07.2025
 Accepted: 04.08.2025
 Published: 10.10.2025

KEYWORDS excavator, productivity, bench condition, rock fragmentation, mining conditions, climatic factors, operational indicators.

Библиографический список

1. Анистратов Ю. И. Исследования технологических грузопотоков на карьерах со скальными породами: автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук: - М.: МГИ, 1970. – 42 с.
2. Беляков Ю.И. Совершенствование технологии выемочно-погрузочных работ на карьерах. М.: Недра, 1977. – 295 с.
3. Беляков Ю.И. Экскаваторные работы: Справочник рабочего. – М.; Недра, 1992. – 288 с.
4. Домбровский Н.Г. Экскаваторы: общие вопросы теории, проектирования, исследования и применения – М.: Машиностроение, 1969. – 318 с.
5. Подерни Р.Ю. Анализ современного состояния рынка карьерной техники в мире // М.: Горная промышленность, 2013. – №4 (110). – С 48-54.
6. Подерни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров – М.: МГГУ, 2007. – 680 с.
7. Мислибаев И.Т., Махмудов А.М., Махмудов Ш.А. Пардаева Ш.С. Исследование и оценка технического состояния горного и транспортного оборудования глубоких карьеров // Науч. – техн.и произв.журнал «Горный вестник Узбекистана» – Навои, 2022. - №1 (88). – С. 95-99. DOI:10.54073/GV.2022.1.88.0120
8. Мислибаев И.Т., Махмудов А.М., Махмудов Ш.А. Исследование условий функционирования одноконвальных карьерных экскаваторов циклического действия на сложно-структурных глубоких карьерах // Горный вестник Узбекистана. – Навоий, 2020. - №1 (80). – С. 80-84.
9. Мислибаев И.Т., Махмудов А.М., Махмудов Ш.А. Муминов Р.О. Разработка системы управления технологичностью и оценка качества функционирования рабочих мест горного производства // Науч. – техн.и произв.журнал «Горный вестник Узбекистана» – Навои, 2022. - №4 (91). – С. 11-15. DOI:10.54073/GV.2022.4.91.003 <http://gorniyvestnik.uz/ru/posts/1514-razrabotka-sistemy-upravleniya-tehnologichnostyu-i-ocenka-kachestva-funkcionirovaniya-rabochikh-mest-gornogo-proizvodstva>
10. Makhmudov Sh. A. Methodology for calculating the performance and functionality of quarry excavators // Научный журнал Наука и инновационное развитие – Тошкент, 1/2023. – С. 16-24. <https://dx.doi.org/10.36522/2181-9637-2023-1-3> <https://online.pubhtml5.com/oppia/gsdn/#p=34>

11. Makhmudov Sh.A. Systematization of functional elements of the structure of complex mechanization at careers. Australian Journal of Science and Technology. 2020. Vol. 4; issue 1; March. p. 222-227.

Information about authors:

Makhmudov Sherzod – *PhD, associate professor the department of Mining electromechanics, Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Republic of Uzbekistan*
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0057-2829>, e-mail: 1yy2@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОКИСЛЕННЫХ СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩИХ РУД

Санакулов К.С., Исмаилов Д.К.

АО «Навоийский горно-металлургический комбинат», Навои, Узбекистан.

ООО «O`zGEORANGMETLITI», Ташкент, Узбекистан.

Doi: 10.5281/zenodo.17338634

АННОТАЦИЯ

Получено:
13.07.2025

Пересмотрено:
18.07.2025

Пересмотрено:
02.08.2025

Опубликовано:
10.10.2025

В статье представлено комплексное исследование месторождения Нукракон в Центральных Кызылкумах, являющегося одним из крупнейших объектов золотосеребряной минерализации в Узбекистане. Особое внимание уделено характеристике рудных залежей, их морфологии и распределению ценных компонентов. Изложены результаты детальных технологических исследований различных методов переработки руд: сорбционного цианирования, флотационного обогащения, обработки хвостов флотации и противоточно-декантационной отмывки. Проведённый анализ показал высокую эффективность цианирования как основного метода извлечения благородных металлов, при этом установлено оптимальное сочетание технологических параметров процесса. Исследованы формы нахождения серебра и золота в рудах, включая самородное состояние, сульфидные и оксидные соединения. Определены наиболее перспективные технологии обогащения, позволяющие достичь максимального извлечения ценных компонентов при минимальных затратах. Полученные данные позволяют рекомендовать для промышленной разработки месторождения комбинированную технологию переработки руд с использованием противоточной декантации и цементации цинковой пылью, что обеспечивает высокую степень извлечения металлов при относительно низких капитальных и эксплуатационных затратах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

золотосеребряные руды, геологическое строение, минеральный состав, окисленные руды, сульфидные руды, цианирование, сорбционное цианирование, флотационное обогащение, гравитационные методы, противоточная декантация, цементация цинковой пылью, извлечение металлов, технологические параметры, обогащение руд.

Введение

В современных условиях развития горнодобывающей промышленности особую актуальность приобретает необходимость комплексного изучения перспективных месторождений благородных металлов, что позволяет не только оценить их ресурсный потенциал, но и разработать эффективные технологии переработки руд.

В условиях постоянно растущих требований к экологической безопасности и экономической эффективности производства особую значимость приобретает разработка инновационных технологий, позволяющих максимально полно извлекать ценные компоненты при минимальных затратах.

В данной статье представлены результаты комплексного изучения месторождения, включающего геолого-минералогические исследования, технологические испытания методов обогащения и переработки руд, а также оценку экономической целесообразности применения выявленных технологий.

Объект исследования

Исследуемое месторождение Нукракон, находящееся в Центральных Кызылкумах, в горах Бельтау, на территории Канмехского

района Навоийской области Узбекистана, представляет собой уникальный объект горнодобывающей промышленности. Оно расположено в 45 километрах к югу от города Зарафшан и в 7 километрах северо-западнее посёлка Даугызтау. История освоения месторождения началась в 1966 году, когда были обнаружены золотосеребряные руды. Детальные поисковые работы, проведённые в период с 1972 по 1974 годы, позволили признать месторождение крупным и пригодным для открытой разработки на глубину до 300 метров.

Геологическое строение месторождения отличается сложностью и включает два структурных этажа. Нижний этаж состоит из терригенных отложений бесапанской толщи, представленных песчаниками, алевролитами и аргиллитами (сланцами). Эти породы характеризуются отсутствием маркирующих горизонтов и многократным повторением однотипных по составу слоёв. Песчаники являются наиболее распространённой породой, преимущественно олигомиктовыми и мелкозернистыми, с примесью гравелита до 5–10%. Алевролиты встречаются реже и имеют кварцевый и слюдисто-кварцевый состав, а аргиллиты представлены тонкослоистыми

породами с преобладанием гидрослюд и серицита.

На флангах месторождения распространены верхнемеловые и палеоген-неогеновые отложения мощностью до 250 метров. Интрузивные породы на поверхности не обнаружены, но предполагается их наличие на глубинах более 500 метров. Месторождение характеризуется сложной тектонической структурой, включающей складчатые и разрывные дислокации. Основной рудоконтролирующей структурой является субширотный разлом, который прослеживается горными выработками на 2,5 километра и буровыми скважинами на 300–350 метров.

Промышленные залежи сосредоточены в узлах пересечения разломов, и форма месторождения напоминает полукольцо, обусловленное пересечением Даугызтауского и субширотного разломов. Месторождение включает семь рудных залежей при этом рудные тела имеют различные формы от крестообразной и линзообразной до серповидной с плитообразной структурой.

Основные характеристики рудных залежей включают длину до 2250 метров и мощность от 40 до 200 метров. Они располагаются в зонах интенсивного дробления и сульфидной

минерализации, связанной с пиритом и арсенопиритом.

В свою очередь руды месторождения делятся на окисленные и сульфидные. Окисленные руды залегают до глубины 50–60 метров и отличаются низким содержанием сульфидов, включая гидроокислы железа и марганца. Сульфидные руды включают кварц, полевые шпаты и различные сульфиды. Основные ценные компоненты — золото и серебро, с попутными элементами серы, селена и теллура, мышьяк при этом считается вредной примесью. Вертикальный размах оруденения достигает 1,0–1,2 км.

Методы исследований и их анализ

В статье уделяется внимание технологии переработки именно окисленных руд, для чего были проведены исследования по трём технологическим пробам весом от 0,5 до 2,0 тонн каждая, с изучением химического и минерального состава, а также технологических свойств. На рис. 1 приведены результаты изучения вещественного состава проб, в том числе: химический состав (по данным микроскопических исследований).

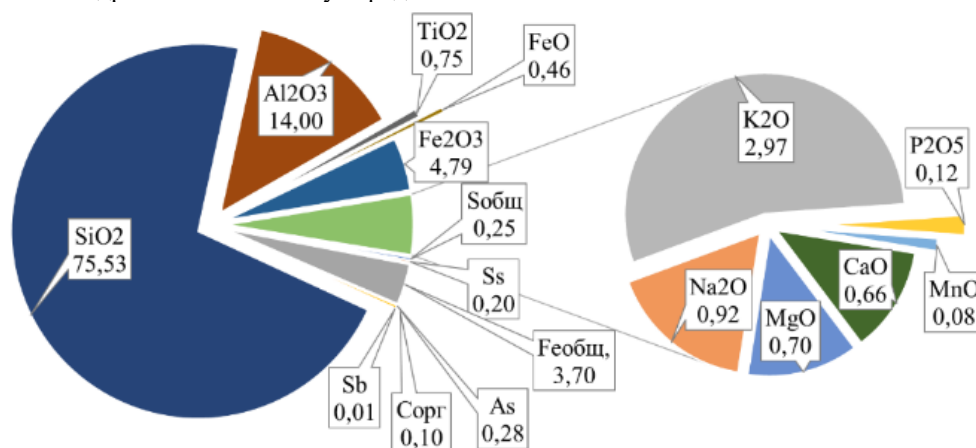


Рис. 1 – Химический состав проб окисленных руд в процентах месторождения Нукракон

При изучении минерального состава проб окисленных руд месторождений Нукракон в составе руд отмечается значительное содержание кварца, колеблющееся в пределах от 40% до 55%. Алюмосиликаты также занимают существенную долю, варьируясь от 40% до 55%, при этом полевые шпаты составляют примерно 10–15%, а глинистые минералы, слюды и гидрослюды — 30–40%.

Рутил присутствует в незначительных количествах, как и апатит, который отмечен редкими знаками. Карбонаты, такие как кальцит и доломит, составляют около 0,5%, в то время как сульфаты, включая гипс, ярозит, англезит и барит, варьируются от 0,8% до 1%.

Окислы и гидроокислы железа, такие как гётит и гидрогётит, представлены в количестве

от 4% до 7%. Арсенаты, в частности скородит, могут достигать до 1%. Сульфиды в целом составляют около 0,2%, включая пирит (0,1%), арсенопирит (от редких зерен до 0,05%), халькопирит, галенит и другие редкие минералы. Вторичные сульфиды, такие как ковеллин и халькозин, а также сульфосоли, включая теннантит и тетраэдрит, присутствуют в редких зернах.

Дополнительно отмечены редкие знаки самородного серебра и других соединений серебра, таких как сульфиды, теллуриды и хлориды. Угlistое вещество в составе руд не обнаружено. Эти данные позволяют получить полное представление о минералогическом составе и особенностях двух типов руд.

Распределение серебра по результатам исследования минерального состава проб окисленных руд месторождений Нукракон представлено следующими соотношениями Самостоятельные зерна и в открытых сростках в диапазоне 85-90%, связанное с окислами и

гидроокислами железа находятся в пределах 5-10% и в породообразующих минералах 5-10%.

Характер сереборудной минерализации по основным рудным минералам окисленных руд представлен на рис 2.

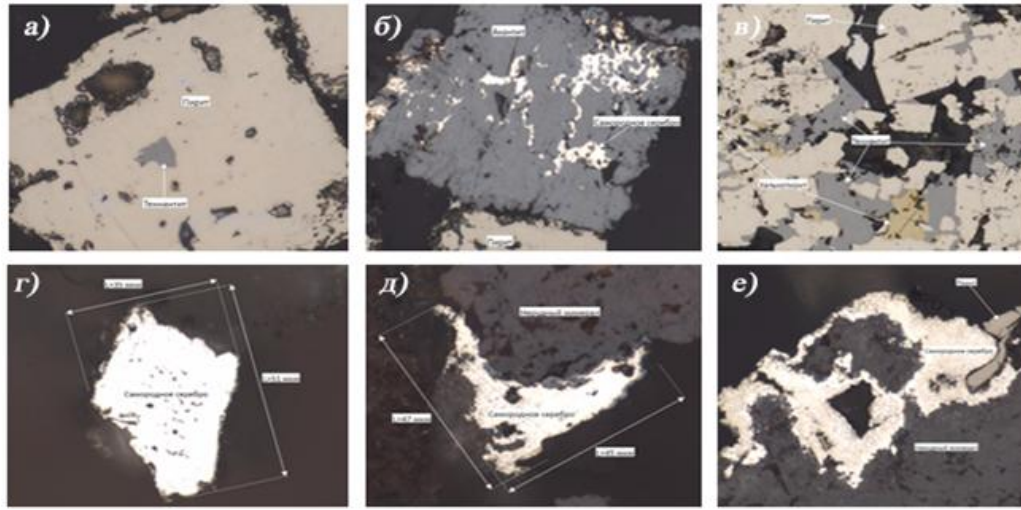


Рис. 2 Сереборудная минерализация:

а) теннантит в закрытом сростке в пирите; б) самородное серебро (кремово-белый) и акантит (серый) в сростке с зерном пирита; в) теннантит и халькопирит преимущественно в закрытом сростании в пирите; г) среднее (35x51 мкм) зерно самородного серебра; д) самородное серебро (45x47 мкм) в сростке с нерудным минералом; е) самородное серебро в сростке с пиритом и нерудным минералом

На месторождении Нукракон демонстрируются распределение самородного серебра в сростках с кварцем и гидроокислами железа. Это указывает на тесную ассоциацию данных минералов с кварцевой матрицей и процессы вторичного обогащения руд.

При изучении вещественного состава и минералогических исследований выявлено, что в окисленных рудах месторождений Нукракон основными полезными рудными компонентами являются серебро и золото, основными минералами серебра самородное серебро, сульфосоли (тетраэдрит и теннантит), акантит, полибазит, пираргирит, миаргирит, штрмейерит, кераргирит и др., при этом значительно большая часть зёрен самородного серебра и других минералов серебра находится

в виде самостоятельных зёрен и в открытых сростках с другими минералами.

При проведении технологических исследований изучались:

- формы нахождения серебра и золота в руде и характер их ассоциации;
- сорбционное цианирование исходных руд в различных режимах (рис. 3);
- флотационное обогащение исходных руд (рис. 4);
- сорбционное цианирование хвостов флотации (рис. 5);
- сорбционное цианирование флотоконцентрата;
- цианирование и противоточно-декантационная отмывка пульпы (рис. 6).

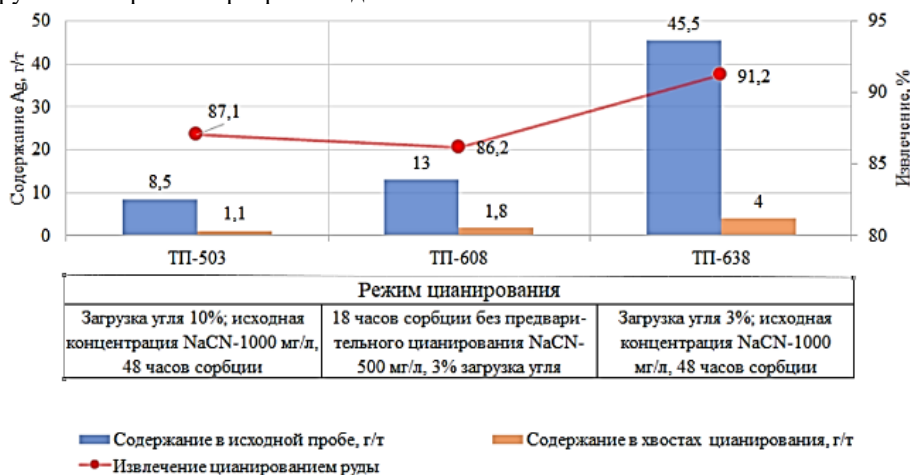


Рис. 3 Сорбционное цианирование исходной руды

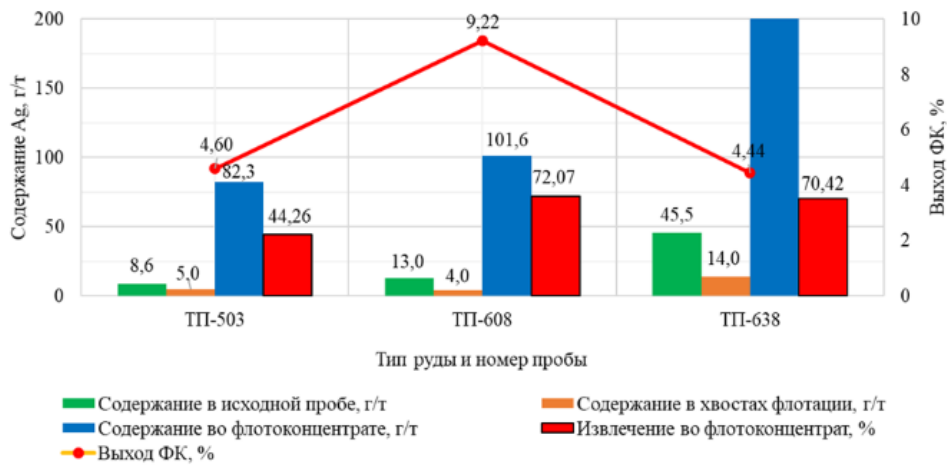


Рис. 4 Флотационное обогащение исходной окисленной руды месторождения Нукракон

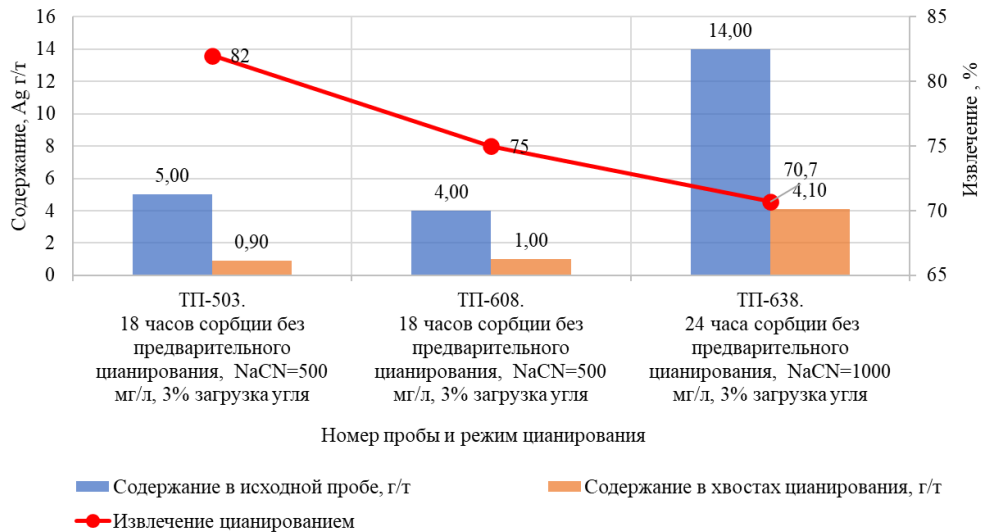


Рис. 5. Сорбционное цианирование хвостов флотации

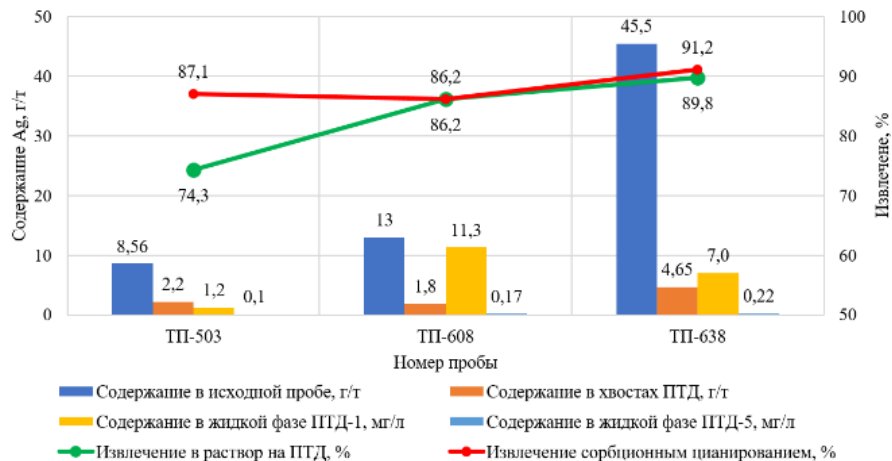


Рис. 6 Результаты противоточно-декантационной отмывки процианированной пульпы

Кроме того, изучалась измельчаемость проб, обогатимость гравитационными методами, влияние крупности измельчения на извлечение при выщелачивании, кинетика цианирования и сорбции, изотерма сорбции, сгущаемость продуктов обогащения, цементация благородных металлов из растворов.

Месторождение Нукракон характеризуется разнообразием форм нахождения серебра,

которые отличаются по характеру связей с рудными компонентами. В ходе исследований были проанализированы три технологические пробы месторождения.

По результатам анализа выявлено, что основная часть серебра (90,6%-91,9) находится в свободном состоянии или в виде сростков, что позволяет эффективно использовать цианирование для его извлечения. Обнаружено

незначительное количество (от 0,0 до 3,8%) серебра, покрытого плёнками и ассоциированного с антимонитом и кремнезёмом. Небольшая доля (0,6-4,94%) серебра связана с оксидами и гидроксидами железа, требуя предварительной обработки соляной кислотой перед цианированием, а до 3,50% ассоциировано с сульфидами. Тонковкрапленное серебро в породообразующих минералах находится в диапазоне от 0,59 до 4,5%. Эти данные демонстрируют разнообразие минеральных форм серебра и их особенности, что важно для выбора оптимальных технологий переработки руд месторождения Нукракон.

В ходе проведённых исследований сорбционного цианирования флотоконцентрата были изучены две пробы окисленных руд с месторождения Нукракон. В первой пробе содержание серебра в исходной пробе составляло порядка 150 г/т, после проведения цианирования содержание серебра в хвостах существенно снизилось до 3,4 г/т при этом извлечение серебра оказалось весьма высоким и достигло значения 97,7%. Процесс осуществлялся при следующих технологических параметрах: загрузка угля составила 10%, концентрация цианида натрия (NaCN) была установлена на уровне 2000 мг/л, а продолжительность сорбции составила 48 часов.

Во второй пробе, содержание серебра в исходной пробе составляло 168,7 г/т, после проведения цианирования содержание серебра в хвостах уменьшилось до 2,6 г/т, эффективность извлечения металла в этом случае оказалась несколько выше и составила 98,5%. Условия проведения процесса были аналогичны первой пробе.

Представленные данные демонстрируют высокую эффективность процесса сорбционного цианирования для обеих проб, а также позволяют отметить незначительные различия в показателях извлечения.

На пробах окисленных руд Нукракон проведены тестовые опыты по гравитационному обогащению с применением концентраторов Knelson и Falcon. Измельчение осуществлялось до крупности 80% класса – 0,074 мм. В результате экспериментов было установлено, что выход концентрата при этом составляет примерно 0,91%, а извлечение ценных минералов достигает лишь около 4,5%.

Полученные данные свидетельствуют о том, что применение гравитационных методов для обогащения серебросодержащих руд оказалось неэффективным. Низкая степень извлечения и незначительный выход концентрата делают нецелесообразным использование этих технологий в промышленных масштабах.

Следует отметить, что для эффективной переработки окисленных серебро-

золотосодержащих руд месторождений Нукракон необходимо учитывать ряд ключевых факторов. Анализ результатов лабораторных исследований показывает, что от 91 до 98% серебра в руде находится в цианируемых формах, что делает возможным применение прямого цианирования. Однако использование гравитационных методов обогащения показало низкую эффективность, поэтому их применение в схеме нецелесообразно.

Извлечение серебра методом интенсивной гравитации составляет всего 3,5-4,5%, что подтверждает необходимость использования более эффективных технологий. В то время как флотационное обогащение демонстрирует более высокие результаты с извлечением серебра в концентрат до 72%, однако даже этот метод не позволяет получить отвальные хвосты по содержанию серебра, что требует последующего цианирования.

При этом цианирование требует соблюдения особых условий: продолжительность процесса должна составлять не менее 24 часов при концентрации цианистого натрия 1000 мг/л. Важно также измельчать руду до крупности 80-85% класса минус 0,074 мм для достижения оптимальных результатов.

При выборе метода извлечения серебра следует учитывать экономические аспекты. Несмотря на высокую эффективность сорбционного выщелачивания (извлечение 95,4%), этот метод требует значительных капитальных вложений и повышенных эксплуатационных затрат из-за расхода активированного угля и электроэнергии. В условиях высокого соотношения серебра к золоту (72:1 и выше) более экономически целесообразным представляется использование противоточной декантации в сочетании с процессом цементации цинковой пылью (Меррилл-Кроу). Этот метод обеспечивает извлечение серебра в раствор до 96,4% и позволяет снизить капитальные и эксплуатационные затраты по сравнению с сорбционной технологией.

Заключение

Месторождение Нукракон представляет собой значимый объект горнодобывающей промышленности благодаря богатым запасам золотосеребряных руд. Его сложная тектоническая структура и разнообразие геологических отложений создают уникальные условия для локализации рудных залежей.

Исследования показали, что основными рудными компонентами являются серебро и золото, представленные различными минералами серебра, такими как самородное серебро, сульфосоли (тетраэдрит, теннантит), акантит, полибазит и другие. Преобладающими минералами в окисленных рудах являются кварц и алюмосиликаты.

Проведенные исследования методов переработки руд продемонстрировали высокую эффективность сорбционного цианирования, обеспечивающего извлечение серебра до 97,7–98,5%. Также было установлено, что флотационное обогащение позволяет достичь извлечения серебра до 72%, однако требует последующего цианирования.

Гравитационные методы обогащения показали низкую эффективность, что делает их нецелесообразными для промышленного применения. Это подтверждает необходимость использования более современных технологий переработки руд.

Для оптимальной переработки руд месторождения Нукракон рекомендуется

применять метод противоточной декантации в сочетании с цементацией цинковой пылью. Этот метод обеспечивает высокую степень извлечения серебра (до 96,4%) при меньших капитальных и эксплуатационных затратах по сравнению с сорбционным цианированием.

Полученные результаты позволяют считать месторождение Нукракон перспективным для промышленной эксплуатации с использованием современных технологий переработки руд. Дальнейшие исследования и оптимизация технологических процессов могут способствовать повышению эффективности переработки благородных металлов и снижению затрат на производство.

OQISLANGAN KUMUSHLI RUDALARNI QAYTA ISHLAB CHIQARISHNING TEXNOLOGIK JIHATLARI

Sanaqulov Q. S., Ismailov D. K.

"Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ, Navoiy, O'zbekiston.

"O'ZGEORANGMETLITI" MCHJ, Toshkent, O'zbekiston.

- ANNOTATSIYA** Maqolada O'zbekistondagi eng yirik oltin-kumush minerallashtirish obyektlaridan biri bo'lgan Markaziy Qizilqumdagi Nukracon konini kompleks tadqiq etish taqdim etilgan. Ruda konlarining xususiyatlariga, ularning morfologiyasiga va qimmatli tarkibiy qismlarning taqsimlanishiga alohida e'tibor beriladi. Rudalarni qayta ishlashning turli usullari bo'yicha batafsil texnologik tadqiqotlar natijalari keltirilgan: sorbsion siyanidlash, flotatsiyani boyitish, flotatsiya qoldiqlarini qayta ishlash va oqim-dekantatsiya yuvish. Tahlil qimmatbaho metallarni qazib olishning asosiy usuli sifatida siyanlanishning yuqori samaradorligini ko'rsatdi, shu bilan birga jarayonning texnologik parametrlarining maqbul kombinatsiyasi o'rnatildi. Rudalarda kumush va oltinni topish shakllari, shu jumladan mahalliy holat, sulfid va oksid birikmalari o'rganildi. Eng istiqbolli boyitish texnologiyalari aniqlandi, bu esa minimal xarajatlar bilan qimmatli tarkibiy qismlarni maksimal darajada ajratib olishga imkon beradi. Topilmalar konni sanoat yo'li bilan ajratib olish uchun rudalarni qayta ishlashning kombinatsiyalangan texnologiyasini tavsiya etish imkonini beradi, bu oqimlarga qarshi dekantatsiya va rux changlari bilan sementlashdan foydalanadi, bu esa nisbatan past kapital va foydalanish xarajatlarida metallarni yuqori darajada ajratib olishni ta'minlaydi.
- KALIT SO'ZLAR** Nukracon koni, oltin-kumush rudalari, geologik tuzilishi, mineral tarkibi, oksidlangan rudalar, sulfidli rudalar, siyanlash, sorbsion siyanlash, flotatsion boyitish, tortishish usullari, qarshi oqim dekantatsiyasi, rux changini sementlash, metallarni ajratib olish, texnologik parametrlar, rudalarni boyitish.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF PROCESSING OXIDIZED SILVER-CONTAINING ORES

Sanakulov K.S., Ismailov D.K.

JSC "Navoi Mining and Metallurgical Combine", Navoi, Uzbekistan

LLC "O'ZGEORANGMETLITI", Tashkent, Uzbekistan

- ABSTRACT** The article presents a comprehensive study of the Nukracon deposit in the Central Kyzylkum, which is one of the largest gold-silver mineralization sites in Uzbekistan. Special attention is paid to the characteristics of ore deposits, their morphology, and the distribution of valuable components. The article also presents the results of detailed technological studies of various ore processing methods, including sorption cyanidation, flotation enrichment, tailings processing, and counterflow decantation. The analysis showed the high efficiency of cyanidation as the main method of extraction of noble metals, and the optimal combination of technological parameters of the process was established. The forms of silver and gold in ores, including native state, sulfide and oxide compounds, were studied. The most promising enrichment technologies were
- Received: 13.07.2025
- Revised: 18.07.2025
- Accepted: 02.08.2025

Published:
10.10.2025

identified, allowing to achieve maximum extraction of valuable components at minimal costs. The data obtained allow us to recommend a combined ore processing technology for the industrial development of the deposit, using counterflow decantation and zinc dust cementation, which ensures a high degree of metal recovery at relatively low capital and operating costs.

KEYWORDS

Nukrakon deposit, gold-silver ores, geological structure, mineral composition, oxidized ores, sulfide ores, cyanidation, sorption cyanidation, flotation enrichment, gravity methods, counterflow decantation, zinc dust cementation, metal extraction, technological parameters, ore enrichment.

Библиографический список

1. Голованов И.М. и др. Рудные месторождения Узбекистана. – Ташкент: Институт минеральных ресурсов, 2002. – 660 с.
2. Лодейщиков В.В., Игнатъева К.Д. Рациональное использование серебросодержащих руд. – М.: Недра, 1973. – 224 с.
3. Костикова О. С. Оптимизация процессов обогащения серебро-полиметаллических руд для снижения вредного влияния шламов // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ), 2015. — № 5 (14). — С. 14–18.
4. Евдокимов А. В., Дементьева Н. А., Коблов А. Ю. Переработка золото-серебросодержащей полиметаллической руды // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле, 2020. — Вып. 1. — С. 228–234. — ISSN 2218-5194.
5. Эоззонов А.Н. и др. Исследование технологии переработки серебросодержащих руд с кучным выщелачиванием // Universum: технические науки: электрон. научн. Журн, 2023. – № 10(115). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16172>.
6. Эрнazarов М., Самадов А.У., Холикулов Д.Б. Исследования процесса цианирования золото-серебросодержащих руд // Навои: Горный вестник Узбекистана, 2009. – №1. – С. 79-80.
7. Санакулов К.С., Эргашев У.А., Ткаченко Е.С. Усовершенствование схемы рудоподготовки на Гидрометаллургическом заводе №2 // Навои: Горный вестник Узбекистана, 2019. – №2. – С. 65-67.

Information about authors:

Sanakulov Kuvandik Sanakulovich	– DSc, Professor, Chairman of the Management Board – General Director of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC, 210100, Uzbekistan, Navoi city, Navoi st. 27 ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9998-4366 , e-mail: info@ngmk.uz
Ismailov Djamshid Kabiljonovich	– Director of the LLC “O‘ZEORANGMETLITI”, 100070, Uzbekistan, Tashkent city, Bobur st. 15 ORCID: https://orcid.org/0009-0003-0054-3582 , e-mail: info@georang.uz

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ШЛАКОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА КИСЛОРОДНОЙ ПЛАВКИ

Маткаримов С.Т., Носирходжаев С.К., Мухаметджанова Ш.А., Очилдиев К.Т., Акрамов У.А.

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

Doi: [10.5281/zenodo.17338662](https://doi.org/10.5281/zenodo.17338662)

АННОТАЦИЯ

Получено:
18.07.2025
Пересмотрено:
23.07.2025
Пересмотрено:
07.08.2025
Опубликовано:
10.10.2025

В работе исследованы шлаки кислородной плавки меди, отобранные на разных этапах процесса. Основное внимание уделено шлакам, взятым при выпуске и закалённым в воде. Применены методы XRD, XRF, SEM-EDS и мокрый химический анализ. Обнаружены тонкодисперсные включения Cu_2S , фаялит и магнетит. Установлено, что механически унесённая медь связана с высоковязкой шлаковой матрицей. Результаты могут быть использованы для снижения потерь меди и оптимизации процесса плавки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

медеплавильный шлак, кислородная плавка, Cu_2S , фаялит, механические потери меди, SEM-EDS, XRD, шлаковая матрица..

Введение

Основная цель процесса выплавки штейна (кислородно- взвешенная плавка) состоит в том, чтобы извлечь как можно больше меди из концентрата в расплавленный штейн. Содержание штейна может варьироваться в зависимости от содержания меди в исходной руде, а также от типа и условий работы плавильной печи. Плохое извлечение меди из концентрата приводит к значительным потерям меди со шлаковыми отходами [1]. Чтобы уменьшить потери меди, необходимо детальное понимание химического состава шлакового и штейнового состава.

В настоящем разделе приведены экспериментальные исследования микроструктуры и фазового состава шлаков медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГМК».

Объект и методика исследования. В качестве объектов исследования были отобраны пробы шлака, которые отбирались на разных стадиях процесса выплавки меди: при выпуске шлака, после транспортировки шлака на место осаждения и на площадке их хранения. Экспериментальные исследования включали методы XRD, XRF и SEM, которые также были подтверждены традиционным мокрым химическим анализом.

Для исследования был выбран образец шлака после выпуска из плавильного агрегата. Пробы шлака, взятые при выпуске шлака, обычно сразу после отбора закалывают в воду; поэтому эти образцы, вероятно, будут наиболее близки к исходному состоянию, при котором расплавленная шлаковая фаза находится внутри плавильной печи. На рисунке 1 представлено типичное изображение образца №1 шлака, взятого при выпуске шлака и после этого закаленного.



Рис. 1. Образец шлака №1, взятый при выпуске шлака

На рисунке 2 представлено светомикроскопическое изображение (LOM) пробы образца № 1, полученный с использованием оптического микроскопа в отражённом свете при увеличении, соответствующем масштабу 10 мкм.

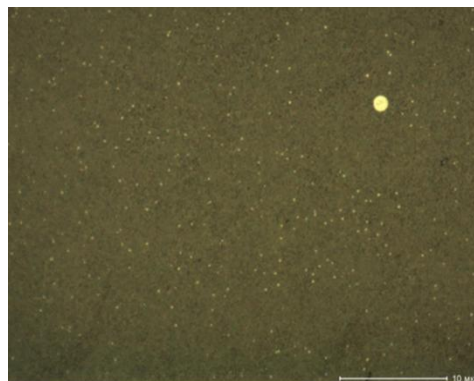


Рис. 2. LOM-изображение пробы № 1

Исследуемая микроструктура характеризуется наличием мелкодисперсных округлых включений, равномерно распределённых в объёме стекловидной шлаковой матрицы. Светлые частицы интерпретируются как капли штейна, механически захваченные шлаком в процессе кислородной плавки медных концентратов.

Как видно из рисунка большинство сульфидных частиц очень мелкие (<1 мкм) и образовались, по-видимому, при быстром охлаждении. По оценкам, средний размер мелких сульфидов составляет менее 200–300 нм. Более крупные частицы (>1–2 мкм), вероятно, будут захвачены штейном из-за ряда факторов (например, более высокой вязкости шлака).

На рисунке 3 представлена рентгенограмма шлаковой пробы, полученная методом рентгенофазового анализа (XRD). Основные пики, зарегистрированные в диапазоне углов $2\theta \approx 20^\circ$ до 75° .

Несмотря на большое количество шума, представленная рентгенограмма показала сильные, отчетливые пики (отмечены синим), которые можно четко идентифицировать как фазу фаялита (Fe_2SiO_4), расположенные в диапазонах $2\theta \approx 25-50^\circ$. Другие пики менее выражены, довольно широки и малы и не могут быть окончательно проанализированы.

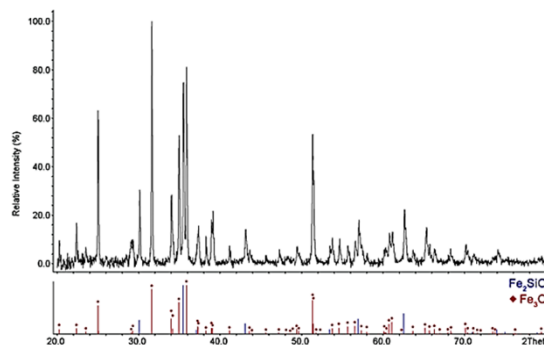


Рис. 3. Рентгенограмма пробы шлака №1

Некоторые из этих пиков (отмечены красным) могут быть отнесены к магнетитоподобной фазе (например, Fe_3O_4) с введенными в структуру другими атомами

(например, Al, Mg и т.д.). Пики данной фазы наблюдаются в интервалах $2\theta \approx 30.1^\circ, 35.5^\circ, 43.1^\circ, 57.0^\circ$ и 62.6° , что соответствует отражениям по плоскостям (220), (311), (400), (511) и (440) соответственно. Образование магнетитовой фазы характерно для шлаков медеплавильного производства [3,4].

На рисунке 4 представлены изображения микроструктуры шлаковой пробы №1, полученные методом сканирующей электронной микроскопии в режиме обратного рассеяния электронов (BSE).

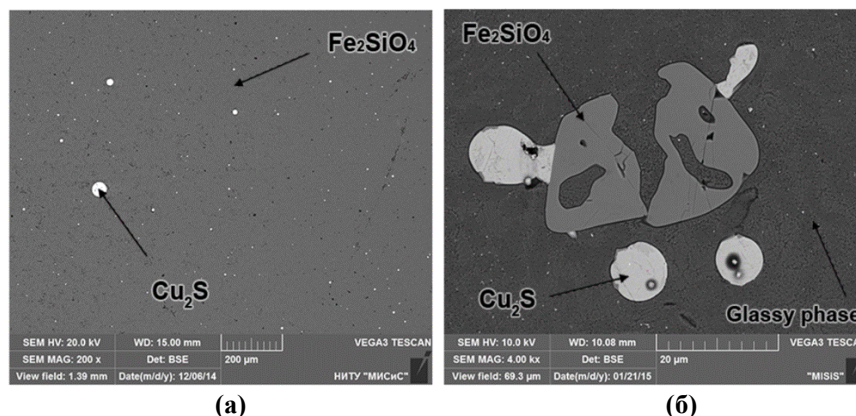


Рис. 4. (а) Типичная микроструктура, (б) частицы магнетита, обнаруженные в пробе №1

СЭМ-ЭДС-анализ выявил в шлаке как минимум две разные области (рис. 4 (а)): область со средней стехиометрией «1Fe : 2Si» (сбалансированной по кислороду) и фазу сульфида меди с приблизительной стехиометрией Cu_2S . Бывшая оксидная «фаза» представляет собой смесь двух мелкодисперсных областей, слегка отличающихся контрастом обратнорассеянных электронов (одна ярче, другая темнее), так как спектры ЭДС каждой из этих областей различаются в 1–2 раза при процентах Fe друг от друга. Она содержит небольшие количества Al, Ca, Mg, K и Ti, а также до 1 мас. % Cu и ~0,3–0,5 мас.% серы (S).

Фаза сульфида меди может содержать умеренное количество железа (Fe до 5-10 мас.%) и состоит из рассеянных сферических частиц диаметром от 0,1 до 200 мкм. Поскольку фаза, подобная $FeSi_2O_5$, неизвестна, на основании результатов РФА можно предположить, что кристаллы фаялита очень малы, рассеяны в матрице (стекловидной фазе) и не могут быть обнаружены с помощью SEM EDS анализатора. Другая фаза, обнаруженная с помощью СЭМ - это магнетит (рис. 4 (б)), окруженный стекловидной фазой с кристаллами фаялита.

На рисунке 5 приведены карты распределения кремния (Si), серы (S) и кислорода (O) в образце шлака №1, полученные методом энергодисперсионного анализа (EDS) в режиме картирования. Наиболее крупное округлое включение ярко выделяется по интенсивности линии S $K\alpha_1$, что однозначно указывает на присутствие серосодержащей фазы - сульфида меди (Cu_2S), что согласуется с результатами SEM-анализа (см. рисунок 4 (а)).

Карта распределения Si $K\alpha_1$ демонстрирует равномерное распределение кремния по всей матрице, что характерно для силикатной (фаялитовой) шлаковой фазы. Аналогичная картина наблюдается и по кислороду O $K\alpha_1$, что подтверждает наличие кислородсодержащих силикатов в основной массе шлака.

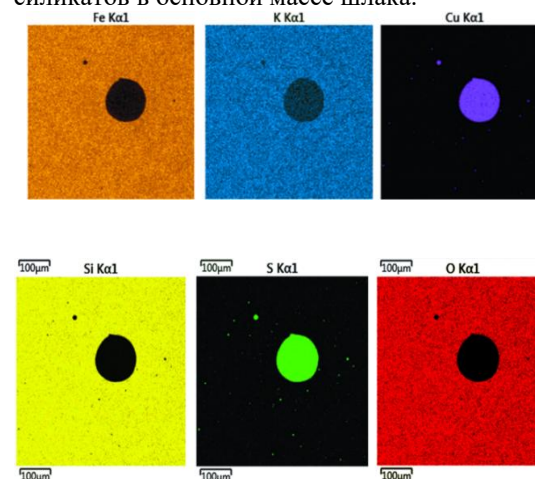


Рис. 5. Распределение элементов в образце №11

Контраст между фоном и включением в картах Si и O позволяет заключить, что капля сульфида меди не содержит значимого количества ни кремния, ни кислорода, а следовательно, не принадлежит к силикатной или окисной фазе, что дополнительно подтверждает её идентификацию как Cu_2S . Таким образом, анализ распределения элементов подтверждает факт существования металлической (или штейновой) капли, окружённой силикатной шлаковой матрицей.

Заклучение

Проведённый комплексный анализ структуры и фазового состава шлака, отобранного после выпуска из плавильного агрегата кислородной плавки, подтвердил существование как растворённой, так и механически унесённой меди в виде тонкодисперсных сульфидных включений (Cu_2S).

Светомикроскопия и сканирующая электронная микроскопия показали, что большая часть сульфидных частиц имеет размер менее 1 мкм, что указывает на их образование в результате быстрого охлаждения и затруднённую коалесценцию в условиях высокой вязкости шлаковой фазы.

Рентгенофазовый анализ выявил наличие кристаллической фазы фаялита (Fe_2SiO_4) и магнетитоподобных соединений, что подтверждает высокоокислительные условия процесса.

SEM-EDS-анализ продемонстрировал присутствие фаялитовой и стекловидной матрицы, обогащённой кислородом, кремнием и железом, а также наличием медно-сульфидной фазы с переменным содержанием Fe.

Картирование распределения элементов выявило чёткое разграничение между силикатной и сульфидной фазами, подтверждая, что сульфидные капли не растворены в шлаке и могут быть классифицированы как механические потери.

Полученные данные дают основание утверждать, что образование и стабилизация тонкодисперсных сульфидов меди, их взаимодействие с высоковязкой шлаковой матрицей, а также фазовое поведение магнетита и фаялита являются ключевыми факторами, определяющими величину потерь меди со шлаками. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации условий плавки и снижения безвозвратных потерь меди в медеплавильном производстве.

KISLORODLI ERITISH ASOSIDAGI MIS ERITISH ISHLAB CHIQRISHINING SHLAKLARINI EKSPERIMENTAL TADQIQOT QILISH VA TAHLIL USULLARI

Matkarimov S.T., Nosirxo‘jayev S.Q., Muxametjanova Sh.A., Ochildiyev K.T., Akramov U.A.

Toshkent Davlat Texnika Universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

ANNOTATSIYA Ushbu ishda kislorodli eritish jarayonida olingan shlak namunalari tahlil qilindi, ayniqsa, eritish vaqtida olingan va suvda sovutilgan namunalar o‘rganildi. XRD, XRF, SEM-EDS va an’anaviy nam kimyoviy tahlil usullari qo‘llanildi. Cu_2S zarrachalari, fayalit va magnetit fazalari aniqlandi. Misning yo‘qotilishi shlakning yuqori qovushqoqligi bilan bog‘liq ekani aniqlandi. Natijalar eritish jarayonini optimallashtirish va mis yo‘qotilishini kamaytirishga xizmat qilishi mumkin.

Kelib tushgan: 18.07.2025
 Ko‘rib chiqilgan: 23.07.2025
 Qabul qilingan: 07.08.2025
 Chop etilgan: 10.10.2025

KALIT SO‘ZLAR mis eritish shlaki, kislorodli eritish, Cu_2S , fayalit, misning mexanik yo‘qotilishi, SEM-EDS, XRD, shlak matritsasi.

EXPERIMENTAL STUDY AND ANALYSIS METHODS OF SLAGS FROM COPPER SMELTING IN OXYGEN-BLOWN FURNACES

Matkarimov S.T., Nosirkhodzhaev S.K., Mukhametdzhanova Sh.A., Ochildiyev K.T., Akramov U.A.

Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT This study analyzes slags from oxygen-blown copper smelting, focusing on quenched samples taken during tapping. XRD, XRF, SEM-EDS, and wet chemical methods were used. Fine Cu_2S inclusions, fayalite, and magnetite were identified. Mechanically entrained copper was linked to the high-viscosity slag matrix. The findings help reduce copper losses and improve smelting efficiency.

Received: 18.07.2025
 Revised: 23.07.2025
 Accepted: 07.08.2025

Published:
10.10.2025

KEYWORDS

copper smelting slag, oxygen-blown smelting, Cu₂S, fayalite, mechanical copper losses, SEM-EDS, XRD, slag matrix

Библиографический список

1. Mukhamedzhanova Sh.A., Matkarimov S.T. Development of resource-saving technology for copper production at "Almalyk MMC" JSC S.A.
2. Маткаримов С.Т., Бердияров Б. Т., Мухаметджанова Ш. А. Исследование возможности получения железосодержащих сплавов из шлаков медного производства // Цветные металлы. 2023. № 9. С. 31–36.
3. Ким В. В., Юсупходжаев А. А., Сайназаров А. М. Определение оптимального режима кислородно-факельной плавки сульфидных медных концентратов // Горный журнал. 2009. № 8. Специальный выпуск. С. 68–71

Information about authors:

Muxametjanova Shoir	- PhD, Associate professor of the department of Metallurgy; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan
Abdusamatovna	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6184-6443 e-mail: shoira.muhamet@gmail.com
Matkarimov Sohijon Turdalievich	- DSc, professor of the department of Metallurgy; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2393-6576 , e-mail: sohibtm@gmail.com
Nosirxo'jayev Sardor Qodirjon o'g'li	- Head of the department of Metallurgy, PhD, Associate professor; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1651-5634 , sardornosirxojayev77@gmail.com
Ochildiyev Qahramon Turdalievich	- PhD, Associate professor of the department of Metallurgy; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9891-7508 , qahramonochildiyev@gmail.com
Akramov Ural Akram o'g'li	Senior lecturer at the department of Mining electromechanics, Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ РАЗБРОСА КУСКОВ ГОРНОЙ ПОРОДЫ ПРИ ВЕДЕНИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ

Ш.А. Очиллов¹, А.У. Фатхиддинов², Б.А. Гаибназаров², С.М. Раимкулова³, У.Р. Газибекова³

¹Университет геологических наук, Ташкент, Узбекистан

²Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, г. Алмалык, Узбекистан

³Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан

Doi: 10.5281/zenodo.17338706

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются результаты промышленных взрывов при использовании базового и разработанного способов снижения разброса кусков горных пород при ведении взрывных работ на карьерах. Приведены их преимущества и недостатки. Важное внимание уделяется организации контрольных мер для защиты охраняемых объектов от разлетающихся в результате взрыва кусков горных пород и минимизации их рисков. Выполнены расчеты безопасного расстояния по действию ударно-воздушной волны при взрыве на земной поверхности для зданий и сооружений и расстояния, опасного для людей по разлету отдельных кусков породы. Полученные величины безопасных расстояний значительно меньше, по сравнению с традиционными нормативами, направленными на снижение воздействия взрывных работ на окружающую среду. Предложенный способ позволяет предотвратить опасный разброс кусков породы газами взрыва в процессе их истечения через устье скважины и увеличить продолжительность импульса взрыва, что позволяет получить требуемую степень дробления массива горных пород.

Получено:
16.07.2025

Пересмотрено:
21.07.2025

Пересмотрено:
05.08.2025

Опубликовано:
10.10.2025

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА карьер, уступ, горная порода, взрыв, дробления, скважинный заряд, взрывчатая вещество, замедления, инициирования, устье скважины, импульс взрыва.

Введение

При разработке горных пород с применением буровзрывных работ (БВР) возникают серьезные проблемы технологического обеспечения безопасных условий взрывного рыхления. Применение взрывных работ затруднено еще и тем, что в непосредственной близости находятся здания, сооружения и другие объекты. В таких стесненных условиях возникает необходимость защиты охраняемых объектов от разлетающихся в результате взрыва кусков горных пород.

В настоящее время применяются способы снижения разброса кусков горной породы при взрывном дроблении [1], включающие установку над горизонтальной взрываемой поверхностью специальных укрытий различных конструкций или засыпку поверхности уступа грунтом, автомобильными шинами, навалом в несколько слоев. Главными недостатками данных способов является технологическая трудность выполнения процесса и предотвращение разлета кусков горных пород только с горизонтальных площадок, в то время как значительный выброс горной массы идет с откоса взрываемого уступа.

Также применяется способ ведения взрывных работ с использованием в качестве забойки быстротвердеющих бетонных смесей и химических добавок [2]. Главными недостатками данного способа является сложность регулирования соотношения химических компонентов, использование в качестве добавок дорогостоящих веществ, ограниченные условия применения, твердение бетона до 10% прочности, что явно недостаточно, а большее время для набора прочности бетонной забойки в карьере далеко не всегда может быть выделено по причинам технологического порядка, необходимости круглосуточной охраны заряженных скважин и т.п.

Методы исследования

В результате проведенных исследований разработан способ снижения разброса кусков горных пород при ведении взрывных работ на карьерах (рис. 1). Согласно данному способу при дроблении массива горных пород взрывом бурятся скважины – 1 по паспорту буровзрывных работ для данного карьера диаметром 252 мм и глубиной 17 м буровым станком марки СБШ-250МН. В нижнюю часть взрывных скважин устанавливают промежуточные детонаторы марки Nobelit-216Z массой 2 кг и диаметром 70 мм – 2, монтируемых в систему инициирования неэлектрического взрывания СИНВ – 3. Скважины заряжают промышленным ВВ марки

игданит – 4, при этом длина колонки промышленного заряда ВВ составляет 11 м. Над промышленным ВВ в забоечной части скважины на высоту 3 м заполняют также ВВ марки игданит – 5 и в него добавляют воду в соотношении: игданит – 80%, вода – 20%.

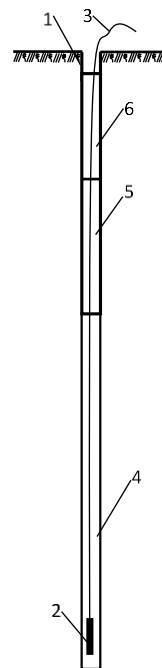


Рис. 1. Способ снижения разброса кусков горных пород при ведении взрывных работ на карьерах

Оставшуюся часть скважины заполняют буровой мелочью, выделенную от бурения скважин буровым станком СБШ-250МН, и гипсом, разбавленным с 5%-ным раствором силиката натрия с силикатным модулем, равным 2,4, в соотношении 3:1 – 6.

Таким образом, применение предлагаемого способа предотвращает опасный разброс кусков породы газами взрыва в процессе их истечения через устье скважины, увеличивает продолжительность импульса взрыва и, следовательно, степень использования ее энергии на дробление горных пород.

В соответствии с [3] проведены опытно-промышленные испытания нового способа снижения разброса кусков горных пород при ведении взрывных работ на карьерах.

Место производства взрывных работ – карьер «Ёшлик-1» (рис. 2) расположен на территории Ташкентской области Республики Узбекистан на расстоянии 1 км. к югу от г. Алмалык. На карьере ведется добыча медно-молибденовых руд. Проектная мощность по выемке горной массы 88,1 млн. м³.

Программа проведения опытно-промышленных взрывов на руднике Кальмакыр

предусматривала исследование и сравнительную оценку предотвращения опасного разброса кусков породы газами взрыва в процессе их истечения через устье скважины и определение качества взорванной горной массы взрывами скважинных зарядов ВВ. В каждой серии взрыва опытный блок делили на контрольные и экспериментальные участки.

Крепость всех слагающих пород при проведении исследований колебалась в широком диапазоне и составляла по шкале М.М. Протодяконова от 10 до 14, а объемный вес – от 2,4 до 2,6 т/м³.



Рис. 2. Общий вид места производства взрывных работ

Основными рудовмещающими породами «Ёшлик-1» являются сиенито-диориты (58% подсчитанных запасов руд), в меньшей степени диориты (35%) и гранодиорит-порфиры (7%). Роль остальных пород в локализации рудных тел крайне незначительна (рис. 3).



Рис. 3. Массив горных пород карьера «Ёшлик-1»

Общая характеристика руды и породы:

- категория крепости по шкале М.М.Протодяконова – 10-15;
- объёмный вес: балансовой и забалансовой руды - 2,6 т/м³;
- окисленной руды 2,5 т/м³;
- породы – 2,44 т/м³;
- коэффициент разрыхления – 1,5.

Обводнённость карьера – 65-68%.

Бурение взрывных скважин осуществлялось буровым станком марки СБШ-250МНА-32. Взрывные работы на руднике производил участок взрывных работ с использованием ВВ марки ANFO.

Расчет параметров скважинных зарядов рыхления производился согласно

«Нормативного справочника по БВР» и «Технических правил ведения взрывных работ на дневной поверхности» [4].

Высота взрываемых уступов была принята 15 м.

Технический расчет и схема расположения взрывных скважин включали в себя:

- геологию и гидрогеологию;
- расчет потребного количества ВМ;
- расчет безопасных расстояний;
- план блока подлежащего взрыванию;
- поперечные профили через заряды;
- общие сведения о диаметре взрывных скважин, величине перебура, угле наклона, объеме буровых работ, объеме взорванной горной массы, ожидаемого выхода горной массы с 1 пог. м скважин, удельном расходе ВВ, сетке расположения скважин;
- конструкцию скважинных зарядов с указанием типа ВВ, промежуточных детонаторов, типа забойки и их расположением по длине скважины;
- схему монтажа взрывной сети с указанием величин интервалов замедления, количество ступеней замедления, типов СИ, способа инициирования зарядов.

Согласно разработанному способу на экспериментальном участке бурились 60 скважин по паспорту буровзрывных работ диаметром 252 мм и глубиной 18 м буровым станком марки СБШ-250МН. В нижнюю часть взрывных скважин устанавливали промежуточные детонаторы массой 2 кг и диаметром 70 мм, смонтировав в систему инициирования неэлектрического взрывания СИНВ. Скважины заряжали промышленным ВВ марки ANFO, при этом длина колонки промышленного заряда ВВ составлял 12 м. Над промышленным ВВ в забоечной части скважины на высоту 3 м заполняли также ВВ марки ANFO и в него добавляли воду в соотношении: ANFO – 80%, вода – 20%. Оставшуюся часть скважины заполняли буровой мелочью и гипсом, разбавленным с 5%-ным раствором силиката натрия с силикатным модулем, равным 2,4, в соотношении 3:1.

При проведении опытно-промышленных работ безопасное расстояние для зданий и сооружений определялось по формуле [3]:

$$r_c = \frac{K_r \cdot K_c \cdot \alpha}{N^{1/4}} \cdot Q^{1/3}, \text{ м,}$$

где r_c – расстояние от места взрыва до охраняемого здания (сооружения), м; K_r – коэффициент, зависящий от свойства грунта в основании охраняемого здания (сооружения); K_c – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки; α – коэффициент, зависящий от условий взрывания; N – число групп зарядов (серий); Q – масса заряда, кг.

Расстояние, опасное для людей по разлету отдельных кусков породы при взрывании

скважинных зарядов, рассчитанных на дробящее действие гразл, определялось по формуле [3]:

$$r_{\text{разл}} = 1250 \cdot \eta_3 \cdot \sqrt{\frac{f}{1 + \eta_{\text{заб}}} \cdot \frac{d}{a}}, \text{ м,}$$

где η_3 – коэффициент заполнения скважины ВВ; $\eta_{\text{заб}}$ – коэффициент заполнения скважины забойкой; f – коэффициент крепости пород по шкале М.М. Протождяконова; d – диаметр взрывающей скважины, м; a – расстояние между скважинами в ряду или между рядами, м.

$$\eta_3 = \frac{l_{\text{зар}}}{L_{\text{скв}}}; \eta_{\text{заб}} = \frac{l_{\text{заб}}}{L_{\text{скв}} - l_{\text{зар}}}$$

Безопасное расстояние по действию ударно-воздушной волны при взрыве на земной поверхности для зданий и сооружений рассчитывалось по формуле:

$$r_{\text{в}} = K_{\text{в}} \cdot \sqrt[3]{132 \cdot K_3 \cdot N_{\text{скв}} + 0,012 \cdot L_{\text{дш}}}, \text{ м,}$$

где $K_{\text{в}}$ – коэффициент пропорциональности, значение которого зависит от условий расположения и массы заряда, а также от степени допустимых повреждений зданий или сооружений; K_3 – коэффициент, значение которого зависит от отношения длины забойки $L_{\text{заб}}$ к диаметру скважин d (при отсутствии забойки – зависит от отношения длины свободной от заряда части скважины $L_{\text{скв}}$ к d), расположения и массы заряда, а также от степени допустимых повреждений зданий или сооружений; $N_{\text{скв}}$ – количество скважин в наибольшей серии замедлений; $L_{\text{дш}}$ – длина ДШ во внешней взрывной сети серии, м.



Рис. 4. Результаты промышленного взрыва при использовании базового способа

В результате опытно-промышленных испытаний установлено, что противодействие к взрывному импульсу основного заряда и продуктам детонации создавалось нижней частью забойки, которая способствовала переходу процесса детонации в горение и таким образом снижалась скорость детонационной волны. Верхняя часть забойки после затвердевания (время твердения составила 40 мин.) создала своеобразный затвор, способствуя сокращению интенсивности ударно-воздушной волны и дальности разброса кусков горных пород. Результаты промышленных взрывов при использовании базового и разработанного способов приведены на рис. 4 и 5.



Рис. 5. Результаты промышленного взрыва при использовании разработанного способа

Заключение

В результате опытно-промышленных испытаний способа снижения разброса кусков горных пород при ведении взрывных работ на карьерах безопасное расстояние для зданий и сооружений составило 470 м (при традиционном способе – 600 м), расстояние, опасное для людей по разлету отдельных кусков породы – 720 м (при традиционном способе – 1000 м), безопасное расстояние по действию ударно-воздушной волны при взрыве на земной поверхности для зданий и сооружений составило 415 м (при традиционном способе – 650 м).

Таким образом, разработанный способ предотвратил опасный разброс кусков породы газами взрыва в процессе их истечения через устье скважины, увеличил продолжительность импульса взрыва и позволил получить требуемую степень дробления массива горных пород.

KARYERLARDA PORTLATISH ISHLARNI OLIB BORISHDA TOG‘ JINSLARI PARCHALARI SOCHILIB KETISHINI KAMAYTIRISH USULLARINI ISHLAB CHIQUISH

Sh.A. Ochilov¹, A.U. Fatxiddinov², B.A. Gaibnazarov², S.M. Raimkulova³, U.R. Gazibekova³

¹Geologiya fanlari universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

²Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali, Olmaliq, O‘zbekiston

³Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

ANNOTATSIYA Ushbu maqolada karyerlarda portlatish ishlari olib borilayotganda tog‘ jinslari parchalari sochilib ketishini kamaytirish bo‘yicha asosiy va ishlab chiqilgan usullardan foydalangan holdagi sanoat portlashlari natijalari ko‘rib chiqilgan. Ularning afzalliklari va kamchiliklari keltirilgan. Portlash natijasida uchib ketuvchi tog‘ jinslari parchalari tomonidan himoya ostidagi obyektlarga zarar yetkazilishining oldini olish va xavflarni minimallashtirish uchun nazorat choralari tashkil etishga alohida e‘tibor qaratilgan. Yer yuzasida sodir bo‘ladigan portlashlar natijasida yuzaga keladigan zarb-to‘lqin ta‘sirida ostida binolar va inshootlar uchun xavfsiz masofalar hamda tog‘ jinslarining ayrim parchalari uchib ketish ehtimoli bo‘yicha insonlar uchun xavfli masofalar hisoblab chiqilgan. Aniqlangan xavfsiz masofalar an‘anaviy me‘yorlarga nisbatan sezilarli darajada kichik bo‘lib, portlatish ishlarining atrof-muhitga ta‘sirini kamaytirishga qaratilgan. Taklif etilgan usul portlash gazlarining skvajina og‘zidan chiqishi jarayonida tog‘ jinslari parchalari xavfli darajada sochilib ketishining oldini olishga hamda portlash impulsi davomiyligini oshirishga imkon beradi, bu esa tog‘ jinslari massividan zarur darajada maydalanish effektini olish imkonini yaratadi.

KALIT SO‘ZLAR karyer, pog‘ona, tog‘ jinsi, kon massasi, portlash, maydalanish, portlatish ishlari, skvajinali zaryad, portlovchi modda, sekinlashtirish, portlashni boshlash (initsirlash), skvajina og‘zi, portlash impulsi.

DEVELOPMENT OF METHODS TO REDUCE THE SCATTER OF ROCK FRAGMENTS DURING BLASTING OPERATIONS IN QUARRIES

Sh.A. Ochilov¹, A.U. Fatxiddinov², B.A. Gaibnazarov², S.M. Raimkulova³, U.R. Gazibekova³

¹University of Geological Sciences, Tashkent, Uzbekistan

²Almalyk Branch of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Almalyk, Uzbekistan

³Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT The article examines the results of industrial blasts conducted using both standard and developed methods to reduce rock fragment scatter during blasting operations in open-pit mines. The advantages and disadvantages of these methods are discussed. Special attention is given to implementing control measures to protect safeguarded objects from flying rock fragments and to minimize associated risks. Calculations are presented for safe distances concerning the impact of shock-air waves from surface explosions on buildings and structures, as well as the hazardous distances for people due to scattered rock fragments. The derived safe distances are significantly shorter compared to traditional standards, aimed at reducing the environmental impact of blasting operations. The proposed method prevents dangerous rock fragment scattering caused by blast gases escaping through the borehole mouth and increases the duration of the blast impulse, achieving the desired degree of rock mass fragmentation.

KEYWORD open-pit mine, bench, rock, rock mass, explosion, fragmentation, blasting operations, borehole charge, explosive substance, delay, initiation, borehole mouth, blast impulse.

Библиографический список

1. Инструкция по производству взрывных работ с защитными укрытиями. – М.: ЦПЭС, 1987.
2. Лещинский А.В., Шевкун Е.Б. Забойка взрывных скважин на карьерах. – Хабаровск: изд. ТОГУ, 2008. – С. 95-122.
3. Умаров Ф.Я., Сулейманов А.А., Фатхиддинов А.У., Мехмонов М.Р. «Методикой исследования параметров пылегазового загрязнения атмосферы при производстве массовых взрывов на карьерах» на

месторождении Кальмакыр АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат». – Алмалык, 2023, – 36 с.

4. Нормативный справочник по буровзрывным работам / Авдеев Ф.А., Барон В.Л., Гуров Н.В., Кантор В.Х. – М.: «Недра», 1986. – 511 с.

Information about authors:

Ochilov Shuhratulla	– <i>DSc, Associate Professor, Head of the Department of Geological Exploration Techniques and Technology, University of Geological Sciences, 100164, Tashkent, Mirzo Ulugbek district, Olimlar Str., 64, Uzbekistan</i> ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4629-1734 , e-mail: o.shuhrat@mail.ru
Fatkiddinov Asliddinjon	– <i>PhD, Associate Professor, Department of Mechanical Engineering Technology; Almalyk branch of Tashkent State Technical University, 110100, Tashkent region, Almalyk, M.Ulug'bek Str., 45, Republic of Uzbekistan</i> ORCID: https://orcid.org/0009-0000-7396-815X , asliddinjonfathiddinov@gmail.com
Raimkulova Sarvinoz	– <i>PhD student, Department of Mining Engineering, Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, Uzbekistan.</i> E-mail: raimkulovasarvinoz19@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1766-7752

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОТЕРИ МЕДИ СО ШЛАКАМИ В ПРОЦЕССАХ КИСЛОРОДНОЙ ПЛАВКИ

Мухаметджанова Ш.А., Маткаримов С.Т., Носирходжаев С.К., Очилдиев К.Т., Сайназаров А.М.

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

Doi: [10.5281/zenodo.17338748](https://doi.org/10.5281/zenodo.17338748)

АННОТАЦИЯ

Получено:
19.07.2025
Пересмотрено:
24.07.2025
Пересмотрено:
08.08.2025
Опубликовано:
10.10.2025

В статье рассматриваются механизмы потерь меди со шлаками при кислородно-фафельной плавке, включая растворённые и механические формы. Установлено, что основная часть потерь обусловлена растворением меди в шлаке при высоком окислительном потенциале, связанном с повышенным содержанием магнетита. Анализируется влияние состава шлака, содержания меди в штейне, уровня сернистости, а также физико-химических свойств системы на процессы диспергирования и коалесценции штейновых частиц. Особое внимание уделено роли магнетита в стабилизации сульфидной взвеси и повышении растворимости меди. Приведены рекомендации по снижению потерь меди путём оптимизации состава шлака и технологических параметров процесса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Кислородно-фафельная плавка, шлак, потери меди, механические потери, растворённые потери, магнетит, межфазное натяжение.

Введение

Повышение эффективности пирометаллургических процессов переработки сульфидных медных концентратов остаётся одной из актуальных задач цветной металлургии. Особое внимание в этом контексте уделяется снижению потерь ценных металлов, прежде всего меди со шлаками. Несмотря на то, что современные технологии обеспечивают высокий уровень извлечения меди, даже незначительные потери при больших объёмах производства ведут к существенным экономическим и ресурсным потерям. Особенно актуальна проблема

снижения остаточной меди в шлаке в условиях переработки сложного сырья [1].

Шлаки, образующиеся при плавке медных концентратов, представляют собой сложные многокомпонентные системы, чьи свойства зависят от состава, температуры, режимов охлаждения и взаимодействия с сульфидной (штейновой) фазой. Химическая и фазовая неоднородность шлаков, особенности их структурной организации и поведение капель штейна при кристаллизации существенно влияют на остаточное содержание меди в твёрдом шлаке. Понимание этих процессов требует как всестороннего экспериментального анализа, так и применения современных

методов термодинамического моделирования [2].

Настоящая работа направлена на комплексное исследование потерь меди со шлаками медеплавильного производства на АО «Алмалыкский ГМК» с применением кислородной плавки. Основной задачей исследования является анализ факторов, влияющих на потери меди между шлаковой и сульфидной фазами, определение условий минимизации потерь меди и оптимизации технологических параметров процесса пирометаллургических процессов.

Анализ основных факторов, влияющих на потери меди со шлаками.

При переработке сульфидных медных концентратов образуются шлаки, представляющие собой силикатные системы, содержащие Fe, Si, Ca, Al, Mg, а также примеси Cu, Zn, Pb и другие элементы. Одной из главных задач металлургии меди является снижение остаточного содержания меди в шлаке до минимально возможных значений, не влияя при этом негативно на производительность и стабильность процесса [3].

Многочисленные исследования указывают на то, что медь в шлаке может находиться в трёх формах: в виде дисперсных капель штейна, химически связанной меди (в твёрдых оксидных фазах, таких как фаялит, магнетит), а также в виде растворённой в аморфной или стекловидной фазе. Однако большинство работ подчёркивают, что основным источником остаточной меди являются именно мелкодисперсные капли штейна, не успевающие отделиться от шлака в процессе охлаждения [4].

Физико-химические свойства шлака, такие как вязкость, поверхностное натяжение, плотность и температура плавления, оказывают решающее влияние на поведение сульфидных капель в жидкой фазе. Особое внимание в литературе уделено влиянию режима охлаждения на распределение меди.

Таким образом, существующие исследования подчёркивают важность системного подхода к анализу шлаков, включающего как физико-химический анализ, так и инженерные методы управления технологическим процессом с целью минимизации потерь меди.

Обсуждение результатов исследования потерь меди со шлаками. Медь со шлаками теряется в двух формах: в растворённом виде и в виде механических потерь. Количество механических и растворённых потерь меди в шлаках кислородно-факельной плавки соотносятся как 2:3 (общие 1,40 %, из них 0,55 % - механические, 0,85 % - растворённые потери).

Основной причиной образования сульфидной взвеси в шлаках кислородно-

факельной плавки является процесс сульфидирования или восстановления растворённых в шлаковом расплаве цветных металлов. Влияние этого процесса проявляется в чередовании процессов окисления – восстановления и изменении окислительного потенциала шлакового расплава. Окислительный потенциал шлака определяется концентрацией в расплаве свободных анионов O²⁻, которая зависит от содержания в шлаке сильных катионов-модификаторов, прежде всего Fe³⁺, и кремнезёма. Именно окислительным потенциалом шлакового расплава определяется содержание в нём растворённой меди, а его снижением – образование тонкодисперсной сульфидной взвеси [5].

Конечное содержание мелкодисперсной штейновой взвеси в шлаках определяется соотношением процессов диспергирования и коалесценции. Небольшая концентрация штейновых частиц и высокая вязкость среды (шлака) определяют большую устойчивость мелкодисперсной взвеси в промышленных шлаках. Поэтому вопросы уменьшения диспергирования и улучшения коалесценции взвешенных частиц имеют принципиально важное значение для снижения потерь меди со шлаками. Необходимо отметить, что одним из главных факторов, влияющих как на образование мелкодисперсной взвеси, так и на её стабилизацию, является магнетит [6].

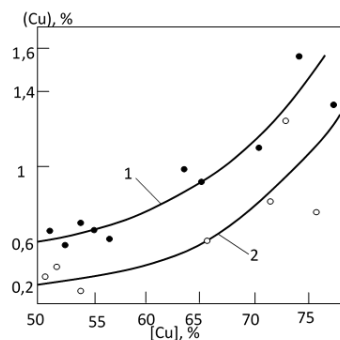


Рис. 1. Зависимость потерь меди в шлаках кислородной плавки от содержания меди в штейне: 1 – общие; 2 – растворимые; область между кривыми 1 и 2 – механические потери

На рисунке 1 представлена экспериментально установленная зависимость потерь меди в шлаках кислородной-взвешанной плавки от содержания меди в штейне. Кривая 1 характеризует общие потери меди, включающие как химически растворённую, так и механически унесённую медь. Кривая 2 отражает лишь растворимую часть потерь, обусловленную растворением меди в силикатной матрице шлака, преимущественно в виде оксидных или силикатных соединений.

Область между кривыми 1 и 2 количественно описывает механические потери меди,

происходящие вследствие уноса мелкодисперсных капель штейна в объёме шлака. С увеличением содержания меди в штейне наблюдается рост как общих, так и растворимых потерь. Это связано с увеличением активности меди в жидком штейне, что способствует её переходу в шлаковую фазу, а также с изменением термодинамических условий равновесия между фазами.

При этом вклад механических потерь остаётся относительно стабильным или возрастает менее значительно. Это может указывать на то, что при более высоком содержании меди в штейне улучшаются условия для фазового разделения, что, в свою очередь, снижает интенсивность механического уноса капель штейна в шлак.

Таким образом, представленные зависимости позволяют провести количественную оценку различных механизмов потерь меди и использовать полученные данные при оптимизации параметров плавки с целью снижения безвозвратных потерь ценных компонентов.

В шлаке кислородно-взвешенной плавки очень велико количество растворённой меди (0,85 % Cu), что объясняется большим окислительным потенциалом (15% Fe₃O₄) и основностью шлака. Высокое содержание магнетита определяет низкое межфазное натяжение на границе раздела шлак–штейн и значительные механические потери меди (0,55 % Cu). Количество меди, теряемое со шлаками кислородно-факельной плавки, определяется самим характером процесса, основанным на глубоком окислении сульфидов. Существенная генерация магнетита приводит к повышению растворимости сульфида меди в шлаке, а чередование процессов окисления–восстановления – к образованию тонкодисперсной сульфидной взвеси.

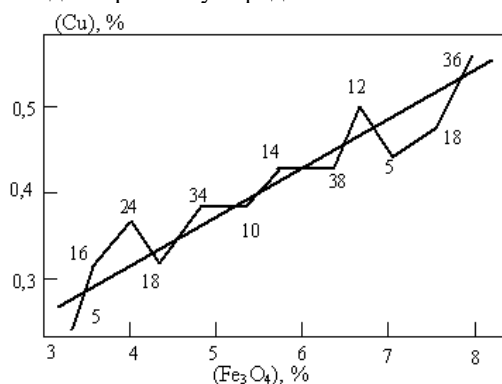


Рис. 2. Зависимость содержания меди в шлаке от содержания магнетита

На рисунке 2 представлена зависимость содержания меди в шлаке от массовой доли магнетита (Fe₃O₄), построенная на основе экспериментальных данных, полученных при анализе промышленных образцов шлаков кислородной плавки.

Анализ графика показывает наличие устойчивой тенденции: с увеличением содержания магнетита в шлаке наблюдается рост концентрации меди. Такая зависимость обусловлена совокупностью факторов, влияющих на распределение меди между фазами. Повышенное содержание Fe₃O₄ свидетельствует о более окислительной атмосфере в системе, которая способствует окислению сульфидной меди с последующим её переходом в шлаковую фазу в виде оксидов или комплексных силикатов. Кроме того, избыток магнетита может способствовать ухудшению фазового разделения между шлаком и штейном за счёт увеличения вязкости шлака и повышения вероятности механического уноса капель штейна. Это приводит к дополнительным потерям меди в виде металлических или сульфидных включений.

Дополнительным фактором, влияющим на поведение меди, является содержание серы в штейне. При снижении сернистости снижается стабильность сульфидной меди, что увеличивает её склонность к переходу в шлак. В условиях высоких концентраций серы, наоборот, медь удерживается в штейне в виде сульфидов, что снижает её растворимость в шлаке.

Ещё одной причиной потерь является большое количество пыли, которое осаждается на ванну печей взвешенной плавки, лёточный выпуск шлака с нижних слоёв позволяет значительно ослабить влияние этого негативного явления на потери меди.

Значительное количество меди теряется в шлаках в виде тонкодисперсной капель штейна, коалесценция которых зависит от межфазного натяжения. Магнетит снижает межфазное натяжение на границе раздела шлак–штейн и, таким образом, ухудшает коалесценцию штейновой взвеси. Кроме того, магнетит повышает окислительный потенциал шлака, что определяет увеличение растворимости меди в шлаке [7].

На потери меди со шлаками также отрицательно влияет повышенное содержание кислорода в атмосфере печи [8]. Повышенное содержание оксида кальция до 12 – 13 % снижает все формы потерь меди. Больше влияние этот компонент оказывает на уменьшение растворённых потерь, меньшее – на снижение механических. Это связано с тем, что два основных фактора, определяющих величину этих потерь (межфазное натяжение и вязкость), снижаются при повышении содержания оксида кальция в шлаках до указанных пределов. В этих условиях положительное влияние снижения вязкости на содержание мелкодисперсной взвеси ослабляется ухудшением межфазного натяжения.

Заклучение

Проведённое исследование показало, что потери меди со шлаками кислородно-факельной плавки происходят в двух основных формах - механической и растворённой, при этом преобладают растворённые потери (0,85 % против 0,55 %), обусловленные высоким окислительным потенциалом шлака и значительным содержанием магнетита. Магнетит оказывает двойственное влияние: с одной стороны, он способствует увеличению растворимости меди в шлаке за счёт окисления сульфидной меди, с другой — снижает межфазное натяжение, ухудшая коалесценцию капель штейна и повышая механические потери. Содержание меди в шлаке возрастает с

увеличением её концентрации в штейне и количества магнетита, что связано с изменением термодинамических условий фазового равновесия. Влияние серы также существенно: при её высоком содержании медь стабилизируется в виде сульфидов, что снижает её растворимость в шлаке. Снижение потерь возможно путём уменьшения окислительного потенциала, оптимизации содержания компонентов шлака (в частности, кальция до 12–13 %), снижения образования пыли и изменения условий выпуска шлака, что позволяет уменьшить как механические, так и растворённые потери меди и повысить эффективность процесса плавки.

KISLORODLI ERITISH JARAYONLARIDA MISNING SHLAKLAR BILAN YO‘QOTILISHIGA TA‘SIR QILUVCHI ASOSIY OMILLARNI O‘RGANISH

Muxametjanova Sh.A., Matkarimov S.T., Nosirxo‘jayev S.Q., Ochildiyev K.T., Saynazarov A.M.

Toshkent Davlat Texnika Universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

ANNOTATSIYA

Kelib tushgan:

19.07.2025

Ko‘rib chiqilgan:

24.07.2025

Qabul qilingan:

08.08.2025

Chop etilgan:

10.10.2025

Ushbu maqolada kislorod-mash‘ala eritish jarayonida misning shlaklar bilan yo‘qotilish mexanizmlari, jumladan, erigan va mexanik shakllari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, yo‘qotishlarning asosiy qismi misning shlakdagi yuqori oksidlovchi potensialga ega muhitda erib ketishi bilan bog‘liq. Magnetit miqdorining oshishi misning eritmadagi eruvchanligini kuchaytiradi hamda shlak–shteyn fazalari orasidagi fazaviy ajralishni yomonlashtiradi. Shteyndagi mis miqdori, shlak tarkibi, sulfidlar darajasi va tizimning fizik-kimyoviy xususiyatlari mis yo‘qotilishiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. Shteyn tomchilarining dispersiyalanishi va koalesensiyasi jarayonlari, shuningdek, magnitning roliga alohida e‘tibor qaratilgan. Mis yo‘qotilishini kamaytirish uchun shlak tarkibini va texnologik parametrlarni optimallashtirish bo‘yicha tavsiyalar berilgan.

KALIT SO‘ZLAR

kislorod-mash‘ala eritish, shlak, mis yo‘qotilishi, mexanik yo‘qotishlar, erigan yo‘qotishlar, magnetit, fazalararo taranglik.

STUDY OF THE MAIN FACTORS AFFECTING COPPER LOSSES WITH SLAGS IN OXYGEN SMELTING PROCESSES

Mukhametdzhanova Sh.A., Matkarimov S.T., Nosirkhodzhaev S.K., Ochildiv K.T., Sainazarov A.M.

Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

Received:

19.07.2025

Revised:

24.07.2025

Accepted:

08.08.2025

Published:

10.10.2025

This article examines the mechanisms of copper losses with slags during oxygen-fuel smelting, focusing on both dissolved and mechanical forms. The study reveals that the majority of losses result from copper dissolving into the slag due to its high oxidative potential, strongly influenced by elevated magnetite content. Increased magnetite not only enhances copper solubility but also impairs phase separation between slag and matte. Factors such as copper content in matte, slag composition, sulfur levels, and the physicochemical properties of the system significantly affect copper loss. Particular attention is paid to the dispersion and coalescence of matte droplets and the role of magnetite in stabilizing sulfide suspensions. Recommendations are provided for minimizing copper losses through slag composition optimization and technological parameter adjustment.

KEYWORDS

oxygen-fuel smelting, slag, copper losses, mechanical losses, dissolved losses, magnetite, interfacial tension

Библиографический список

1. Matkarimov S. T., Berdiyarov B. T., Mukhametjanova Sh. A. Understanding the possibility of obtaining iron-bearing alloys from copper slags. *Tsvetnye Metally*. 2023. No. 9. pp. 31–2. Mukhamedzhanova Shoira, Matkarimov Sokhibjon Development of resource-saving technology for copper production at “Almalyk MMC” JSC, E3S Web of Conferences 525, 04001 (2024) GEOTECH-2024 DOI 10.1051/e3sconf/202452504001
3. Ismailov, J., Berdiyarov, B., Nosirkhujayev, S., Ochildiyev, K., Nuraliyev, O. Possibilities for improving the technology of roasting zinc concentrates E3S Web of Conferences, 2024, 525, 040033. наша статья
4. *Металлургия тяжелых цветных металлов [Электронный ресурс]: электронное учебное пособие / Н. В. Марченко, Е. П. Вершинина, Э. М. Гильдебрандт. – Электронные данные (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009.*
5. Mark E. Schlesinger; Kathrun C. Sole; William G. Davenport; Gerardo R.F. Alvear Flores. *Extractive Metallurgy of Copper*, Hardback ISBN: 9780128218754, 6th Edition – December 2, 2021
6. H. Jalkanen, J. Vehvilainen, and J. Pojarvi: *Scand. J. Metall.*, 2003, vol. 32, pp. 65–70.
7. R.H. Davies, A.T. Dinsdale, J.A. Gisby, J.A.J. Robinson, and S.M. Martin: *CALPHAD*, 2002, vol. 26, pp. 229–71
8. The International Centre for Diffraction Data: PDF-2 Database, Release 2014. <http://www.icdd.com/products/pdf2.htm>, 2014. Accessed 16 Nov 2015.

Information about authors:

Muxametjanova Shoira Abdusamatovna	– <i>PhD, Associate professor of the department of Metallurgy; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan</i> ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6184-6443 shoira.muhamet@gmail.com
Matkarimov Sohijon Turdalievich	– <i>DSc, professor of the department of Metallurgy; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan</i> ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2393-6576 , e-mail: sohibtm@gmail.com
Nosirxo'jayev Sardor Qodirjon o'g'li	– <i>Head of the department of Metallurgy, PhD, Associate professor; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan</i> ORCID: 0000-0003-1651-5634 , sardornosirxojayev77@gmail.com
Ochildiyev Qahramon Turdalievich	– <i>PhD, Associate professor of the department of Metallurgy; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan</i> https://orcid.org/0000-0002-9891-7508 , gahramonochildiyev@gmail.com
Saynazarov Abdukahhar Matibragimovich	– <i>Head of the Technological Department, Central Office, Almalyk Mining and Metallurgical Complex JSC, Tashkent A.Temur Str., Republic of Uzbekistan</i> e-mail: a.saynazarov@agmk.uz

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА НИЖНИХ ГОРИЗОНТАХ КАРЬЕРОВ С УЧЕТОМ ТЕХНИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Ш.А.Очилов

Университет геологических наук, Ташкент, Узбекистан

Doi: 10.5281/zenodo.17338796

АННОТАЦИЯ В статье рассмотрены ключевые факторы, определяющие выбор бурового оборудования и организацию буровзрывных работ (БВР) на нижних горизонтах карьеров. Представлена методика расчета производительности буровых станков с учетом геомеханических свойств массива, степени износа инструмента и энергетических характеристик бурения. Предложена система расчетов параметров скважин и зарядов с учетом удельной энергоёмкости разрушения, а также взаимосвязь между технологическим циклом бурения и организацией работы экскавационного оборудования. Разработаны рекомендации по рациональному определению числа буровых станков, их резервированию и оптимизации взаимодействия в технологической цепи.

Получено: 14.07.2025
Пересмотрено: 19.07.2025
Пересмотрено: 03.08.2025
Опубликовано: 10.10.2025

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА карьер, уступ, бурение, буровой станок, скорость бурения, производительность, горные породы, энергоёмкость бурения, шарошечное бурение, буровзрывные работы, трещиноватость, плотность, обводнённость, термические напряжения.

Введение

При выборе типа бурового станка основное внимание уделяется таким факторам, как прочность горных пород, наличие трещин, уровень обводненности и требуемый диаметр скважины. Эффективность работы бурового станка в значительной степени определяется характеристиками разбуриваемой породы, состоянием и износом бурового инструмента, а также условиями выполнения бурения и уровнем организации технологического процесса.

В связи с изменчивостью свойств горных пород и износом бурового инструмента, для анализа эффективности бурения применяют показатель средней скорости, рассчитываемый на основе паспортных данных бурового станка и результатов хронометражных наблюдений. Этот подход позволяет учитывать реальные условия работы и корректировать параметры бурения в зависимости от специфики массива, состояния инструмента и внешних факторов. Для более точной оценки также рекомендуется периодически проводить мониторинг состояния оборудования и анализировать эффективность работы в ходе выполнения буровых операций.

Методы исследования

Сменная производительность (м/смену) рассчитывается с учетом ряда факторов, таких как скорость бурения, время, затраченное на замену рабочего инструмента, продолжительность спуско-подъемных операций, а также время, необходимое для перемещения бурового станка между скважинами и его последующую установку [1]. Этот расчет позволяет точно определить эффективность работы бурового оборудования за смену, учитывая все технологические процессы, которые влияют на общую производительность:

$$Q_{см} = P_{в} \cdot T_{см} \cdot k_{в} \cdot k_{и}, \quad (1)$$

где $P_{в}$ – техническая производительность бурового станка, м/ч согласно паспортной характеристике;

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч;

$k_{в}$ – коэффициент, учитывающий вспомогательные операции ($k_{в}=0,15 \div 0,20$);

$k_{и}$ – коэффициент использования станка в течение смены ($k_{и} = 0,5 \div 0,75$).

Число буровых станков можно определять как для всего карьера, так и для каждого экскаватора отдельно. Однако более эффективным является выбор последнего подхода, так как производительность всего технологического потока в значительной степени зависит от работы выемочно-погрузочной машины. Для обеспечения её бесперебойной работы важно точно согласовывать действия буровых станков с процессом работы экскаватора. Особенно это имеет значение на крупных карьерах, где расчет и подбор числа буровых станков для каждого

экскаватора позволяют более точно учитывать геологические и физико-механические свойства массива, который разрабатывает экскаватор. Такой подход способствует не только улучшению координации между оборудованием, но и повышению эффективности работы всей технологической цепочки.

Необходимое число буровых станков в целом для карьера может быть определено по формуле [2]:

$$N = \frac{\Pi \cdot k}{Q_{см} \cdot n_{см} \cdot n_{год} \cdot j}, \quad (2)$$

где Π – производительность карьера по горной массе, м³/год;

k – коэффициент резерва станков ($k=1,2 \div 1,25$);

$Q_{см}$ – производительность бурового станка, м/смену;

$n_{см}$ – число смен работы станков в сутки;

$n_{год}$ – число рабочих дней бурового станка в году;

j – выход горной массы с 1 м скважины, м³/м;

$$j = \frac{[W+b(n-1)]ha}{l_{скв} \cdot n}, \quad (3)$$

где a, b – расстояние соответственно между скважинами в ряду и между рядами, м;

h – высота уступа, м;

W – линия сопротивления по подошве, м;

n – число рядов скважин;

$l_{скв}$ – глубина скважины, м.

Необходимое количество буровых станков для одной выемочно-погрузочной машины рассчитывается, принимая во внимание месячную производительность экскаватора и количество рабочих дней бурового станка в месяц. В данном случае коэффициент резерва рекомендуется устанавливать в пределах от $k = 1,0$ до $1,15$, чтобы обеспечить оптимальную работу и учитывать возможные внеплановые простои или другие непредвиденные обстоятельства.

В формуле (1) скорость бурения является параметром, который сложно точно сопоставить с физико-механическими свойствами пород конкретного месторождения. В связи с этим для оценки производительности бурового станка целесообразно использовать энергоёмкость бурения и мощность привода вращателя. При предположении, что привод вращателя функционирует в номинальном режиме, техническую производительность станка можно рассчитать с помощью следующей формулы [3]:

$$Q_{ст.ч} = \frac{N_{вр} \cdot K_{э,дв}}{F_б}, \quad (4)$$

где $Q_{ст.ч}$ – техническая производительность бурового станка, м/ч;

$N_{вр}$ – мощность привода вращателя, кВт;

$F_б$ – удельные энергозатраты на бурение скважин, кВт.ч/м;

$K_{з,дв}$ – коэффициент загрузки двигателя вращателя, $K_{з,дв} = 0,7 \div 0,8$.

Энергозатраты на бурение скважин диаметром $D=0,25$ м с использованием шарошечного станка СБШ-250МН рассчитываются с помощью следующей формулы

$$F_6 = 0,6e^{0,017\sigma_{сж}}, \quad (5)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности пород на сжатие, МПа;

e – основание натурального логарифма ($e=2,73$).

При изменении диаметра скважины удельные энергозатраты изменяются пропорционально квадрату диаметра скважины:

$$\frac{F_6}{F_{6i}} = \frac{D^2}{D_i^2}; \text{ тогда } F_{6i} = \frac{F_6 \cdot D_i^2}{D^2}, \quad (6)$$

где F_{6i} – удельные энергозатраты на бурение скважин i -го диаметра, кВт.ч/м;

D – i -й диаметр скважины, м.

Подставив известные значения в формулу (4) и произведя необходимые преобразования, мы получаем:

$$Q_{ст.ч} = \frac{0,1N_{вр} \cdot K_{з,дв}}{e^{0,017\sigma_{сж} \cdot D_i^2}}, \quad (7)$$

Формула (7) применима при бурении скважин диаметром $D_i=0,16 \div 0,32$ м с использованием шарошечных станков типа СБШ в породах с прочностью на сжатие $\sigma_{сж} = 50\text{--}200$ МПа.

Эксплуатационную производительность бурового станка (выработку) $Q_{ст.см}$ (м/смену) можно рассчитать с использованием следующей формулы [4]

$$Q_{ст.см} = K_{и.ст} \cdot T_{см} \cdot Q_{ст.ч} = \frac{0,1K_{и.ст} \cdot T_{см} \cdot N_{вр} \cdot K_{з,дв}}{e^{0,017\sigma_{сж} \cdot D_i^2}}, \quad (8)$$

где $K_{и.ст}$ – коэффициент использования бурового станка в течение смены, $K_{и.ст} = 0,5 \div 0,7$;

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч.

Диаметр скважины определяется по формуле [3]:

$$d = 28H \sqrt{\frac{K}{\Delta}}, \text{ мм} \quad (9)$$

где K – расчетный удельный расход ВВ, кг/м³.

Величина СПП определяется по формуле:

$$W = \sqrt{\frac{P}{K}}, \text{ м} \quad (10)$$

где P – вместимость 1 м скважины, кг.

Если известен фактический удельный расход ВВ q на разрушение 1 м³ породы в уступе при нормальных условиях рыхления, то W можно вычислить по следующей формуле:

$$W = 0,9 \sqrt{\frac{P}{q}}, \text{ м} \quad (11)$$

Величина СПП для наклонных скважинных зарядов определяется по формуле:

$$W_H = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{P}{K}} \text{ или } W_H = \frac{0,9}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{P}{q}}, \text{ м} \quad (12)$$

Величина перебура определяется по формулам:

$$l_{пер} = 0,5KW \text{ или } l_{пер} = (10 \div 15)d, \text{ м} \quad (13)$$

Длина скважины определяется по формуле:

$$l_{скв} = H + l_{пер}, \text{ м} \quad (14)$$

Длина наклонных скважин вычисляется по формуле:

$$l_{скв} = \frac{H}{\sin \alpha} + l_{пер}, \text{ м} \quad (15)$$

Определяется расстояние между зарядами в ряду по формулам:

$$a = mW \text{ или } a = \frac{Q}{qWH}, \text{ м} \quad (16)$$

где $m=0,8 \div 1,4$.

Величина СПП с учетом взаимодействия зарядов равна:

$$W_{вз} = W(1,6 - 0,5m), \text{ м} \quad (17)$$

Вес заряда определяют по формуле:

$$Q = qWaH, \text{ кг} \quad (18)$$

Заключение

В результате проведенного анализа факторов, влияющих на выбор и эффективность работы буровых станков, подтверждена важность комплексного подхода к оценке бурового процесса. Учет влияния климатических и экстремальных условий бурения позволяет повысить надежность и стабильность производственного процесса.

Разработанные и применяемые методики расчета сменной производительности бурового станка с учетом всех вспомогательных операций и коэффициентов использования обеспечивают более точное планирование и оптимизацию работы оборудования. Представленные формулы, основанные на энергоёмкости бурения и мощности привода вращателя, позволяют объективно оценивать технические возможности станков в зависимости от диаметра и глубины скважин, а также физико-механических характеристик пород.

Особое внимание уделяется координации работы буровых станков с выемочно-погрузочной техникой, что является ключевым фактором повышения эффективности всего технологического процесса разработки карьера. Выбор количества буровых станков по каждому экскаватору с учетом геологических условий и параметров массива способствует снижению простоев и оптимизации затрат.

Таким образом, комплексный подход к расчету и анализу производительности бурового оборудования, основанный на реальных данных и современных методах мониторинга, позволяет существенно повысить эффективность горных работ и обеспечить устойчивое развитие добывающих предприятий.

TEXNIK-GEOLOGIK VA ENERGETIK PARAMETRLARNI HISOBGA OLGAN HOLDA KARYERLARNING QUYI GORIZONTLARIDA BURG‘ILASH-PORTLATISH ISHLARI SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Sh.A.Ochilov

Geologiya fanlari universiteti, Toshkent sh., O‘zbekiston

- ANNOTATSIYA** Maqolada burg‘ilash uskunalarini tanlash va karyerlarning quyi gorizontlaridagi burg‘ilash-portlatish ishlarini (BPI) tashkil etishni belgilovchi asosiy omillar ko‘rib chiqilgan. Massivning geomexanik xossalarini, asboblarning eskirish darajasini va burg‘ilashning energetik xususiyatlarini hisobga olgan holda burg‘ilash dastgohlarining unumdorligini hisoblash metodikasi keltirilgan. Skvajinalar va zaryadlarning parametrlarini hisoblash tizimi parchalanishning o‘ziga xos energiya intensivligini, shuningdek, burg‘ilashning texnologik sikli va qazish uskunalarini tashkil etish o‘rtasidagi bog‘liqlikni hisobga olgan holda taklif etilgan. Burg‘ilash dastgohlari sonini ratsional aniqlash, ularni zahiraga qo‘yish va texnologik zanjirdagi o‘zaro ta’sirni optimallashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.
- KALIT SO‘ZLAR** karyer, pog‘ona, burg‘ilash, burg‘ilash dastgohi, burg‘ilash tezligi, ish unumdorligi, tog‘ jinslari, burg‘ilashning energiya intensivligi, sharoshkali burg‘ilash, burg‘ilash-portlatish ishlari, darzdorlik, zichlik, suvlanganlik, termik kuchlanish.

INCREASING THE EFFICIENCY OF DRILLING AND BLASTING OPERATIONS AT THE LOWER LEVEL OF QUARRIES TAKING INTO ACCOUNT TECHNICAL, GEOLOGICAL AND ENERGY PARAMETERS

Sh.A.Ochilov

University of Geological Sciences, Tashkent, Uzbekistan

- ABSTRACT** The article considers the key factors determining the choice of drilling equipment and the organization of drilling and blasting operations (DBO) at the lower levels of quarries. A methodology for calculating the productivity of drilling rigs is presented, taking into account the geomechanical properties of the massif, the degree of tool wear and energy characteristics of drilling. A system for calculating the parameters of wells and charges is proposed, taking into account the specific energy intensity of destruction, as well as the relationship between the technological cycle of drilling and the organization of excavation equipment. Recommendations are developed for the rational determination of the number of drilling rigs, their reservation and optimization of interaction in the technological chain.
- KEYWORDS** quarry, bench, drilling, drilling rig, drilling speed, productivity, rocks, drilling energy intensity, roller drilling, drilling and blasting operations, fracturing, density, water content, thermal stresses.

Библиографический список

1. Иванов С.А. Технология буровзрывных работ. – М.: Недра, 2015. – С. 68.
2. Петров В.Г. Производственные расчеты при открытых горных работах. – Екатеринбург: УрФУ, 2018. – С. 69–71.
3. Смирнов А.И. Горные машины: буровое оборудование. – М.: Горная книга, 2019. – С. 114–115.
4. Норов Ю.Д., Шеметов П.А. Новые технологии и безопасности при ведении взрывных работ. Курс лекций. – Навои, НГГИ, 2007. – 200 с.

Information about authors:

Ochilov Shuhratulla - DSc, Associate Professor, Head of the Department of Geological Exploration Techniques and Technology, University of Geological Sciences, 100164, Tashkent, Mirzo Ulugbek district, Olimlar Str., 64, Republic of Uzbekistan
ORCID: 0000-0002-4629-1734 e-mail: o.shuhrat@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

М.Б. Нурпеисова, К.Т. Менайков, А.А.Токтаров, О.Байтурбай А.Т. Низамова

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.Сатпаева, Алматы, Казахстан

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова. Ташкент, Узбекистан

АННОТАЦИЯ В статье рассмотрены современные методы определения границ зоны отчуждения вокруг атомных электростанций с акцентом на рекомендации Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). Проанализированы международные и национальные практики, включая опыты Чернобыльской и Фукусимской АЭС, а также Семипалатинского ядерного полигона. Работа подчеркивает важность применения современных технологий для повышения эффективности управления рисками и обеспечения радиационной безопасности в районах, прилегающих к атомным объектам. Одним из основных направлений экономического развития Республики Казахстан является курс на рациональное использование природных ресурсов, при этом обеспечение экологической и промышленной безопасности их освоения в зоне влияния атомной электростанции. В этом контексте особое внимание уделено охране минеральных и водных ресурсов, в том числе озере Балхаш, подземным водным ресурсам и Акбакайской золоторудной зоне, прилегающей к району строительства АЭС. Предложен метод создания геодинамического полигона, позволяющего эффективно контролировать динамику деформаций и корректировать оценку земель в зависимости от уровня загрязнения.

Получено:
14.07.2025
Пересмотрено:
19.07.2025
Пересмотрено:
03.08.2025
Опубликовано:
10.10.2025

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА АЭС, Акбакайское месторождение, радиационная безопасность, промышленная безопасность, экологическая безопасность, зона радиационного загрязнения, граница отчуждения

Введение

Развитие атомной энергетики в Казахстане рассматривается как ключевое направление обеспечения устойчивости энергосистемы и экологической безопасности. Первым шагом на этом пути стало официальное утверждение

площадки для строительства АЭС в селе Улкен Жамбылского района Алматинской области (рис.1). Село расположено на берегу озера Балхаш, воды которого планируется использовать для обеспечения технологических нужд АЭС.

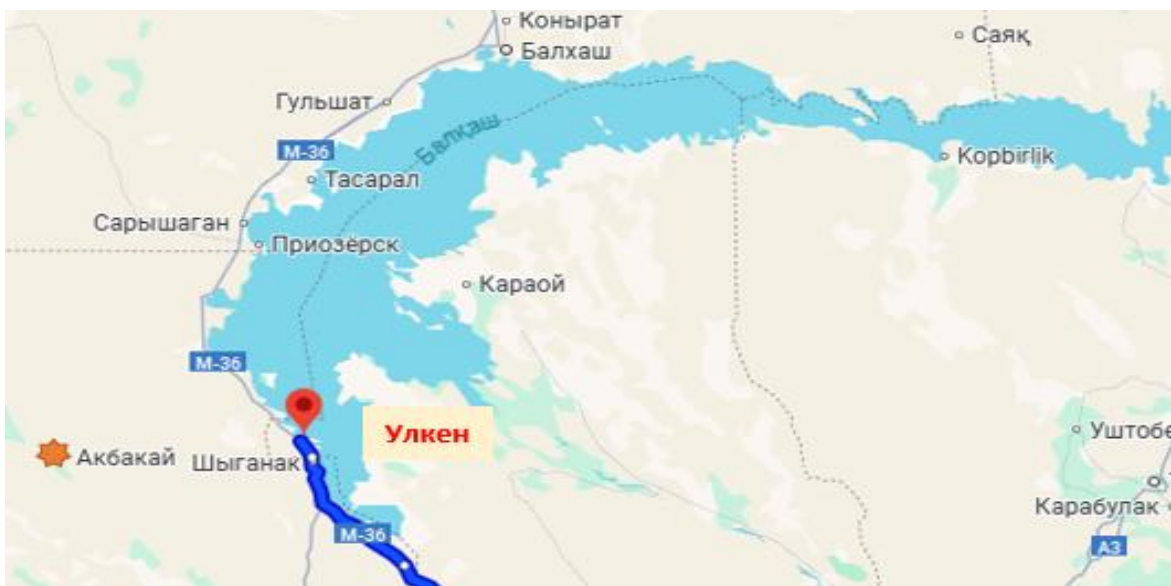


Рис. 1. Расположение будущего объекта АЭС

Республика Казахстан, являясь заказчиком строительства первой в стране атомной электростанции (АЭС), выступает генеральным оператором консорциума по реализации проекта. В проекте принимает участие

компания «Росатом», обладающая большим опытом и квалификацией в строительстве АЭС за рубежом. Учитывая значительные достижения Китая в возведении гражданских ядерных объектов, ведутся переговоры с

Китайской национальной ядерной корпорацией (CNNC). Также интерес к проекту выразила французская компания Électricité de France (EDF).

В июне 2025 года был сформирован международный консорциум, которому поручено строительство первой атомной электростанции в Республике Казахстан. По результатам проведённого конкурентного тендера лидирующую позицию заняла государственная корпорация «Росатом», представившая наиболее сбалансированное и технологически оптимальное предложение по реализации проекта. В соответствии с утверждённой концепцией, строительство АЭС в поселке Улкен будет осуществляться на основе современных российских ядерных технологий, признанных одними из наиболее эффективных и безопасных в мире. Согласно стратегическим планам, Улкен в перспективе должен трансформироваться в инновационный центр, обладающий высоким научным и образовательным потенциалом, что позволит ему стать своеобразным «городом-садом» и точкой притяжения для инженерных и исследовательских кадров со всей страны.

8 августа 2025 года в Алматинской области, вблизи села Улкен, на берегу озера Балхаш состоялась торжественная церемония закладки фундамента будущей атомной станции. Данный населенный пункт, удалённый на 289 км от районного и на 330 км от областного центра (г. Конаев), приобрёл статус ключевого объекта национальной энергетической политики. Примечательно, что в церемонии приняли участие студенты Национального исследовательского ядерного университета МИФИ (г. Алматы), готовящиеся стать инженерами атомной отрасли. Это подчёркивает важность проекта не только с точки зрения энергетической безопасности, но и как фактора, стимулирующего развитие науки, инженерного образования и подготовки высококвалифицированных специалистов в Казахстане.

Реализация проекта АЭС позволит Казахстану получить новое поколение высококвалифицированных специалистов, укрепить научно-исследовательскую базу, а также открыть перспективы для образовательных и технологических прорывов.

Строительство атомной станции в Казахстане уже принято как стратегическое решение. На текущем этапе основное внимание уделяется обеспечению экологической безопасности и защите окружающей среды от потенциального радиационного воздействия. В первую очередь, это жемчужина Казахстана – озеро Балхаш и прилегающие природные ресурсы. Во-вторых, разведанные в свое время К.И.Сатпаевым, включенные в металлогеническую карту Казахстан и оставленные в нынешнему поколению –

минеральные ресурсы. Это меднорудные месторождения Центрального Казахстана, золоторудная Акбакайская зона, прилегающая к селу Улкен (отмечено красной звездочкой на рис. 1) [1].

Принимая во внимание экологическую уязвимость территорий Казахстана, включая зоны бывших испытательных полигонов и аридные ландшафты, актуальной задачей становится научно обоснованное определение границ санитарно-защитных и отчуждённых зон вокруг ядерных объектов. В особенности это касается защиты стратегически важных природных объектов, таких как подземные водные, минеральные ресурсы и сельскохозяйственные угодья [2,3].

Именно по этой причине проведение всесторонних исследований природной среды — включая анализ почвенно-растительного покрова, воздушной и водной среды, фауны, а также состояния эксплуатируемых месторождений — имеет критически важное значение для устойчивого развития региона. Земли, подвергшиеся радиоактивному воздействию, особенно вблизи бывших испытательных полигонов, нуждаются в постоянном мониторинге и экспертной оценке их пригодности для применения в сельском хозяйстве, промышленности и других сферах.

Результаты. Экологические системы Казахстана характеризуются малой устойчивостью к антропогенным воздействиям. Около 75 % его территории (районы Аральского моря, Семипалатинского испытательного полигона (СИП), побережья Каспийского моря, пустынных и полупустынных пастбищ Центрального и Южного Казахстана и др.) подвержены повышенному риску экологической дестабилизации. Семипалатинский испытательный ядерный полигон был одним из основных полигонов, который использовался для испытаний ядерного оружия на протяжении 40-ка лет [4].

В настоящее время на территории полигона разрабатывается угольное месторождение Каражыра, где создан геодинамический полигон для мониторинга деформаций территории СИЯП и карьера. Геодинамический полигон включает сеть реперов, которая создаётся вокруг испытательных скважин для фиксации изменений высотного положения. Реперы закладываются на глубину не менее 2 метров для обеспечения стабильности и точности измерений, а также для снижения влияния радиационного загрязнения на работников. Эта сеть позволяет использовать данные для оценки деформаций и прогнозирования изменений земной поверхности [5].

Эксплуатация месторождения полезных ископаемых без учета радиоактивной обстановки, гидрогеологических карт

радиоактивного загрязнения территории может вообще привести к потере месторождения – на сотни и даже тысячи лет территория, грунты и сами ископаемые, могут оказаться загрязненными. Именно поэтому комплексные исследования природной среды: почвенно-растительного покрова, водной и воздушной среды, животного мира, разрабатываемые месторождения являются жизненно необходимыми для региона. Загрязнённые земли и прилегающие к полигону участки, находящиеся под воздействием радионуклидных осадков, требуют постоянного контроля и оценки с точки зрения их пригодности для использования в сельском хозяйстве, промышленности и других отраслях.

Что касается Семипалатинского полигона, то, по оценкам института высоких энергий Академии наук Казахстана, «некоторые зараженные участки полигона будут представлять опасность и оставаться непригодными для жизни на протяжении свыше

тысячи лет». Плюс, значительная часть его территорий и прилегающие к нему районы Павлодарской, Абайской, Восточно-Казахстанской и Карагандинской областей по-прежнему признаются зонами экологического бедствия. Радиус поражения даже сегодня достигает почти 800 километров, подразделяясь на четыре зоны — 150, 300, 500 и 775 километров.

В качестве примера можно привести взрыв на Чернобыльской АЭС, который разнес радиоактивное облако не только по территории Украины, России и Белоруссии, но и затронул собой ряд европейских стран вплоть до Италии. Сегодня вокруг ЧАЭС действует 300-километровая зона отчуждения. Непосредственно после катастрофы там погибли многие животные. Также от радиации пострадал лесной массив вблизи ЧАЭС, который получил название «Рыжий лес».

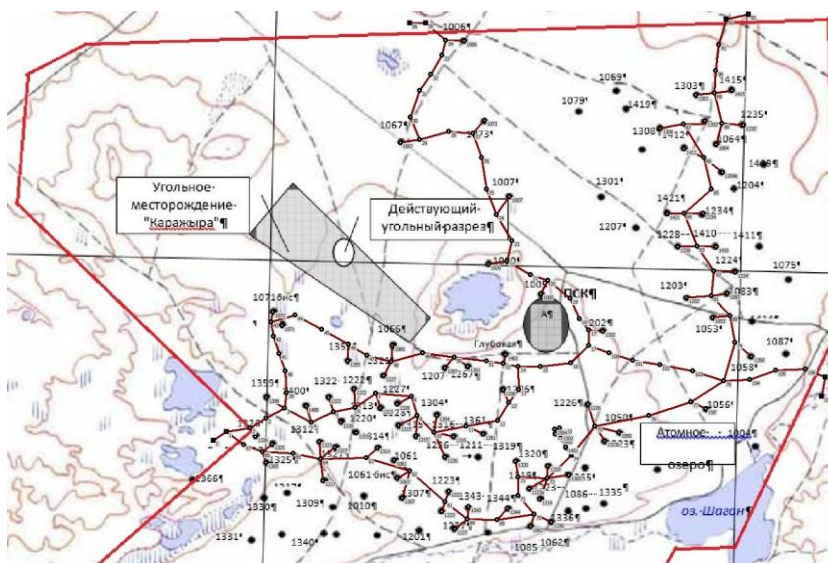


Рис. 2. Схема плано-высотного геодинамического полигона на территории угольного месторождения и «Атомного озера»

Акбакайское рудный район расположен на территории Мойынкумского района Жамбылской области в 450 км на северо-запад от города Алматы и в западной стороне будущей АЭС и включает в себя более 20 рудных месторождений, а также россыпи золота. К их числу относятся Акбакай, Кенгир, Кенжем, Светинское, Думан-Шуак, Бескембир, Самородное, Карьерное и другие месторождений (рис.3). В географическом отношении объект «Акбакай» находится в границах Балхашского водораздела, представляющего собой слабовсхолмленную местность с абсолютными отметками 460-515 м [6].

Месторождение Акбакай является уникальным золоторудным объектом кварцево-жильного типа с содержанием сульфидов в

флюсовой руде от 3 до 7%. Перспективы месторождения могут быть расширены за счет флангов и глубоких горизонтов, а также близлежащих объектов в пределах рудного поля.

Верхняя часть месторождения «Акбакай» до глубины 20 м. отработана открытым способом. В настоящий момент месторождение вскрыто существующими стволами шахт до горизонта 400 м, также наклонно-транспортными съездами 1 и 2. Горные работы ведутся на горизонтах 260 м, 340 м, 400 м, выше горизонта 260 м запасы отработаны. В дальнейшем по мере понижения горных работ ниже горизонта 400 м будет осуществляться углубление стволов. Проектом предусматривается отрабатывать запасы утвержденные ГКЗ РК до горизонта 580 м [7, 8].



Рис. 3. Схема расположений в центральной части Акбакайского золоторудного района

Месторождение Кенжем расположено в 7 км к югу от месторождения Акбакай. Кенжемская зона прослежена по простиранию на 1500 м до глубины 200 м при мощности от 2-3 до 10 м. Одна из кварцевых жил зоны имеет длину 52 м при мощности 3,2 м и среднем содержании золота 5,3 г/т. Горными выработками вскрыта кварцевая жила длиной 40 м, мощностью 0,9 м со средним содержанием золота 10,4 г/т. По Кенжемской зоне проводятся горные работы и бурение скважин глубиной до 300 м.

Месторождение Бескемпир расположено в Акбакайском золоторудном районе в 270 км на юго-запад от г. Балхаш. Находится в 3 км к востоку от эксплуатируемого месторождения Акбакай. Месторождение Бескемпир вскрыто существующими стволами шахты до горизонта 180 м. Горные работы ведутся на горизонтах 180 м и 260 м. Проектом предусматривается отрабатывать запасы утвержденные ГКЗ РК до горизонта 390 м.

Месторождение Аксакал находится в пределах Акбакайского рудного поля, прожилково-вкрапленное, штокверковое, среднее по запасам. Месторождение вскрыто существующим стволом шахты Главная до горизонта 120 м. Проектом предусмотрено углубка ствола шахты Главная, вскрытие наклонно-транспортным съездом - 4 и отработка запасов до горизонта 500 м.

Месторождение Карьерное находится в пределах Акбакайского рудного поля, в приконтактной части Кызылжартасского гранодиоритового массива, кварцевожильное, мелкое по запасам. На месторождении Карьерное по геологическим условиям залегания золотосодержащих руд принята открытая разработка на всю глубину.

Все эти минерально-сырьевые ресурсы, оставленные нам К.И.Сатпаевым [1], расположены прилегающей зоне будущей нашей АЭС. АЭС является «прочной основой для энергетической безопасности страны. Вместе с тем необходимо учитывать, что масштабы и глубина негативного воздействия АЭС на окружающую среду вызывает большую тревогу общества [9, 10].

А, озеро Балхаш, в гидрогеологическом отношении, имеет двухчастное строение: западный бассейн является пресным, так как в него впадает река Или, в то время как восточный бассейн имеет солоноватый характер вследствие слабой гидрологической связи между двумя частями. Подземные воды региона оцениваются в 550 м³/с, при этом их естественные запасы составляют 255,3 м³/с. Таким образом, озеро Балхаш представляет собой уникальную экосистему, на состояние которой оказывают значительное влияние как поверхностные, так и подземные водные ресурсы.

В экологическом отношении, состояние озера Балхаш вызывает серьезную обеспокоенность в научном сообществе в связи с возможностью повторения экологической катастрофы, аналогичной Аральской. Начиная с 1970 года, использование стока реки Или для формирования Капшагайского водохранилища объемом 39 км³ привело к сокращению водности реки приблизительно на две трети, что вызвало снижение уровня Балхаша. Помимо водохозяйственной деятельности, значительное влияние на экологию Или-Балхашского бассейна оказывает промышленное производство - антропогенное воздействие. В частности, деятельность Балхашского горно-металлургического комбината сопровождалась высокими объемами выбросов загрязняющих веществ. В 2006 году корпорация «Казахмыс» завершила строительство экологически чистого производства, что позволило сократить объем выбросов на 80–90 %. [11].

В настоящее время в регионе реализуется стратегический проект — строительство первой АЭСв Казахстане. Этот фактор в долгосрочной перспективе актуализирует необходимость комплексной оценки экологических рисков и разработки механизмов устойчивого управления водными и природными ресурсами Или-Балхашского бассейна.

В соответствии с рекомендациями МАГАТЭ, радиус зоны отчуждения подбирается таким образом, чтобы обеспечить безопасность людей при потенциальной радиационной аварии на АЭС. В различных

странах существуют различные подходы к определению размеров этой зоны, но наиболее часто используется радиус в 30 км. Аварийные ситуации, такие как выбросы радиоактивных веществ, могут представлять опасность для здоровья населения и экосистем в радиусе нескольких десятков километров от места происшествия. В таких условиях необходимо оперативно и точно определить границы зон отчуждения, чтобы предотвратить пагубное воздействие радиации.

Установление границ зон отчуждения представляет собой многосложную задачу, которая требует интеграции различных подходов — от правового регулирования до использования математических моделей, технологий дистанционного зондирования и геоинформационных систем (ГИС). Быстрое и точное определение границ зон отчуждения является критически важным для снижения последствий радиоактивного загрязнения, возникающего после аварий на атомных электростанциях. Такие зоны, как правило, классифицируются в зависимости от степени радиационного воздействия на территорию.

В соответствии с нормативами Международного агентства по атомной энергии [12], зона экстренного реагирования должна охватывать территорию в пределах 30 километров от источника аварии. В этом радиусе, как правило, наблюдается повышенный уровень радиационного фона, требующий немедленного применения мер защиты. В настоящее время зоны отчуждения вокруг АЭС в разных странах могут значительно варьироваться. Например, в США зона отчуждения вокруг АЭС составляет 10 миль (примерно 16 км), в то время как в Японии для Фукусимы была установлена зона в 30 км, что соответствует рекомендациям МАГАТЭ.

Катастрофа на АЭС «Фукусима-1» в 2011 году стала наглядной иллюстрацией практического применения международных стандартов радиационной безопасности. В результате сильного землетрясения и последовавшего за ним цунами произошла утечка радиоактивных веществ, что вынудило правительство Японии ввести обязательную эвакуацию населения в пределах 20-километровой зоны вокруг станции. В дальнейшем, учитывая траекторию распространения радиоактивного облака и метеорологические условия, границы зоны были увеличены до 30 км. Принятые меры продемонстрировали действенность и актуальность международных норм по защите населения при радиационных авариях. [13].

Обсуждение результатов

Для проведения анализа и наглядного отображения зоны отчуждения для АЭС была использована облачная платформа Google Earth Engine (GEE), обладающая широкими

возможностями обработки и визуализации пространственных данных.

В рамках исследования так же была смоделирована зона отчуждения вокруг атомной электростанции «Фукусима-1» в Японии на основе геоинформационных данных.

Координаты Фукусимы: В первой строке был задан объект fukushima, который представляет собой точку на карте с координатами 141.0344 (долгота) и 37.4213 (широта), что соответствует расположению атомной электростанции Фукусима-1.

Зона отчуждения: С помощью метода buffer(30000) был создан круг радиусом 30 км вокруг точки АЭС. Этот радиус соответствует зоне отчуждения, рекомендованной МАГАТЭ для защиты населения от радиационных рисков в случае аварии.

Визуализация: далее мы использовали метод Map.setCenter, чтобы установить центр карты на Фукусиму и задать масштаб. Для наглядности добавили два слоя:

Зона отчуждения: Красным цветом отображен радиус 30 км вокруг Фукусимы.

Точка АЭС: Синим цветом, показана точка расположения атомной электростанции.

Результат: в результате выполнения этого кода на карте был получен четкий визуальный образ зоны отчуждения вокруг Фукусимы, что позволило наглядно увидеть, какой участок территории попадает в зону повышенного радиационного риска (рис.4 и 5).

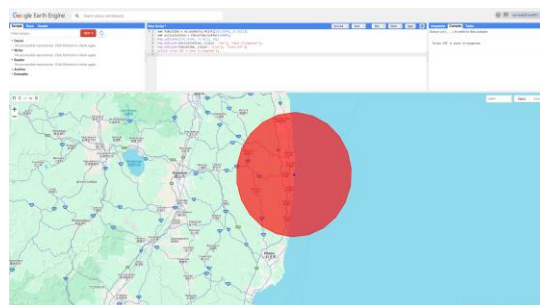


Рис. 4. Визуальное представление программы Google Earth Engine с кодом и полученным изображением зоны

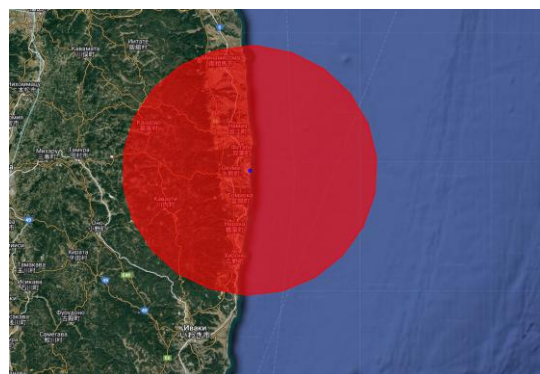


Рис. 5. Визуализация зоны отчуждения вокруг Фукусимы

Для более точного прогноза границ зон отчуждения применяются современные методы математического моделирования. Одним из самых распространенных инструментов для оценки распространения радиоактивных частиц является модель HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model), которая позволяет прогнозировать траекторию движения радионуклидов в атмосфере. В реальной практике такие модели используются для разработки зон экстренного планирования, особенно в случае больших выбросов, как это было в Японии после аварии на Фукусиме.

Примером успешного применения технологий мониторинга и моделирования можно считать использование спутниковых данных. В работе применялись спутниковые данные (Landsat-8, Sentinel-2), БПЛА и «умные» дозиметры, которые предоставляют высокоточные изображения земли, и используются при мониторинге радиационного загрязнения, особенно в отдаленных и труднодоступных районах. После техногенных аварий на атомных электростанциях спутниковые технологии приобрели ключевое значение для детального картографирования загрязнённых участков. Так, в районе Чернобыльской зоны отчуждения анализ спутниковых изображений позволил зафиксировать изменения в структуре растительности, что дало возможность оценить степень и масштабы влияния радиационного воздействия на природные экосистемы.

Дистанционное зондирование сыграло важную роль в реабилитации территорий после аварии на Фукусимской АЭС. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно использовались для картографирования территорий, подвергшихся радиационному загрязнению. Их применение обеспечило получение высокоточной информации о пространственном распределении радиоактивных веществ на различных высотных уровнях и участках земной поверхности. Этот подход использовался для оценки состояния объектов инфраструктуры, таких как водоемы и леса, для которых радиационное загрязнение может иметь долгосрочные экологические последствия.

В ходе работы вокруг поселка Улкен построены буферные зоны отчуждения (рисунок 5), с помощью платформы Google Earth Engine (GEE). Зоны отчуждения построены окружностью радиусом 30 км вокруг координат (45.206815, 73.930981), где планируется строительство АЭС.

Красная окружность на карте обозначает границы зоны, которая может использоваться для анализа возможного влияния станции на окружающую среду и население. Такой подход помогает визуализировать потенциальные ограничения и спланировать мероприятия по безопасности.

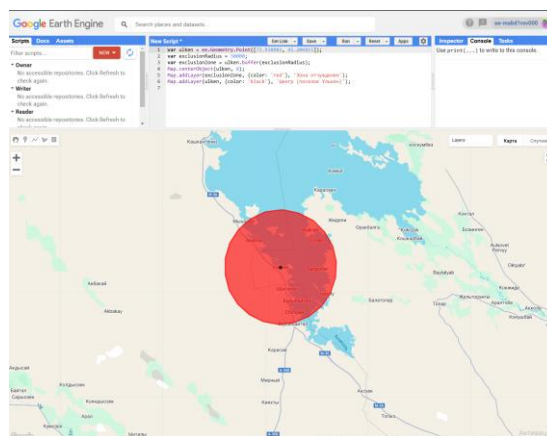


Рисунок 6. Визуализация зоны отчуждения вокруг посёлка Улкен в Казахстане, где планируют строить первую АЭС

Кроме того, использование дозиметров и спектрометров в полевых исследованиях позволяет точно измерять уровни гамма-излучения в зараженных зонах. Эти данные, в свою очередь, используются для уточнения границ зон отчуждения и принятия решений о возможной эвакуации или возвращении населения. В Чернобыльской зоне и на территории близлежащих областей Украины такие исследования продолжают по сей день, с использованием новых методов, таких как «умные» дозиметры, которые могут предоставлять данные в реальном времени [14,15].

В результате выполнения работы с использованием Google Earth Engine был создан наглядный пример зоны отчуждения вокруг атомной электростанции, основываясь на рекомендациях МАГАТЭ. Определен радиус зоны отчуждения в 30 км, который успешно визуализирован на карте, что позволяет наглядно увидеть, какой участок территории попадает в зону повышенного радиационного риска.

Также создана модель зоны отчуждения вокруг посёлка Улкен. Получены изображения, отражающие возможное влияние радиации, и представлены результаты кода визуализации. Были получены точные координаты и расчётные границы потенциальной зоны повышенного риска.

Опыт Чернобыля, Фукусимы и других катастроф показывает важность правильной и своевременной оценки радиационного загрязнения. Аварии в Японии и Украине стали примером эффективного применения международных стандартов.

Использование современных цифровых платформ, включая GEE и системы дистанционного зондирования, обеспечивает высокую точность построения карт радиационного загрязнения, особенно в удалённых районах. С помощью БПЛА и спутников возможно регулярное обновление

данных, что критически важно для мониторинга динамики состояния окружающей среды.

Применение разработанной модели к казахстанским условиям позволяет предварительно оценить риски, связанные со строительством и эксплуатацией АЭС, а также подготовить основу для нормативного установления санитарно-защитных зон.

Выводы

Таким образом, АЭС представляют собой один из ключевых факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на экологическое состояние окружающей среды и процессы освоения природных ресурсов. В современных условиях вопросы горной экологии и промышленной безопасности приобретают особую значимость, поскольку от их эффективного решения зависит устойчивое развитие и благополучие как текущего, так и

будущих поколений, вовлечённых в сферу недропользования. Нейтрализация такого воздействия осуществляется с использованием платформы Google Earth Engine, позволяющей легко интегрировать данные и проводить их анализ в реальном времени, что делает процесс моделирования зон отчуждения более доступным и эффективным.

Эффективное определение зон отчуждения помогает минимизировать ущерб для здоровья населения и окружающей среды, а использование цифровых платформ, спутниковых данных и моделирования делает возможным более точное и быстрое реагирование в случае Чернобыльской станции.

Исследования проведены в рамках грантового финансирования Министерством науки высшего образования РК (АР26100471).

APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF NATURAL RESOURCES

M.B.Nurpeisova, K.T.Menayakov, A.A.Toktarov, O.Baiturbai, A.T.Nizamova

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

Received:
14.07.2025
Revised:
19.07.2025
Accepted:
03.08.2025
Published:
10.10.2025

The article examines modern methods for determining the boundaries of exclusion zones around nuclear power plants, with an emphasis on the recommendations of the International Atomic Energy Agency (IAEA). International and national practices are analyzed, including the experiences of the Chernobyl and Fukushima nuclear power plants, as well as the Semipalatinsk nuclear test site. The study highlights the importance of applying modern technologies to improve risk management efficiency and ensure radiation safety in areas adjacent to nuclear facilities. One of the key directions of economic development in the Republic of Kazakhstan is the rational use of natural resources while ensuring environmental and industrial safety within the influence zone of nuclear power plants. In this context, special attention is paid to the protection of mineral and water resources, including Lake Balkhash, underground water reserves, and the Akbakai gold ore zone adjacent to the NPP construction area. A method for creating a geodynamic polygon is proposed, which enables effective monitoring of deformation dynamics and allows for adjustments in land valuation depending on pollution levels.

KEYWORDS

NPP (nuclear power plant), Akbakai deposit, radiation safety, industrial safety, environmental safety, radiation contamination zone, exclusion boundary.

References

1. *Satpayev, K.I. Metallogeny of Kazakhstan. Ore formations. Gold ore deposits. Alma-Ata: Nauka, 1980. – 224 p.*
2. *On the approval of the rules for establishing protection zones of power grid facilities and special conditions for the use of land plots located within such zones.* Order of the Minister of Energy of the Republic of Kazakhstan dated September 28, 2017 No. 330. (in Russian).
3. *On the approval of the Sanitary Rules “Sanitary and epidemiological requirements for ensuring radiation safety.”* Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated December 15, 2020 No. ҚР DSM-275/2020. (in Russian).
4. Nurpeisova, M., Umirbayeva, A., & Fedorov, E. (2021). Assessment of the deformation and radiation state of the territory based on integrated monitoring. *Mining of Eurasia*, No. 1, pp. 83–87. (in English).
5. Nurpeisova, M., Umirbayeva, A., Tursynbayev, N., Donenbayeva, N., & Bakyt, N. (2025). Assessment of deformation and radiation state of adjacent territories of the deposit “Karazhyra.” *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*, 2(470), 166–179. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.498> (in English).
6. Rafailovich, M.S., Mizernaya, M.A., & Dyachkov, B.A. *Large gold deposits in black shale strata: conditions of formation and similarity indicators.* Almaty: VKGTU, 2011. – 272 p.

7. Vaulin, O.V. *Zhambyl Region. Gold. Handbook*. Taraz–Bishkek: ROKIZOL, 2016. – 94 p.
8. *Supplement and revision to the project for the second stage of construction of the Akbakai Mining and Processing Plant for the development of the “Akbakai” deposit. Stage II of construction: opening and mining of reserves below elevation +296 m (horizon 180) to –104 m (horizon 580) of the “Akbakai” deposit*. JSC “AK Altynalmas,” LLP “Kaz Techno Project.”
9. Nurpeisova, M.B., Madimarova, G.S., & Menayakov, K.T. (2021). Study of the stress–strain state of the rock mass of the Akbakai deposit. *Proceedings of the Scientific and Practical Conference*. Prague, pp. 49–53. (in Russian).
10. Nurpeisova, M.B., Madimarova, G.S., & Menayakov, K.T. *Guidelines for protecting structures and the environment from the harmful effects of the development of the Akbakai deposit*. Almaty: KazNTU, 2004. – 27 p. (in Russian).
11. Zhumangalieva, Z.M. *Water balance of Lake Balkhash and the impact of anthropogenic factors on it*. Saint Petersburg, 2014.
12. International Atomic Energy Agency (IAEA). (2015). *GSR Part 7: Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*. IAEA. (in English).
13. Kishin, V.V. (2008). The concept of industrial safety management at hazardous production facilities. *International Scientific Readings “White Nights–2008”, Part II*, pp. 253–257. St. Petersburg. (in Russian).
14. NP-001-15. *General provisions for ensuring the safety of nuclear power plants*. (in Russian).
15. Nikitin, S.G. (2012). Application of remote sensing for monitoring radiation contamination. *Geoinformation Systems*, No. 6, pp. 21–34. (in Russian).

Information about authors:

Nurpeissova Marzhan	– DSc, professor, Department of Mine Surveying and Geodesy, Satbayev University, 22a Satpaev Street, Almaty, 050013, Kazakhstan.
Baisanova	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3956-5442 , e-mail: marzhan-nurpeissova@ramblert.ru
Menayakov Kanat	– DSc, professor, Department of Mine Surveying and Geodesy, Satbayev University, 22a Satpaev Street, Almaty, 050013, Kazakhstan.
Tugelevich	ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8578-3515 , e-mail: k.menayakov@satbayev.university
Toktarov Ayan	– PhD, Associate Professor, Department of Mine Surveying and Geodesy, Satbayev University, 22a Satpaev Street, Almaty, 050013, Kazakhstan
Askarovich	ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2578-8642 , e-mail: a.toktarov@satbayev.university
Baiturbay Orinbasar	– PhD Doctoral Student, Department of Mine Surveying and Geodesy, Satbayev University, 22a Satpaev Street, Almaty, 050013, Kazakhstan.
	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7654-2610 , e-mail: o.baiturbay@satbayev.university
Nizamova Albina	– PhD student, Department of Mining Engineering, Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, Uzbekistan.
Talgatovna	ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5606-2030 , e-mail: at.nizamova@gmail.com

**GEOLOGIYA-QIDIRUV ISHLARIDA XAVFSIZLIK VA MEHNAT MUHOFAZASINI
TA'MINLASH: ZAMONAVIY YONDASHUV VA ISTIQBOLLAR**

M.I. Shadiyev

Geologiya fanlari universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Doi: 10.5281/zenodo.17338829

ANNOTATSIYA

Kelib tushgan:

10.07.2025

Ko'rib chiqilgan:

15.07.2025

Qabul qilingan:

29.07.2025

Chop etilgan:

10.10.2025

Ushbu maqolada geologiya-qidiruv ishlarining iqtisodiyotdagi o'rni, ularning murakkab va xavfli tabiiy-iqlimiy sharoitlarda amalga oshirilishi hamda mehnat xavfsizligini ta'minlashning ahamiyati haqida so'z boradi. Geologiya-qidiruv faoliyatining o'ziga xos yo'nalishlari va ularni amalga oshirishdagi asosiy xavf-xatarlar ko'rib chiqilgan. Shuningdek, mehnat xavfsizligini ta'minlash bo'yicha ishlab chiqarishni mexanizatsiyalash, kadrlar malakasini oshirish hamda mehnat muhofazasi tizimini rivojlantirish kabi asosiy strategik yo'nalishlar haqida ma'lumotlar keltirilgan. Davlat siyosati va nazorat tizimi doirasida olib borilayotgan islohotlar hamda ularning ishchilar salomatligi va xavfsizligiga ijobiy ta'siri yoritilgan.

KALIT SO'ZLAR

geologiya-qidiruv ishlari, mexanizatsiyalash, avtomatlashtirish, mehnat muhofazasi, dala ekspeditsiyalari, geofizik tadqiqotlar, burg'ilash, kon-qidiruv, nazorat tizimi, tabiiy-iqlimiy sharoitlar, sanoat xavfsizligi.

Kirish

Geologiya-qidiruv ishlari mamlakat iqtisodiyotining eng muhim va asosiy bo'g'inlaridan biri hisoblanadi. Ushbu soha milliy boyliklar bazasini kengaytirish, yangi va strategik ahamiyatga ega bo'lgan tabiiy resurslarni aniqlash, shuningdek, sanoat sohalarining barqaror va izchil rivojlanishi uchun mustahkam zamin yaratish kabi juda muhim vazifalarni bajaradi. Geologiya-qidiruv faoliyati natijasida topilgan qazilmalar va resurslar davlat iqtisodiyoti uchun asosi sifatida xizmat qiladi, yangi ishlab chiqarish tarmoqlari tashkil etiladi va mavjud sanoat tarmoqlarining samaradorligi oshiriladi [1-4].

Biroq, geologiya-qidiruv ishlarining o'ziga xos murakkabligi ularning amalga oshirilish sharoitlarida namoyon bo'ladi. Ushbu soha faoliyati ko'pincha inson yashash uchun mos bo'lmagan, infratuzilmasi rivojlanmagan, uzoq va qiyin kirish mumkin bo'lgan hududlarda olib boriladi. Tog'li, cho'l, o'rmonzor yoki namlikka to'la hududlar kabi noqulay tabiiy-iqlimiy sharoitlarda ishlash talab etiladi. Bu esa ishchilar uchun qo'shimcha xavflarni keltirib chiqaradi va mehnat sharoitlarini yanada murakkablashtiradi.

Bundan tashqari, dala sharoitida uzoq muddat faoliyat yuritish, texnika va uskunalarning cheklanganligi, kasbga oid maxsus malaka va tayyorgarlik darajasining yuqori bo'lishi talab etilishi, shuningdek, favqulodda vaziyatlar yuzaga kelishi ehtimoli mehnat xavfsizligini ta'minlashni ayniqsa dolzarb masalaga aylantiradi. Shu sababli, geologiya-qidiruv ishlarida samarali va puxta tashkil etilgan xavfsizlik choralari, zamonaviy texnologiyalarni joriy etish, xodimlarning

malakasini oshirish va doimiy monitoring tizimlarini yaratish muhim ahamiyat kasb etadi.

Natijada, geologiya-qidiruv faoliyatining muvaffaqiyati nafaqat texnik imkoniyatlar va ilmiy asoslarga, balki mehnat sharoitlarining xavfsizligi va ishchilar sog'lig'ining saqlanishiga ham bevosita bog'liq bo'lib qolmoqda. Shu nuqtai nazardan, ushbu sohada xavfsizlik va sog'liqni muhofaza qilishga qaratilgan chora-tadbirlar milliy iqtisodiyotning barqaror rivojlanishini ta'minlashda muhim omil hisoblanadi.

Tadqiqot usullari

Geologiya-qidiruv ishlari O'zbekiston tabiiy resurslarini aniqlash, ularni sanoatga jalb qilish va iqtisodiyotning barqaror o'sishini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Bu jarayon juda keng ko'lamli va texnik jihatdan murakkab bo'lib, o'ziga xos jihatlari, maxsus tayyorgarlik va mehnat xavfsizligiga qat'iy rioya qilishni talab etadi [5, 6].

Geologiya-qidiruv faoliyati odatda quyidagi asosiy yo'nalishlarni qamrab oladi:

- geologik izlanishlar – yer qatlamlarining geologik tuzilmasini, ularning tarkibi va evolyutsiyasini o'rganish;
- quduqlarni burg'ilash – yer osti qatlamlaridan namunalar olish orqali foydali qazilmalar mavjudligini aniqlash;
- geofizik tadqiqotlar – seysmik, magnit, gravitatsion va elektr usullari yordamida yer osti tuzilishini o'rganish;
- gidrogeologik kuzatuvlar – yer osti suvlarini aniqlash, ularning miqdori, sifati va oqimini baholash;
- kon qidiruvi va ochiq qazilmalar – konlar joylashuvi, miqdori va qazib olish imkoniyatlarini aniqlash;

– namunalash va laboratoriya ishlari – dala sharoitida olingan namunalarning tarkibini chuqur tahlil qilish.

Mazkur ishlar yilning har qanday faslida, turli tabiiy-iqlimiy sharoitlarda, ko‘pincha yovvoyi va inson yashamaydigan hududlarda olib boriladi. Qorli tog‘li mintaqalar, sahro va cho‘l zonalari, botqoqli yerlarda, yuqori harorat yoki kuchli shamollar hukm suradigan joylarda ishlash geologlar va texnik mutaxassislar uchun jismoniy va ruhiy tayyorgarlikni talab etadi.

Dala ekspeditsiyalari odatda kichik jamoalar shaklida tashkil etiladi va uzoq muddat davomida izolyatsiyalangan sharoitda faoliyat yuritadi. Shuning uchun, ular nafaqat geologik bilimga, balki dala sharoitida yashash va ishlash ko‘nikmalariga, jumladan, yo‘nalishlarni aniqlash va xaritalar tuzish, suv to‘siqlari va tabiiy to‘siqlarni yengib o‘tish, lagerlar tashkil etish va uskunalarni samarali joylashtirish, aloqa vositalaridan foydalanish va xavfsizlik choralarini ko‘rish kabi amaliy malakalarga ega bo‘lishlari zarur. Ushbu sharoitlarda mehnat xavfsizligini ta‘minlash nafaqat ish samaradorligi, balki inson hayoti va sog‘lig‘i uchun bevosita bog‘liqdir [7, 8].

Geologiya-qidiruv ishlarida xavfsiz mehnat sharoitlarini yaratish ko‘plab strategik yondashuvlar orqali amalga oshirilmoqda. Ushbu yo‘nalishlar nafaqat ishlab chiqarish xavfsizligini ta‘minlaydi, balki ishchilarni kasbiy shikastlanishlardan, salomatlikka salbiy ta‘sir ko‘rsatadigan omillardan himoya qilishga xizmat qiladi [9, 10].

1. Ishlab chiqarishni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish.

So‘nggi yillarda ilg‘or texnologiyalar joriy qilinishi orqali ko‘plab eskirgan va xavfli texnika vositalari yangi, xavfsiz va samarali uskunalar bilan almashtirilmoqda. Masalan aerokosmik tasvirga olish texnologiyalari yordamida katta maydonlardagi geologik strukturalar tez va aniqlik bilan tahlil qilinadi, geofizik va gidrogeologik apparatlar – masofadan turib yer osti tuzilmalarini o‘rganish imkonini beradi, yuqori unumli burg‘ilash qurilmalari – inson ishtirokini kamaytiradi va xavfsizlik darajasini oshiradi, avtomatlashtirilgan kon qazish va shurf qazish agregatlari – og‘ir jismoniy mehnatni yengillashtiradi, ishni tezlashtiradi va xavf-xatarni kamaytiradi.

Ushbu texnik yangilanishlar inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni kamaytiradi hamda xavfli hududlarda ishlashni avtomatlashtirilgan nazorat tizimlari orqali boshqarish imkonini beradi.

2. Kadrlar malakasini oshirish

Geologiya-qidiruv ishlari yuqori malakali mutaxassislarni talab qiladi. Faqatgina maxsus oliy va o‘rta maxsus ta‘lim muassasalarini tamomlagan, zarur davlat imtihonlaridan o‘tgan shaxslar quyidagi lavozimlarda ishlashga ruxsat etiladi:

– foydali qazilma konlari geologlari;

– qidiruv texnologiyalari mutaxassislari; geofiziklar va gidrogeologlar;

– burg‘ilovchilar va dala ekspeditsiya boshliqlari.

Kon ishlari, burg‘ilash, portlatish ishlari, xavfli zonalarda ish olib borish faqat maxsus tayyorgarlikka ega mutaxassislarga topshiriladi. Ular muntazam ravishda malaka oshirish kurslarida qatnashishlari, mehnat xavfsizligi bo‘yicha amaliy mashg‘ulotlar o‘tashlari shart.

3. Mehnat muhofazasi tizimini rivojlantirish

Geologiya-qidiruv tashkilotlarida mehnat muhofazasi bo‘yicha alohida xizmatlar faoliyat olib boradi. Ularning asosiy vazifalari:

– ish joylarining xavfsizlik standartlariga muvofiqligini tekshirish;

– ishchilar uchun yo‘riqnomalar va amaliy o‘quv mashg‘ulotlari tashkil etish;

– sanitariya-gigiena holatini nazorat qilish;

– kasbiy kasalliklar va ishlab chiqarishdagi shikastlanishlarning oldini olish.

Bu xizmatlar orqali ishchilar salomatligi muntazam nazorat ostida bo‘ladi. Bunday choralar ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, ishchi kuchi barqarorligini saqlash va ish muhitini sog‘lomlashtirishga xizmat qiladi.

O‘zbekiston Respublikasi hukumati tomonidan so‘nggi yillarda amalga oshirilgan islohotlar – 7 soatlik ish kuni, 5 kunlik ish haftasi, ayollar va maxsus toifalarga tegishli mehnat imtiyozlari, mehnat ta‘tillarining uzaytirilishi, minimal ish haqi oshirilishi – geologiya va tog‘-kon sanoatidagi ishchilarga bevosita ta‘sir ko‘rsatmoqda.

Shuningdek, mehnat muhofazasi bo‘yicha maxsus laboratoriyalar tashkil etilgan, korxonalarda attestatsiya va sertifikatlash ishlari muntazam olib borilmoqda, ekologik xavfsizlik va atrof-muhitni muhofaza qilish choralariga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Mehnat muhofazasining qonuniy asoslari davlat nazorati ostida bo‘lib, quyidagi tashkilotlar tomonidan amalga oshiriladi:

– Geologiya va tog‘-kon xavfsizligi inspeksiyasi;

– Davnenergonazorat, Davsannazorat, Davlat yong‘in nazorati;

– Ichki ishlar tizimidagi Davlat avtomobil inspeksiyasi bo‘limlari;

– Bosh prokuratura va unga bo‘ysunuvchi prokurorlar.

Mazkur organlar mehnat qonunchiligi buzilishi holatlarini aniqlash, ruxsatnoma va guvohtomasiz ish yuritayotgan shaxslarni ishdan chetlatish, xavfli uskunalarni ekspluatatsiyadan chiqarish huquqiga ega.

Xulosa

Geologiya-qidiruv ishlari – bu yuqori xavfli va murakkab jarayon. Ammo texnik va tashkiliy yondashuvlar, davlat tomonidan ko‘rilayotgan kompleks chora-tadbirlar, texnologik yangilanishlar tufayli sohada xavfsiz mehnat muhitini yaratish borasida ijobiy siljishlar kuzatilmoqda.

Kelajakda mehnat xavfsizligi bo'yicha quyidagilarga alohida e'tibor qaratilishi lozim:
– ish joylarida avtomatlashtirishni kengaytirish;
– maxsus texnik nazorat tizimlarini joriy etish;
– ishchilarning salomatligini muntazam monitoring qilish;

– tibbiy, sanitariya va maishiy xizmatni yanada yaxshilash.

Zero, inson salomatligi – har qanday iqtisodiy yutuqning poydevoridir. Geologiya-qidiruv faoliyatida mehnat muhofazasini ta'minlash esa jamiyat xavfsizligi va barqarorligi sari qadamdir.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ: СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД И ПЕРСПЕКТИВЫ

М.И. Шадиев

Университет геологических наук, г. Ташкент, Узбекистан

АННОТАЦИЯ

Получено:
10.07.2025
Пересмотрено:
15.07.2025
Пересмотрено:
29.07.2025
Опубликовано:
10.10.2025

В статье рассматривается роль геологоразведочных работ в экономике, их проведение в сложных и опасных природно-климатических условиях, а также важность обеспечения безопасности труда. Рассматриваются специфические направления геологоразведочных работ и основные риски при их реализации. Также представлена информация об основных стратегических направлениях обеспечения безопасности труда, таких как механизация производства, повышение квалификации кадров и развитие системы охраны труда. Освещены реформы, проводимые в рамках государственной политики и системы управления, и их положительное влияние на здоровье и безопасность работников.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

геологоразведочные работы, механизация, автоматизация, охрана труда, полевые экспедиции, безопасность геофизические исследования, бурение, система управления, природно-климатические условия, промышленная безопасность.

ENSURING LABOR SAFETY AND HEALTH IN GEOLOGICAL EXPLORATION: A MODERN APPROACH AND PROSPECTS

M.I. Shadiev

University of Geological Sciences, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

Received:
10.07.2025
Revised:
15.07.2025
Accepted:
29.07.2025
Published:
10.10.2025

This article discusses the role of geological exploration in the economy, their implementation in complex and dangerous natural and climatic conditions, and the importance of ensuring labor safety. The specific areas of geological exploration activities and the main risks in their implementation are considered. Information is also provided on the main strategic directions for ensuring labor safety, such as the mechanization of production, advanced training of personnel, and the development of the labor protection system. The reforms carried out within the framework of state policy and the control system and their positive impact on the health and safety of workers are highlighted.

KEY WORD

geological exploration, mechanization, automation, labor protection, field expeditions, geophysical research, drilling, geological exploration, management system, health monitoring, natural and climatic conditions, industrial safety.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Rahimxonov I. I., Muhammadaliyev M. M. (2024) *Geologiya-qidiruv ishlarida quduqlarni burg'ilash usullari va zamonaviy burg'ilash mashinalari* — Ilmiy-amaliy maqola.
2. Nasurillaeva J. J. (2024) *Geologiya-qidiruv ishlari* — *Yosh olimlar*, 2(27), 101–103.
3. O'zbekiston Geologiya Kitobi va Geoportal manbalari (2023–2025) *Geologik qidiruv ishlari: davlat siyosati va strategik vazifalar* — rasmiy hujjatlar tahlili va statistika manbalari.
4. Global Capital maqolasi (2025) – “Goskomgeology aims to build ‘best practice’ regulation to supercharge industry growth” — aerokosmik tadqiqotlar, kadrlar tayyorlash va qonunchilik islohotlari haqida ma'lumotlar.

5. ILO News (2025, 11 Mart) – “Strengthening occupational safety and health in Uzbekistan: key tripartite discussions” — O‘zbekiston mehnat muhofazasi tizimi va islohotlari to‘g‘risida rasmiy maqola.
6. ILO News (2025, 15 Yanvar) – “ILO launches new project on occupational safety and health in Uzbekistan” — «Safety + Health for All» dasturi, OSH tizimini yaxshilash haqida batafsil loyiha bayoni.
7. Wikipedia: Occupational safety and health — OSH bilan bog‘liq menejment tizimlari, Xalqaro Mehnat Tashkiloti tavsiyalari va PDCA usullar haqida umumiy ma’lumotlar.
8. Azizov & Partners (2020) – O‘zbekiston Qonuni “Subsoil” va geologiya-qidiruv amaliyotiga bo‘lgan talablar: yer osti geologiyasi, xavfsizlik va ekologik talablar ta’riflangan.
9. Mondaq tahliliy maqolalari (2022) – “Environmental norms under the Uzbek Law” va “Mining Industry of Uzbekistan” — geologiya-qidiruv, subsoil qonunchiligi va mehnat muhofazasi qonunchiligiga oid ma’lumotlar.
10. Navoiyuran davlat korxonasi risolasi (2023–2025) — ishchi muhofazasi, ISO 45001 sertifikatlash, jismoniy muhit monitoringi va xavfsizlik amaliyotlari misoli sifatida.

Information about authors:

Shodiyev Murod – *PhD, associate Professor of the Department of Mining Engineering and Technology, University of Geological Sciences, 100164, Republic of Uzbekistan, Tashkent city, Mirzo Ulugbek district, Olimlar Street, Building 64.*
e-mail: sodievmurot9@gmail.com

MUQOBIL GIBRID MANBALAR ASOSIDA QO'ZG'ATILADIGAN ENERGETIK QURILMANI MODELLASHTIRISH ASOSIDA ENERGETIK PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH ORQALI ISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH (AMU-QASHQADARYO HAVZA BOSHQARMASI HUZURIDAGI DO'STLIK 1,2,3 NASOS STANSIYASI MISOLIDA)

N.B.Pirmatov, A.Y.Bekishev, N.A.Kurbanov, A.B.Imomnazarov

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston
Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O'zbekiston

Doi: 10.5281/zenodo.17338875

ANNOTATSIYA Ushbu maqolada sinxron motorning energetik parametrlarini hisoblash, quvvat koeffitsiyentni optimallashtirish, reaktiv quvvatni kamaytirish va energiya tejash usullari mufassal ko'rib chiqildi. AVR, PSS va V/f boshqaruv mexanizmlarining motor ishlash samaradorligiga ta'siriga bag'ishlangan amaliyot va modellashtirish usullari tavsiya etildi.

Kelib tushgan: 14.07.2025
Ko'rib chiqilgan: 19.07.2025
Qabul qilingan: 03.08.2025
Chop etilgan: 10.10.2025

Maqolada gibrid energiya manbalari asosida qo'zg'atilgan sinxron motorning matematik modeli keltirildi. Uning samaradorligini oshirishda gibrid tizimning ahamiyati katta ekani ko'rsatildi. Tadqiqot natijalari ishlab chiqarishda energiya tejash va barqaror ishlash uchun amaliy ahamiyatga ega. Ushbu ishda gibrid energiya manbalari asosida sinxron motor qo'zg'atish jarayoni modellandi. Quyosh, shamol va gidro manbalarning dinamik xususiyatlari tahlil qilindi. Simulink orqali tayyorlangan modellar orqali turli ish rejimlari va energiya taqsimoti ko'rsatildi. Natijalarga ko'ra, gibrid manbalar qo'llanilishi motorning ishonchli qo'zg'atilishi va energiya samaradorligini oshirishini ko'rsatdi.

KALIT SO'ZLAR gibrid tizim uchun quvvat taqsimoti, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, gibrid manba, muqobil energiya manbalari, sinxron motr, qo'zg'atish tizimi.

Kirish

Hozirgi vaqtda qayta tiklanadigan energiya manbalari (QTEM) global energetika tizimining asosiy tarmoqlaridan biriga aylanib bormoqda. Quyosh, shamol va mikro gidroelektr stansiyalar kabi manbalarni integratsiya qilish orqali gibrid energiya ta'minoti tizimlari yaratiladi. Sinxron motorlar esa turli ishlab chiqarish jarayonlarida samarali ishlashini ta'minlash uchun ana shu gibrid manbalar asosida qo'zg'atilishi mumkin. Maqolada mazkur masalaning dolzarbligi, matematik modellashtirish asoslari va optimallashtirish usullari tahlil qilinadi.

Quyosh energiyasi fotoelektrik panellar orqali olinadi va elektr energiyasiga aylantiriladi. Shamol energiyasi esa turbinalar orqali mexanik aylanish kuchiga, keyinchalik generator yordamida elektr energiyasiga aylanadi. MikroGESlar suv resurslari orqali doimiy yoki mavsumiy elektr ishlab chiqarish imkonini beradi. Akkumulyator batareyalari esa ushbu manbalarning uzluksiz ishini ta'minlash uchun energiya zaxirasini saqlab turadi.

Gibrid tizimda turli manbalar birgalikda ishlaydi va ularning quvvati optimal tarzda taqsimlanadi. Bunday tizimda asosiy elementlar: fotoelektrik panellar, shamol turbinasi, mikroGES generatori, akkumulyator bloki va elektr tarmog'i. Energiya taqsimoti algoritmlari orqali iste'molchilarga uzluksiz va barqaror quvvat yetkazib berish ta'minlanadi.

Bugungi kunda jahon miqyosida energetika resurslaridan oqilona va samarali foydalanish muammosi eng dolzarb masalalardan biriga

aylangan. Ayniqsa, suv xo'jaligidagi nasos stansiyalari kabi yirik iste'molchilarda elektr energiyasini tejash va motorlarning ish samaradorligini oshirish orqali ulkan iqtisodiy natijalarga erishish mumkin.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining energetik sohani modernizatsiya qilish va qayta tiklanadigan energiya manbalarini keng joriy etishga doir qarorlari, jumladan, 2020 yil 10 avgustdagi PQ-4805-sonli qaroriga muvofiq, sohada energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri etib belgilangan.

Aynan shu nuqtai nazardan, Amu-Qashqadaryo havza boshqarmasi huzuridagi Do'stlik 1, 2 va 3 nasos stansiyalarida ishlatilayotgan sinxron motorlarning energetik samaradorligini oshirish vazifasi nafaqat ilmiy, balki amaliy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega. Bu motorlar uzluksiz ishlaydigan katta quvvatli agregatlar bo'lib, ularning to'g'ri boshqarilishi va optimal parametrlarda ishlatilishi orqali katta miqdorda energiya tejalishi mumkin.

Shu sababli, mavjud nasos stansiyalarida foydalanilayotgan motorlarni modellashtirish, ularning energetik parametrlarini aniqlash va optimallashtirish orqali ish samaradorligini oshirish masalasi juda ham dolzarbdir. Gibrid qo'zg'atish tizimida maqsad – energiya samaradorligini oshirish, quvvat koeffitsiyentini birlikka yaqinlashtirish va motorning barqaror ishini ta'minlash hisoblanadi. Optimallashtirishda quvvat balanslari va yuklamalar hisobga olinadi.

Hozirgi kunda sanoat va energetika sohasida muqobil energiya manbalaridan samarali foydalanish masalasi dolzarb hisoblanadi. Sinxron motorlarning ishonchli qo'zg'atilishi va barqaror ish rejimi ularni gibrid (quyosh, shamol, gidro va akkumulyator) ta'minot orqali ta'minlash orqali amalga oshirilishi mumkin. Ushbu bobda fotoelektrik panel, shamol generatori va gidro ta'minotning matematik modellari, shuningdek, ular asosida sinxron motor qo'zg'atish jarayoni tahlil qilinadi.

Uslub va materiallar

Fotoelektrik panelning ishchi modeli odatda yarim o'kazgichli -diiodli ekvivalent sxema asosida tuziladi. Uning chiqish toki quyidagicha ifodalanadi:

$$I = I_{ph} - I_0 \cdot \left(\exp\left(\frac{V+I^2 R_s}{n+V_t}\right) - 1 \right) - \frac{V+I^2 R_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

bu yerda: I_{ph} – fotoelektrik tok; I_0 – qayish toki; R_s – ketma-ket qarshilik; R_{sh} - shunt qarshilik; V_t - termik kuchlanish.

Shamol turbinasi chiqish quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{shamol} = 0.5 \cdot rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p(\lambda, \beta) \quad (2)$$

bu yerda: rho - havo zichligi; A - turbina qanoti maydoni; v – shamol tezligi; C_p - quvvat koeffitsiyenti, λ – tezlik nisbati, β – qanot burchagi.

Gidroelektr stansiyasi chiqish quvvati suv sarfi va gidravlik napor orqali aniqlanadi:

$$P_{gidro} = \eta_h \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (3)$$

bu yerda: η_h - gidroturbina KPD; ρ - suv zichligi; g - yerning tortishish tezlanishi; Q - suv sarfi; H – bolsim balandligi.

Sinxron motorni qo'zg'atishda gibrid manbalardan kelayotgan umumiy quvvat balansini hisoblash kerak:

$$P_{umumiy} = P_{quyosh} + P_{shamol} + P_{gidro} + P_{batareya} - P_{isroflar}$$

bu yerda: P_{quyosh} – quyosh panellari quvvati; P_{shamol} – shamol generatori quvvati; P_{gidro} – gidro ta'minot quvvati; $P_{batareya}$ – akkumulyator quvvati; $P_{isroflar}$ – yo'qotishlar.

Sinxron motorning ishini matematik jihatdan modellashtirish uchun ko'p hollarda (d-q) koordinatalar tizimidagi ekvivalent elektr zanjirlaridan foydalaniladi. Bu usul mashinaning aylanuvchi magnit maydon sharoitidagi ishini statik referens sistemaga keltirib, dinamik tahlil imkonini yaratadi.

Park transformatsiyasi asosidagi model:

I_d, I_q - doimiy va aylanuvchi o'q bo'yicha toklar; E'_d, E'_q - o'tkinchi EYUKlar; δ - rotor burchak holati (elektrik burchak); ω - rotorning burchak tezligi (rad/s).

Tenglamalarning asosiy ko'rinishi quyidagicha:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\delta}{dt} &= \omega - \omega_s \\ \frac{d\omega}{dt} &= \frac{1}{J} (T_m - T_e - D\omega) \\ \frac{dE'_q}{dt} &= \frac{1}{T_{do}} (E_f - E'_q - (X_d - X'_d) \cdot I_d) \\ \frac{dE'_d}{dt} &= \frac{1}{T_{qo}} (-E'_d + (X_q - X'_q) \cdot I_q) \\ V_d &= R_s I_d - \omega X_q I_q + E'_d \\ V_q &= R_s I_q + \omega X_d I_d + E'_q \end{aligned} \right\} (4)$$

Bu birinchi tenglamalar tizimi MATLAB/Simulink muhitida dinamik modellar shaklida tuziladi va turli holatlarda simulyasiya qilish imkonini beradi.

Sinxron motorlarda stator va rotor toklari orqali qo'zg'atish tizimi tufayli magnit maydon boshqariladi. Buni boshqarish uchun QAR (qo'zg'atishni avtomatik rostlash) tizimi joriy etiladi.

QAR modelining oddiy ko'rinishi:

$$E_f(s) = \frac{K_A}{1 + T_{AS}} \cdot (V_{ref} - V_t)$$

bu yerda V_{ref} - maqsad kuchlanishi; V_t - chiqish kuchlanishi; K_A, T_A - kuchaytirgich koeffitsiyenti va vaqt doimiysi.

QAR ta'siri:

- Reaktiv quvvatni barqarorlashtirish; Stator toklarining orttiqcha oshishini cheklash; Kuchlanish uzluksizligini ta'minlash.

Sinxron motorning aylanuvchi qismidagi mexanik holatlar ham modelda hisobga olinadi:

Elektromagnit moment:

$$M_e = \frac{3}{2} p (\psi_f \cdot i_q + (L_d - L_q) i_d i_q)$$

bu yerda i_d, i_q – toklar, u_d, u_q – kuchlanishlar, L_d, L_q – induktivliklar, R_s – stator qarshiligi, ψ_d, ψ_q – magnit ilashimligi, p – juft qutblar soni, J – inersiya momenti.

Mexanik tenglama:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M_e - M_{yuk} - M_d)$$

bu yerda M_d – dempfer momenti, M_e – elektromagnit moment, M_{yuk} – yuklama momenti.

Yuklama modeli:

Konstant moment: $T_m = T_{nom}$; Uzgaruvchan moment: $T_m(t) = T_0(1 + 0.2 \cdot \sin(\omega_m t))$; Nasos xarakteristikasi: $T_m = kQ^2$, bu yerda Q - suv sarfi.

Amu-Qashqadaryo havza boshqarmasi huzuridagi Do'stlik 1,2,3 nasos stansiyalaridagi ma'lumotlarga asoslangan holda model parametrlari tanlanadi:

1-jadval

Do'stlik 1,2,3 nasos stansiyalaridagi ma'lumotlarga asoslangan holda model parametrlari

Parametr	Qiymati
Motor quvvati	1.2 MVt
Nominal kuchlanish	6.3 kV

Chastota	50 Gs
Rotor tezligi	1500 ayl/min
Inersiya (J)	5.2 kg·m ²
Reaktiv induktivliklar	X _d =1.2, X _q =0.9, X _{d'} =0.3
Qo'zg'atish tizimi vaqti T' _{do}	5.5 s
QAR parametrlari	K _A =200, T _A =0.05

Sinxron motorlarning ishlash jarayonida tok va kuchlanishning har bir komponentlari juda muhim ahamiyatga ega. Tok va kuchlanish xarakteristikalarini tahlil qilish orqali motortning ichki tuzilishini va samaradorligini aniqlash mumkin. Elektr va mexanik energiyaning transformatsiyasi bilan bog'liq barcha parametrlar tanlangan.

Motorning statik va dinamik o'qlaridagi toklar va kuchlanishlar quyidagi tenglamalar bilan aniqlanadi:

$$\begin{cases} U_d = R_s I_d - \omega X_q I_q + E'_d \\ U_q = R_s I_q + \omega X_d I_d + E'_q \end{cases} \quad (5)$$

V_d, V_q - to'g'ri va aylanuvchi o'qlardagi kuchlanishlar; I_d, I_q - to'g'ri va aylanuvchi o'qlardagi toklar; R_s- stator qarshiligi; E'_d, E'_q - o'tkinchi elektr yurituvchi kuchlanishlar.

Magnit oqim:

$$\begin{cases} \psi_d = L_d \cdot i_d + L_m \cdot i_f \\ \psi_q = L_q \cdot i_q \end{cases} \quad (6)$$

Quvvat koeffitsiyenti cosφ - elektr energiyasining samaradorligini belgilovchi asosiy parametrlardan biri. U quvvat, tok va kuchlanish o'rtasidagi fazaviy boshqa o'zaro bog'liqlikni anglatadi.

Quvvat koeffitsiyentining matematik ifodasi quyidagicha:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$

Bu yerda P –aktiv quvvat (vatt); S – to'la quvvat (vatt-ampere)

Quvvat koeffitsiyentni optimallashtirish uchun QAR tizimidan foydalanish mumkin. QAR orqali reaktiv quvvatning barqarorligi ta'minlanadi, bu esa motorning ish samaradorligini oshiradi.

Reaktiv quvvatning kamaytirilishi elektr tizimi samaradorligini oshiradi. Reaktiv quvvatni kamaytirish usullari quyidagi vositalardan foydalanishni talab etadi:

Reaktiv quvvatni kamaytirish usullari:

1. QAR tizimining samarali boshqaruvi: Reaktiv quvvatni minimallashtirish va kuchlanishni barqarorlashtirish.

2. Boshqaruv va kompensatsiya bloklari: Elektr tizimidagi reaktiv quvvatni optimallashtirish uchun dinamik boshqaruv yoki kompensatsiya sxemasi orqali reaktiv toklar o'zgarishini kamaytirish.

Tizimda reaktiv quvvatni kamaytirish va quvvat koeffitsiyentni optimallashtirish natijasida energiya tejraladi va samaradorlik oshadi.

Energiya tejash — energetik tizimlardagi ahamiyatli omillardan biridir. Energiya tejash usullari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

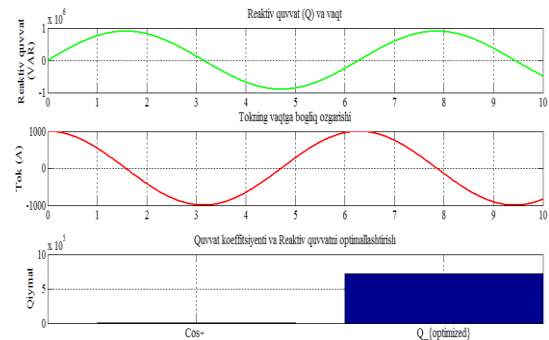
Energiya tejashning asosiy usullari:

1. Chastota va tokni optimallashtirish:
- Motorning ishlashini dinamik turda yuklamalarga moslashtirish;
- Motorning ish xolatlariga qaray fazaviy boshqarish.

2. QAR va PSS orqali to'g'ri boshqaruv:
- Sistema holatlariga mos jihatlar orqali energiyaning yo'qolishini kamaytirish.

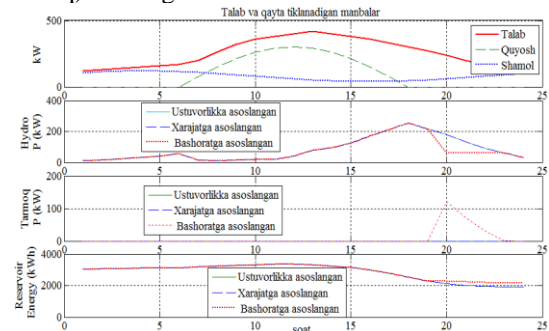
3. Boshqaruv strategiyasini joriy qilish:
- V/f boshqaruvi orqali motorning samarali ishlashini ta'minlash.

Modellashtirish natijalari quyida keltirilgan, unga ko'ra cosφ (quvvat koeffitsiyenti): 0.8000 ni, reaktiv quvvat (Q): 900000.00 VAR ni, reaktiv quvvat optimallashtirilgani (Q_optimized): 720000.00 VARni tashkil etdi.



1-rasm. Reaktiv quvvatni kamaytirish orqali energiya sarfi va yo'qotishlarni kamaytirishga erishish

Quyidagi 2-rasmda gibrid ta'minotda energiya taqsimoti algoritmlarini matlab dasturida yozish orkali gibrid tizim uchun quvvat taqsimoti (dispetcherlik), komponentlari faqat (PV (quyosh), shamol, gidroelektrostansiyalar (suv omborlari), tarmoq) keltirilgan.



2-rasm. Gibrid ta'minotda energiya taqsimoti algoritmlarini matlab dasturida yozish orkali gibrid tizim uchun quvvat taqsimoti

QAR motoridagi kuchlanishni avtomatik tarzda barqarorlashtiradi. Bu, o'z navbatida, reaktiv quvvatning minimallashtirishini va motoridagi fazaviy to'qnashuvlarni kamaytiradi.

PSS (Powyer System Stabilizer): PSS tizimi elektr tizimining reaktiv quvvatlarga munosabatini optimallashtirishga yordam beradi. U, shuningdek, motorting ishlashda barqarorlikni ta'minlaydi.

V/f boshqaruv mexanizmi: V/f boshqaruvi (Voltage/Frequency Control) tizimi yordamida motori ishlashini dinamik tarzda optimallashtirish mumkin. Bu usul, tok va kuchlanishning fazaviy muvofiqlashuvini ta'minlab, motorning ish samaradorligini oshiradi.

AVR va PSS orqali tizim ishlash barqarorligi ta'minlanadi, shuningdek, elektr tizimi orqali reaktiv quvvatning barqarorligi ta'minlanadi.

Xulosa

Ushbu maqolada bo'limda sinxron motorning energetik parametrlarini hisoblash, quvvat koeffitsiyentni optimallashtirish, reaktiv quvvatni kamaytirish va energiya tejash usullari mufassal ko'rib chiqildi. AVR, PSS va V/f boshqaruv mexanizmlarining motor ishlash samaradorligiga ta'siriga bag'ishlangan amaliyot va modellashtirish usullari tavsia etildi.

Sinxron motorni modellashtirishda elektr va mexanik parametrlar o'zaro bog'liq. MATLAB/Simulink muhitida real vaqtdagi tahlil va parametrik simulyasiya imkoniyati mavjud. Model nasos stansiyasining real sharoitiga mos holda tuzilgani sababli, uning natijalari amaliyotda ishlatilishi mumkin. Maqolada gibrid energiya manbalari asosida qo'zg'atilgan sinxron motorning matematik modeli keltirildi. Uning samaradorligini oshirishda gibrid tizimning ahamiyati katta ekani ko'rsatildi. Tadqiqot natijalari ishlab chiqarishda energiya tejash va barqaror ishlash uchun amaliy ahamiyatga ega.

Ushbu ishda gibrid energiya manbalari asosida sinxron motor qo'zg'atish jarayoni modellandi. Quyosh, shamol va gidro manbalarning dinamik xususiyatlari tahlil qilindi. Simulink orqali tayyorlangan modellar orqali turli ish rejimlari va energiya taqsimoti ko'rsatildi. Natijalarga ko'ra, gibrid manbalar qo'llanilishi motorning ishonchli qo'zg'atilishi va energiya samaradorligini oshirishini ko'rsatdi.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО С ВОЗБУЖДАЕМЫХ НА БАЗЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ГИБРИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ (НА ПРИМЕРЕ ДРУЖБЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ 1,2,3 АМУ-КАШКАДАРЬИНСКОГО БАССЕЙНОВОГО УПРАВЛЕНИЯ)

Н.Б.Пирматов, А.Э.Бекишев, Н.А.Курбанов, А.Б.Имомназаров

*Ташкентский государственный технический университет им. Каримова, Ташкент, Узбекистан
Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан*

АННОТАЦИЯ

Получено:

14.07.2025

Пересмотрено:

19.07.2025

Пересмотрено:

03.08.2025

Опубликовано:

10.10.2025

В данной статье подробно рассматриваются методы расчета энергетических параметров синхронного двигателя, оптимизации коэффициента мощности, снижения реактивной мощности и энергосбережения. Рекомендуются практические и модельные методы влияния механизмов управления AVR, PSS и V/f на эффективность двигателя.

В статье представлена математическая модель синхронного двигателя, работающего от гибридных источников энергии. Показано, что гибридная система играет значительную роль в повышении его эффективности. Результаты исследования имеют практическое значение для энергосбережения и обеспечения стабильной работы на производстве.

В данной работе проведено моделирование процесса пуска синхронного двигателя на базе гибридных источников энергии. Проанализированы динамические характеристики солнечных, ветровых и гидроисточников. Различные режимы работы и распределение энергии продемонстрированы с помощью моделей, подготовленных в Simulink. Согласно результатам, использование гибридных источников энергии обеспечивает надежный пуск двигателя и повышение энергоэффективности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

распределение мощности для гибридных систем, возобновляемые источники энергии, гибридный источник, альтернативные источники энергии, синхронный двигатель, система возбуждения.

IMPROVEMENT OF OPERATING EFFICIENCY BY OPTIMIZING ENERGY PARAMETERS BASED ON MODELING OF A ENERGY DEVICE WITH EXCITED ON THE BASIS OF ALTERNATIVE HYBRID SOURCES (ON THE EXAMPLE OF DRUZHBA PUMPING STATION 1,2,3 OF THE AMU-KASHKADARYA BASIN MANAGEMENT)

N.B.Pirmatov, A.Y.Bekishev, N.A.Kurbanov, A.B.Imomnazarov

*Tashkent State Technical University named after Karimov, Tashkent, Uzbekistan
Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan.*

Doi: 10.5281/zenodo.17338875

ABSTRACT

Received:
14.07.2025
Revised:
19.07.2025
Accepted:
03.08.2025
Published:
10.10.2025

This article discusses in detail the methods of calculating the energy parameters of a synchronous motor, optimizing the power factor, reducing reactive power and energy saving. Practical and model methods of the influence of AVR, PSS and V/f control mechanisms on the motor efficiency are recommended. The article presents a mathematical model of a synchronous motor operating from hybrid energy sources. It is shown that the hybrid system plays a significant role in increasing its efficiency. The results of the study have practical significance for energy saving and ensuring stable operation in production. In this paper, the modeling of the process of starting a synchronous motor based on hybrid energy sources was carried out. The dynamic characteristics of solar, wind and hydroelectric sources were analyzed. Various operating modes and energy distribution were demonstrated using models prepared in Simulink. According to the results, the use of hybrid energy sources ensures reliable engine starting and increased energy efficiency.

KEYWORDS

power distribution for hybrid systems, renewable energy sources, hybrid source, alternative energy sources, synchronous motor, excitation system

REFERENCE

1. Krause, P., Wasynczuk, O., Sudhoff, S., Pekarek, S. Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. Wiley-IEEE Press, 2013.
2. Krause, P. Analysis of Electric Machinery. IEEE Press, 2002.
3. Chapman, S. J. Electric Machinery Fundamentals. McGraw-Hill, 2011.
4. Leonhard, W. Control of Electrical Drives. Springer, 2001.
5. Heier, S. Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems. Wiley, 2006.
6. Masters, G. M. Renewable and Efficient Electric Power Systems. Wiley, 2013.
7. Ackermann, T. (ed.). Wind Power in Power Systems. Wiley, 2012.
8. Bianchi, F. D., De Battista, H., Mantz, R. J. Wind Turbine Control Systems: Principles, Modelling and Gain Scheduling Design. Springer, 2007.
9. Dyakonov, V. P. MATLAB i Simulink dlya injenerov. Moskva: DMK Press, 2010.
10. Kundur, P. Power System Stability and Control. McGraw-Hill, 1994.
11. MATLAB/Simulink Documentation. MathWorks, 2024.

Information about authors:

Pirmatov Nurali Berdiyarovich	– DSc, Professor of the “Electrical Engineering, Electromechanics and Electrical Technologies” Department, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan, Tashkent city, Olmazor district, Universitet St. 2 ORCID 0000-0001-5212-2593, e-mail: npirmatov@mail.ru
Bekishev Allabergen Yergashevich	– PhD, of the “Electrical Engineering, Electromechanics and Electrical Technologies” Department, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan, Tashkent city, Olmazor district, Universitet St. 2 ORCID 0000-0003-3019-2050, e-mail: allabergenbekisev@gmail.com
Kurbanov Najmiddin Abduxamidovich	– PhD, Associate Professor of the “Electrical Engineering, Electromechanics and Electrical Technologies” Department, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan, Tashkent city, Olmazor district, Universitet st. 2. ORCID 0000-0003-4152-4006, e-mail: Elmeh1212@mail.ru
Imomnazarov Azizbek Botirovich	– Acting Associate Professor of the Qarshi State Technical University, 180119, Uzbekistan, Qarshi city, Mustaqillik st. 225. ORCID 0000-0001-6689-9870 e-mail: iazizbekbek1989@mail.ru

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.

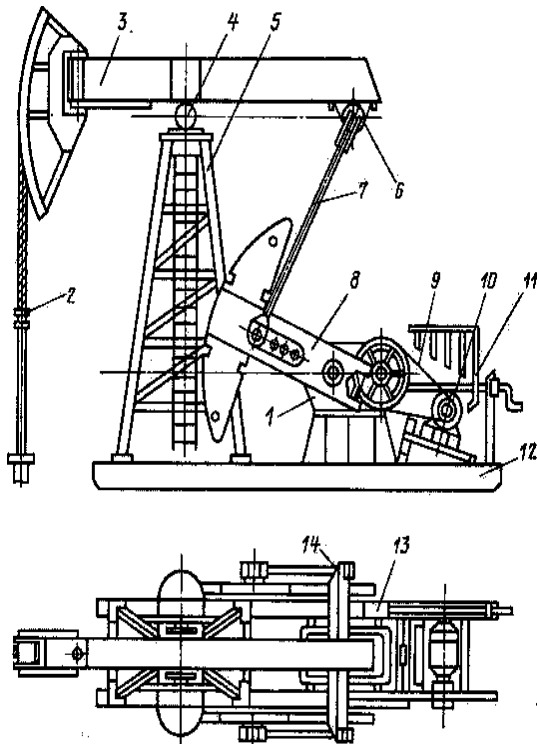


Рис.1. Конструкция качалки с противовесом

Сложная и громоздкая конструкция с большим числом сочленений, подшипников, требующих смазки и ухода, может быть заменена при обеспечении необходимых экономических показателей безредукторным электроприводом, установленным непосредственно на устье скважины.

Режим работы с неизменным ускорением приобретает у станка-качалки дополнительный смысл — ограничение сверху значения модуля ускорения необходимо выполнять по технологическим соображениям. В этом случае обеспечение заданного времени перемещения при минимальном модуле ускорения означает постоянство модуля ускорения с переменной его знак в заданных точках.

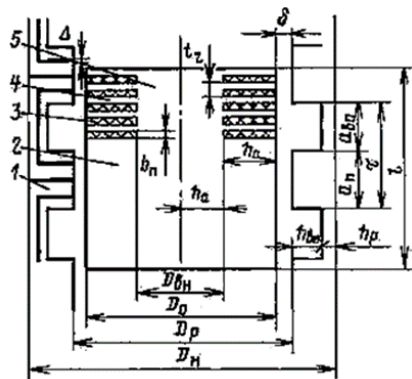


Рис.2. Безредукторный электропривод по типу цилиндрического линейного двигателя

На рис. 2 показан безредукторный электропривод по типу цилиндрического линейного двигателя с двухфункциональной обмоткой, наружный ротор с разрезными полюсами 1 которого непосредственно соединяется с системой штанг или с помощью промежуточного троса [3]. Неподвижный статор 2 набран из стальных листов — «зубцов» 4, замкнутых продольными пакетами 5, и снабжен цилиндрическими плоскими катушками 5 и кольцевыми пакетами.

Кинематическая схема привода качалки на основе предлагаемого линейного двигателя имеет на внутренней поверхности статора и наружной поверхности вращающегося ротора асинхронной машины с кольцами выполнена нарезка (рис. 3).

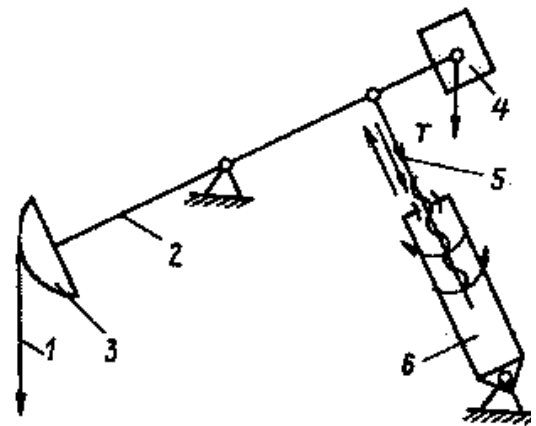


Рис.3. Кинематическая схема привода качалки

Сравнительное рассмотрение различных типов безредукторного электропривода для значительных возвратно-поступательных движений средней мощности проведем на примере привода станка-качалки 4СК-3-1,2 с максимальным значением усилия в 3 тонны ($3 \cdot 10^4$ Н) при ходе 1,2 метра и числе качаний 5-15 в минуту. Расчет ведется для 10 качаний в минуту, т. е. для средней скорости

$$v = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 10}{60} = 0,4 \text{ м/с};$$
 в качестве расчетной величины 2-1,2-10 принимаем $v = 0,5 \text{ м/с}$. При максимальном усилии $F = 3 \cdot 10^4$ Н имеем максимальную мощность $P_{max} = 15 \text{ кВт}$. Следует отметить, что у штатного станка-качалки установленная мощность двигателя меньше (7,0 кВт) и приводимые результаты расчетов безредукторного электропривода дают значительный запас мощности.

Анализ

Научные исследования, посвященные анализу и синтезу привода штанговых скважинных насосных установок проводились за рубежом [1-2]. В данной работе сделан упор на полученные автором технические решения [3÷6]

Основное уравнение движения ротора линейного двигателя с системой штанг имеет вид

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

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 $|d^2x/dt^2| = const$

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: $\eta \cdot \cos\phi < 0,1$. 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)	$\frac{t_p}{t_{xx}}, c$	P2, 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.

Заклучение

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 $m'_{ред} = 486$ кг/кВт с удельной массой рекомендуемого безредукторного привода $m'_{б,р} = 160$ 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. Шишляников Д.И., Рыбин А.А. Оценка нагруженности балансирных 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

ANSYS MAXWELL DASTURI YORDAMIDA 4A100S8/6/4 TIPIDAGI UCH TEZLIKLI ASINXRON MOTORNI LOYIHALASH

Magdiyev H.G.

Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston.

Doi: 10.5281/zenodo.17338994

- ANNOTATSIYA** Ushbu maqolada ANSYS Maxwell dasturi yordamida 4A100S4Y3 tipidagi bir tezlikli elektr motorga qutblar nisbati 8/6/4 bo'lgan qutblar soni o'zgaruvchan chulg'amni kelib tushgan: 09.07.2025
Ko'rib chiqilgan: 14.07.2025
Qabul qilingan: 28.07.2025
Chop etilgan: 10.10.2025
- KALIT SO'ZLAR** ANSYS Maxwell dasturi, elektr yuritma, uch tezlikli elektr motor, qutblar soni o'zgaruvchan chulg'am, magnit induksiya.

Kirish

Hozirgi kunda ANSYS Maxwell dasturi elektromagnit maydonlarni hisoblash va tahlil qilish uchun mo'ljallangan professional dasturiy paket bo'lib, u elektr mashinalari, transformatorlar, va boshqa elektromexanik qurilmalarni loyihalashda keng qo'llaniladi.

Sanoatning ko'pgina tarmoqlarida elektr yuritma ish rejimlari o'zgaruvchan bo'ladi. Bunday elektr yuritma motorlarini ko'p tezlikli qilib loyihalash iqtisodiy va energiya tejash nuqtai nazaridan oqilona usullardan biri hisoblanadi. Ushbu maqolada ANSYS Maxwell dasturi yordamida 4A100S4Y3 tipidagi bir tezlikli elektr motorga qutblar nisbati 8/6/4 bo'lgan qutblar soni o'zgaruvchan chulg'amni qo'llagan holda loyihalash masalasi ko'rib chiqiladi.

Standart magnit o'tkazgichga ega bo'lgan bir tezlikli motorlar asosida uch tezlikli motorlarni loyihalash muammosini hal qilish bir necha bosqichlarda amalga oshiriladi [5].

1. Qutblar soni o'zgaruvchan chulg'am ratsional sxemasini tanlash.

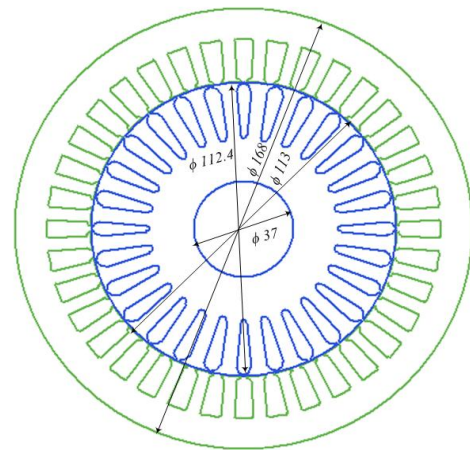
2. G'altakdagi o'ramlar sonini aniqlash.

3. G'altakdagi o'tkazgichning (sim) ko'ndalang kesim yuzasini hisoblash.

4. Magnit o'tkazgichning hisobini tekshirish.

Ventilyator qurilmasi yurish qismi elektr motorining magnit o'tkazgichi asosida qutblar nisbati 8/6/4 bo'lgan, stator pazlari soni 36 bo'lgan yangi qutblar soni o'zgaruvchan motor ishlab chiqildi. Quyida keltiriladigan 1-rasmda 4A100S8/6/4Y3 tipidagi asinxron elektr motorining qirqim ko'rinishi va 1-jadvalda geometrik o'lchamlari ko'rsatilgan.

Har qanday nisbatdagi chulg'am sxemasini tanlashning asosiy shartlaridan biri bu - bir qutb tomonning havo oralig'idagi magnit induksiyasini boshqa qutb tomondagi magnit induksiyaga nisbatini qiymati bilan hisoblanadi [4,5].



1-rasm. 4A100S8/6/4 elektr motorining qirqim ko'rinishi.

1-jadval

Asinxron motorining geometrik o'lchamlari

Stator tashqi diametri	$D_{\text{tashqi}} = 168 \text{ mm}$
Stator ichki diametri	$D_{\text{ichki}} = 113 \text{ mm}$
Stator paketi diametri	$l_{\text{st}} = 110 \text{ mm}$
Stator pazlar soni	$Z_1 = 36$
Rotor pazlar soni	$Z_2 = 28$
Valning tashqi diametri	$D_{\text{tashqi}} = 112.4 \text{ mm}$
Valning ichki diametri	$D_{\text{ichki}} = 37 \text{ mm}$

Magnit o'tkazgichni tekshirish hisobi QSO'CH ikkala qutb tomon hosil qiladigan magnit oqimlarni taqqoslash yoki pazdagi effektiv o'ramlar sonini taqqoslash bilan boshlanadi. Havo oralig'idagi magnit induksiya [7]:

$$B_{\delta} = \frac{p \cdot \Phi}{D \cdot l_{\delta}} \quad (1)$$

bu yerda, D - statorning ichki diametri, m; l_{δ} - statorning uzunligi, m.

Stator va rotor tishlaridagi magnit induksiya:

$$B_{z_1} = \frac{B_{\delta} \cdot t_1}{b_{z_1} \cdot k_{s_1}} \quad (2)$$

$$B_{z_2} = \frac{B_{\delta} \cdot t_2}{b_{z_2} \cdot k_{s_2}} \quad (3)$$

bu yerda, t_1, t_2 - stator va rotorning tishlari oralig'i; b_{z_1}, b_{z_2} - stator va rotor tishlarining kengligi; k_{s_1}, k_{s_2} - stator va rotorni po'lat bilan to'ldirish koeffitsiyenti[6].

Stator va rotorning yarmosidagi magnit induksiya

$$B_a = \frac{\Phi}{2h_a \cdot l_{\delta_1} \cdot k_{c_1}} \quad (4)$$

$$B_j = \frac{\Phi}{2h_j \cdot l_{\delta_2} \cdot k_{c_2}} \quad (5)$$

bu yerda, h_a - stator yarmosining balandligi; h_j - rotor yarmosining balandligi.

$B_{z_1}, B_{z_2}, B_a, B_j$, magnit induksiyalarning hisobiy qiymatlari ruxsat etilgan qiymat bilan taqqoslanadi[3].

Shu bilan birga ventilyator qurilmasi yurish qismi elektr motorlari uchun turli diametrdagi o'tkazgichlar uchun mumkin bo'lgan variantlari ko'rib chiqilib, pazdagi o'ramlar soni o'zgartirildi (2-jadval).

2-jadval

Chulg'am o'tkazgichi diametrini tanlash

Parametrlar	Qutblar soni p											
	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
d, mm	0,51	0,56	0,51	0,51	0,56	0,51	0,51	0,56	0,51	0,51	0,56	0,51
S _p	64	51	64	60	51	60	55	51	55	70	51	70
n _{эл}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
k _{то1}	0,46	0,22	0,46	0,43	0,22	0,43	0,39	0,22	0,39	0,5	0,22	0,5
P, kW	1,7	0,9	0,71	1,7	0,9	0,71	1,7	0,9	0,71	1,7	0,9	0,71
I, A	3,5	3,1	2,14	3,49	3,1	2,23	3,57	3,1	2,44	3,6	3,1	2,14
cosφ	0,9	0,64	0,73	0,89	0,64	0,7	0,86	0,64	0,65	0,91	0,64	0,76
η, %	80	67	68	82	67	68	83	67	66	78	67	65
j, A/mm ²	8,5	12,1	10,4	8,5	12,1	10,8	8,7	12,1	11,9	8,76	12,1	10,4
B _δ , Tl	0,47	0,65	0,49	0,51	0,65	0,53	0,56	0,65	0,59	0,42	0,65	0,43
w	384	306	256	360	306	240	330	306	220	420	306	280

Mavjud 4A100S8/6/4Uz tipidagi ko'p tezlikli motorning havo oralig'idagi magnit induksiyaning eng yuqori qiymati ikki tezlikli tomonda $B_{\delta}=0,5$ Tl ni va bir tezlikli tomonda $B_{\delta}=0,67$ Tl ni tashkil etganligi uchun loyihalana yotgan uch tezlikli elektr motorni induksiyasi ham yuqoridagi qiymatga yaqin bo'lishi shart. Ushbu holatda toklarni qiymati ruxsat etilgan oraliqda va elektr motor yuqori energetik ko'rsatkichlarga ega.

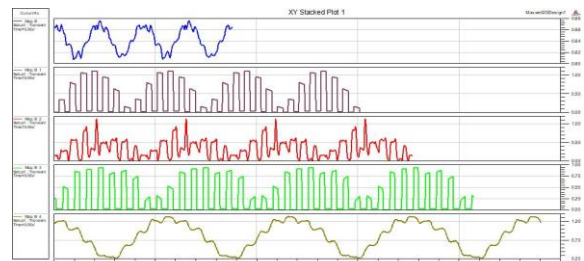
Pazdagi o'tkazgichlar soni mos ravishda 750 ayl/min va 1500 ayl/min tezlik uchun $S_p=55$ va 1000 ayl/min tezlik uchun $S_p=51$ bo'lganda o'tkazgich

diametrlari ham mos ravishda $d=0,51$ mm va $d=0,56$ mm, elementar o'tkazgichlar soni $n_{el}=1$ bo'lgan holatda havo oralig'idagi magnit induksiyaning qiymati nisbatan yuqori (mos ravishda 750 ayl/min va 1500 ayl/min tezlik uchun ham $B_{\delta}=0,53$ Tl va 1000 ayl/min tezlik uchun $B_{\delta}=0,65$ Tl ga va teng), lekin stator tishlaridagi magnit induksiyaning qiymati ruxsat etilgan qiymatdan ortib ketganligi uchun magnit o'zak to'yinishga sabab bo'ladi, natijada elektr motorning energetik ko'rsatkichlari, ya'ni quvvat koeffitsiyentlari yuqori tezlik uchun $\cos\phi=0,89$, past tezlik uchun $\cos\phi=0,7$ gacha pasayib ketishini, tokning zichligi esa mos ravishda yuqori tezlik uchun $J=8,5$ A/mm², past tezlik uchun $J=10,8$ A/mm² oshishini ko'rish mumkin.

Yuqorida keltirilgan variantlardan ventilyator qurilmasining yurish qismi elektr motori uchun pazdagi o'ramlar soni 750 ayl/min va 1500 ayl/min tezlik uchun $S_p=64$, o'tkazgich diametri $d=0,51$ mm va 1000 ayl/min tezlik uchun $S_p=51$ elementar o'tkazgichlar soni $n_{el}=1$ bo'lgan variantni tanlash maqsadga muvofiq.

Tahlil

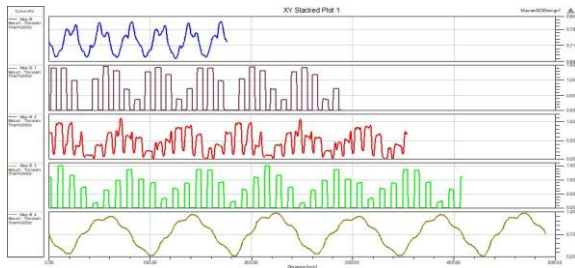
Shu bilan birga elektromagnit maydonlarni modellashtirish bo'yicha yetakchi dasturiy ta'minotlardan biri bo'lgan ANSYS Maxwell dasturi yordamida uch tezlikli 4A100S8/6/4Uz elektr motor loyihalandi. ANSYS Maxwell dasturi yordamida uch tezlikli 4A100S8/6/4Uz elektr motorni modellashtirish uchun motorning geometrik o'lchamlaridan foydalanilgan holda uning grafik modeli qurildi. Quyida 2÷4-raslarda uchta qutb tomon uchun stator tishlaridagi (B_{z_1}), havo oralig'idagi (B_{δ}), rotor tishlaridagi (B_{z_2}) va stator yarmosidagi, (B_a) magnit induksiyaning motor diametrining aylanasining uzunligi bo'yicha o'zgarishi keltirilgan.



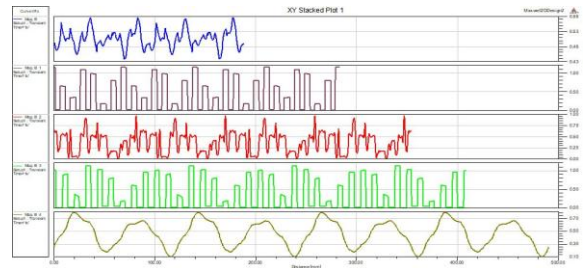
2-rasm. p₁=2 tomon uchun magnit induksiyalarni o'zgarish grafiqi

Har bir qutb uchun stator va rotorning tishlari va yarmosidagi magnit induksiyasini alohida aniqlaymiz. 3-jadvalda 4A100S8/6/4 uch tezlikli elektr motorning magnit induksiya qiymatlari ANSYS Maxwell dasturida va hisobiy yo'l bilan qiymatlari olindi hamda ruxsat etilgan qiymatlar bilan taqqoslangan [2,3].

Ushbu 3-jadvalda taqqoslash natijalarini ko'rishimiz mumkin.



3-rasm. $p_1=3$ tomon uchun magnit induksiyalarni o'zgarish grafigi

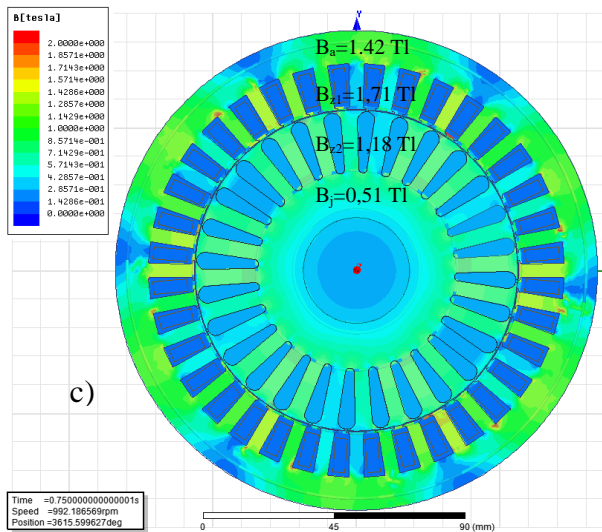


4-rasm. $p_1=4$ tomon uchun magnit induksiyalarni o'zgarish grafigi

3-jadval

4A100S8/6/4 elektr motorini stator va rotor magnit induksiyasi

Parametrlar	$2p_1=4$			$2p_2=6$			$2p_3=8$		
	Ruxsat etil. qiymat	Maxwell	Hisob qiymat	Ruxsat etil. qiymat	Maxwell	Hisob qiymat	Ruxsat etil. qiymat	Maxwell	Hisob qiymat
Stator tishining magnit induksiyasi, Tl	1,75-1,95	1,63	1,61	1,75-1,95	1,71	1,69	1,75-1,95	1,68	1,62
Rotor tishining magnit induksiyasi, Tl	1,6-1,9	1,21	1,19	1,6-1,9	1,18	1,21	1,6-1,9	1,41	1,38
Stator yarmosining magnit induksiyasi, Tl	1,4-1,6	1,31	1,27	1,4-1,6	1,42	1,43	1,1-1,2	0,82	0,87
Rotor yarmosining magnit induksiyasi, Tl	$\leq 1,2$	0,42	0,45	$\leq 1,2$	0,51	0,48	≤ 1	0,27	0,3
Havo oralig'idagi magnit induksiya, Tl	0,65-0,7	0,58	0,54	0,65-0,7	0,6	0,63	0,8-0,85	0,64	0,61



5-rasm. Magnit induksiya tarqalish shakli

Taqqoslash natijasidan shu ma'lum bo'ldiki, magnit induksiya ANSYS Maxwell dasturida

olingan qiymatlari hisobiy yo'l bilan olingan qiymatlarga o'zaro mos keladi, hamda ushbu motor uchun magnit induksiya ruxsat etilgan qiymatlaridan oshib ketmaydi.

ANSYS Maxwell RMxprt vositasidan foydalanib, 2D va 3D o'lchamlarini qurish rejimlaridan foydalanish mumkin. Ushbu rejimlardan foydalangan holda stator va rotorning magnit tizimidagi maydon kuch chiziqlarining tarqalishi, elektr motorning alohida qismlaridagi harorat va h.k. parametrlarni ko'rib chiqish mumkin[1].

5-rasmda $p_1=3$ va qutb tomon uchun magnit induksiya tarqalish shakli ko'rsatilgan. Maydon shaklining tasviridan ko'rish mumkinki, ushbu asinxron motorning po'lat o'zining kesim yuzasida magnit induksiyaning tarqalishi ruxsat etilgan qiymat (norma) bo'yicha mos keladi. Magnit induksiyaning maksimal qiymati $p=3$ tomon uchun stator tishdagi induksiya hisoblanib, uning qiymati 1,71 Tl ga teng bo'lib (5-rasm), ruxsat etilgan qiymatdan (1,75-1,95 Tl) yuqori bo'lmagan.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРЕХСКОРОСТНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ТИПА 4A100S8/6/4 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ ANSYS MAXWELL

Магдиев Х.Г.

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан.

АННОТАЦИЯ

Получено:
09.07.2025

В данной статье рассматривается проектирование трёхскоростного двигателя с использованием полюсопереключаемой обмоткой с соотношением полюсов 8/6/4 для односкоростного электродвигателя типа 4A100S4Y3 с использованием

Пересмотрено: программы ANSYS Maxwell. При этом рассматривались возможные варианты проводников различного диаметра для электродвигателя, а также изменялось количество обмоток в пазе. Разработана графическая модель электродвигателя в программе ANSYS Maxwell и проведено сравнение магнитных индукций в ней с расчётными. Сравнение показало, что значения магнитной индукции, полученные в программе ANSYS Maxwell, согласуются со значениями, полученными расчётным путём, и не превышают допустимых значений магнитной индукции для данного двигателя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА Программа ANSYS Maxwell, электропривод, трехскоростной электродвигатель, полюсопереключаемая обмотка, магнитная индукция.

DESIGN OF A THREE-SPEED ASYNCHRONOUS MOTOR TYPE 4A100C8/6/4 USING ANSYS MAXWELL PROGRAM

Magdiev H.G.

Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT This article discusses the design of a three-speed motor using a pole-changing winding with a pole ratio of 8/6/4 for a single-speed electric motor of the 4A100S4Y3 type using the ANSYS Maxwell program. In this case, possible options for conductors of different diameters for the electric motor were considered, and the number of windings in the slot was changed. A graphical model of the electric motor was developed in the ANSYS Maxwell program and a comparison of magnetic inductions in it with the calculated ones was carried out. The comparison showed that the magnetic induction values obtained in the ANSYS Maxwell program are consistent with the values obtained by calculation and do not exceed the permissible values of magnetic induction for this motor.

Received: 09.07.2025
Revised: 14.07.2025
Accepted: 28.07.2025
Published: 10.10.2025

KEYWORDS ANSYS Maxwell program, electric drive, three-speed electric motor, pole-changing winding, magnetic induction.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Ansys Maxwell 3D V.15 - Electromagnetic and Electromechanical Analysis: user's guide/ Ansys Inc. – Pittsburgh, 2012. –1006 p.
2. Pirmatov N.B., Mustafakulova G.N., Maxmadiev G.M. Asinxron motorlarni layihalash. O'quv qo'llanma, - T.: ToshDTU, 2013. -95 b.
3. Копылов И. П. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / под. ред. И. П. Копылова - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. - 767 с. ISBN 978-5-9916-0904-3.
4. Емелин А.А. Энергосберегающий многоскоростной электропривод осевых вентиляторов ВО-Ф-7,1А систем микроклимата птицеводческих помещений: Дис... канд. техн. наук. - зерноград, 1999. -123 с.
5. Бобожанов М.К. Электрические машины с полюсопереключаемыми, обмотками, используемые в целях энерго- и-ресурсосбережения. Под редакцией проф. Х.Г. Каримова «Фан ва технологиялар марказининг босмахонаси», - Ташкент, 2012. - 179 с.
6. HAGER, J.: Über Wellenspannungen bei Induktionsmotoren mit Dahlanderwicklung, Universität Hannover, Dissertation, 1996.
7. Ванурин В.Н., Жидченко Т.В. .Анализ схем обмоток многоскоростных электродвигателей для привода вентиляторных установок // Совершенствование процессов и технических средств в АПК. - зерноград 2000. -С.81.87.

Information about authors:

Magdiev Hayotullo – *PhD, associate professor, Department of Thermodynamics and Energy Audit, Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan*
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0478-8582>, e-mail: zhmagdiyev@gmail.com

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СБОЕВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ МЕХАНИЗМАХ ВСЛЕДСТВИЕ ПЕРЕГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ, НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Товбоев А.Н., Тогаев И.Б.

Навоийский государственный горно – технологический университет, Навои, Узбекистан

Doi: 10.5281/zenodo.17339035

АННОТАЦИЯ

Получено:
16.07.2025
Пересмотрено:
21.07.2025
Пересмотрено:
05.08.2025
Опубликовано:
10.10.2025

В данной работе настоящее исследование направлено на всесторонний анализ причин перегрузок электроприводов, классификацию возникающих нарушений, а также выявление их влияния на качественные показатели электрической энергии, включая напряжение, частоту, симметрию фаз и коэффициент мощности. В настоящее время, при увеличении глубины добычи, увеличение расстояния транспортировки приводит к увеличению эксплуатационных расходов на систему электропривода конвейера. Кроме того, система электропривода транспортировки угля работает с большим количеством устройств, параметры, которых необходимо оптимизировать. В современных условиях эксплуатации горнодобывающих предприятий особое внимание уделяется надежности и энергоэффективности систем электроприводов, применяемых в транспортировке угля. Увеличение глубины добычи и протяжённости транспортных линий приводит к росту механических и электрических нагрузок на приводные установки, что обуславливает необходимость детального анализа причин их перегрузок. Перегрузки могут возникать вследствие неравномерного распределения нагрузки между приводами, колебаний питающего напряжения, а также из-за износа механических узлов. Эти факторы оказывают прямое влияние на параметры качества электрической энергии, включая стабильность напряжения, частоту, симметрию фаз и коэффициент мощности. Несоответствие данных показателей нормативам приводит к снижению общей эффективности системы и увеличению эксплуатационных расходов. Поэтому актуальной задачей является разработка методов диагностики и классификации нарушений, а также оптимизация параметров электроприводов с учётом специфики работы много приводных конвейерных систем, что позволит повысить их надёжность и снизить энергозатраты.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электропривод, перегрузка, технологические нарушения, конвейерные механизмы, качество электрической энергии, переходные процессы, гармоники, симметрия фаз, снижение надёжности, промышленные энергосистемы.

Введение

В существующие установки электропривода конвейера с частотными преобразователями требуют улучшения системы управления с целью повышения качества регулирования для обеспечения экономии энергии, плавной и бесшумной работы конвейера, повышения его надежности и безопасности, минимизации времени и затрат на его ремонт. Опыт работы с ленточными конвейерами показал, что для повышения эффективности использования энергетических систем ленточных и роликовых конвейеров наиболее эффективным является использование частотно-регулируемого электропривода. В преобразователе частоты, показанном на рисунке 1 и 2 конденсатор большой емкости C_1 является важным компонентом в промежуточном звене.

Он обходимым для выравнивания пульсаций напряжения на выходе выпрямителя, а также является накопителем энергии при работе двигателя в режиме генератора [1, 2].

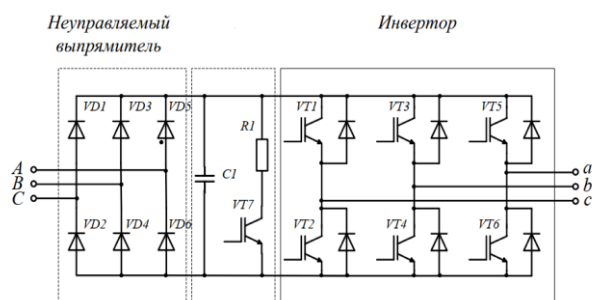


Рис. 1. Преобразователь с диодным выпрямителем

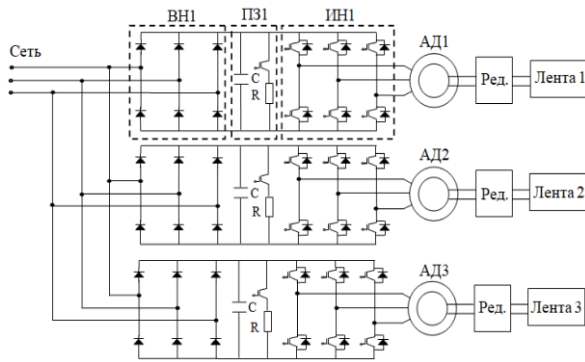


Рис. 2. Схема электропривода с диодным выпрямителем: ВН₁ – выпрямитель напряжения; ПЗ₁ – промежуточное звено постоянного напряжения; ИН₁ – инвертор напряжения; АД₁, АД₂, АД₃ – асинхронный двигатель; Ред – редуктор

Наличие высших гармоник тока и напряжения влияет на работу электрооборудования в сети. Следовательно, они являются причиной, которая существенно ограничивает использование ПЧ на практике. Полупроводниковая электроника имеет нелинейные характеристики. Они являются причиной появления гармонических несинусоидальных токов в сетях питания и вызывают потери напряжения в элементах сети [3, 4].

Высшие гармоники тока и напряжения снижают энергоэффективность и надежность работы электрооборудования сети. Однако, пассивные фильтры не могут полностью компенсировать все высшие гармоники из-за параметров сопротивлений реакторов и конденсаторов, поскольку они могут быть настроены только на компенсацию определенного выбранного спектра высших гармоник (рис.3).

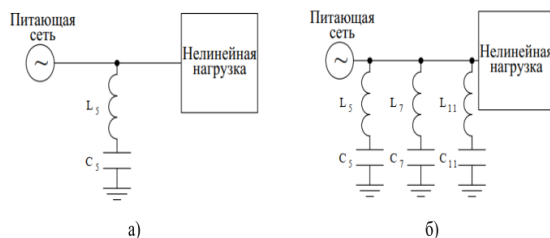


Рис. 3. Структура пассивного фильтра с заданием компенсации:
а) – 5-й гармоники; б) – 5-й, 7-й, 11-й гармоник

В активного фильтра гармоник электроэнергии может компенсировать большинство гармонических составляющих и реактивную мощность, потребляемые от питающей сети. Параллельный активный фильтр подключается параллельно нелинейной нагрузке

и в точке подключения к сети может полностью компенсировать весь спектр высших гармоник тока, в результате будет формировать ток, наиболее близкий к синусоидальному (рис.4а) [5, 6].

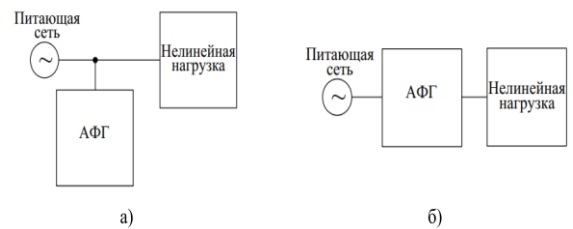


Рис. 4. Структурная схема активного фильтра гармоник электроэнергии:
а) параллельный; б) последовательный

Последовательный активный фильтра гармоник электроэнергии подключается последовательно с нелинейной нагрузке и в точке подключения к сети может полностью компенсировать высших гармоник напряжения, а также колебаний, провалов, скачков и несимметрию напряжения сети (рис.4б).

Для преобразователей с активными выпрямителями, управляемыми методом широтно-импульсной модуляции, близкий к 1 как показано на рисунке 5.

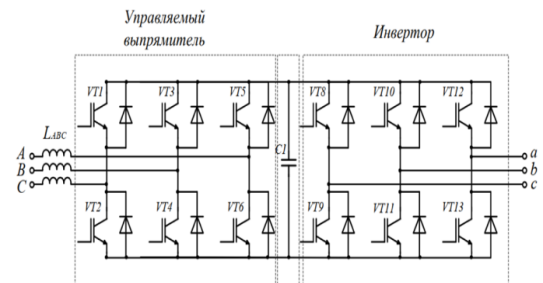


Рис. 5. Преобразователь с активным выпрямителем

Пассивные и активные фильтрокомпенсирующие устройства (пассивные и активные ФКУ) выполняют компенсацию высших гармоники и реактивной мощности в сети. На рисунке 6 приведена классификация фильтро компенсирующих устройств.

Проведен анализ основных технических средств и решений по компенсации высших гармоник тока и напряжения, включая схемные решения рационального построения распределительной сети с нелинейной нагрузкой, применение анти резонансных дросселей в цепи конденсаторных установок, пассивные, активные и гибридные фильтр компенсирующие устройства. Рассмотрена классификация фильтр компенсирующих устройств исходя из их структуры, методов управления и способа подключения к компенсируемой сети.

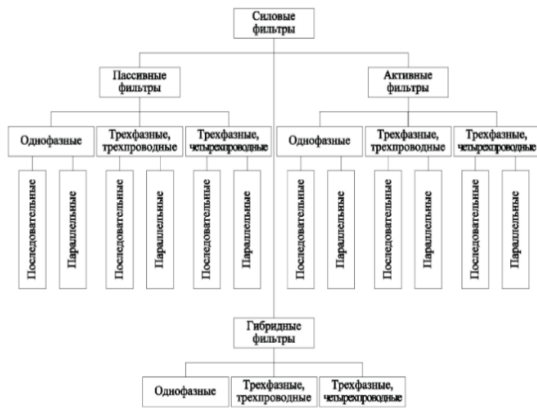


Рис. 6. Классификация фильтров компенсирующих устройств

Разработан обобщенный алгоритм анализа и моделирования несинусоидальных режимов для обоснованного выбора технического средства или решения по повышению качества электроэнергии для условий промышленных систем электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками.

Нагрузка промышленных предприятий изменяется в широких пределах в течение суток или в течение сезона. Соответственно происходит и ступенчатое регулирование мощности конденсаторных батарей.

Поэтому следует иметь в виду, что даже при отсутствии резонанса на полной мощности батареи резонансные явления могут иметь место на одной из ее ступеней. Также компенсирующие устройства могут быть установлены на разных уровнях напряжений электросети, что связано с определением оптимальной мощности конденсаторов и места их установки на предприятии с целью минимизации потерь электроэнергии и напряжения от протекания по элементам ее системы электроснабжения реактивной мощности. «Таким образом, задача компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения с нелинейной нагрузкой

должна решаться с учетом допустимой перегрузки конденсаторов токами высших гармоник при суточном регулировании мощности батареи, схемы распределения компенсирующих устройств на разных уровнях напряжения электросети и выполнения требований к качеству напряжения». Таким образом, установлено, что практически невозможно избежать токовой перегрузки конденсаторов при наличии высших гармоник в сети, поскольку в системах электроснабжения промышленных предприятий применяют ступенчатые регулируемые конденсаторные установки, на ступенях которых может быть получен резонансный режим. Рекомендации применения технических средств и значения амплитуд высших гармоник тока выпрямителя (табл.2.)

Для рассматриваемых режимов в таблице 3 сведены значения гармонических составляющих напряжения сети с указанием суммарного коэффициента не синусоидальности напряжения THDU %.

**Таблица 1
Рекомендации применения технических средств и решения подавления гармоник для низковольтной схемы**

Мощность нелинейной нагрузки	Рекомендации для применения технического средства или решения
$P_d^* < 0.15$	Конденсаторы без фильтров
$0.15 < P_d^* < 0.25$	Конденсаторы повышенного напряжения при отсутствии фильтров
$0.25 < P_d^* < 0.6$	Конденсаторы повышенного напряжения при наличии антирезонансных дросселей или пассивных фильтров
$P_d^* > 0.6$	Активные или гибридные фильтры

**Таблица 2.
Значения амплитуд высших гармоник тока выпрямителя**

Режимы		Резонансный режим на 11 гармонике		Резонансный режим на 13 гармонике		Межрезонансный режим между 7 и 11 гармониками	
Параметры сети		$P_d^*=0,3, Q_k^*=0,15, S_n^*=0,4$		$P_d^*=0,3, Q_k^*=0,11, S_n^*=0,4$		$P_d^*=0,3, Q_k^*=0,12, S_n^*=0,4$	
n	Частота, Гц	Амплитуда гармоник тока		Амплитуда гармоник тока		Амплитуда гармоник тока	
		A	о.е	A	о.е	A	о.е
1	50	623.7	1	619.7	1	633.3	1
5	250	111.7	0.179	104	0.168	126.5	0.2
7	350	70.8	0.114	61.6	0.099	90.2	0.142
11	550	28.7	0.046	24	0.039	57.1	0.09
13	650	16	0.026	21.3	0.034	48.2	0.076
17	850	3	0.005	29.3	0.047	36.6	0.058
19	950	9.7	0.016	33.2	0.054	32.6	0.051

23	1150	20.1	0.032	37.6	0.06	26.6	0.042
25	1250	24	0.038	38.1	0.062	24.4	0.038
29	1450	29.8	0.048	36.7	0.059	20.7	0.033
31	1550	31.8	0.051	35.1	0.057	19.2	0.03
35	1750	14.4	0.055	31	0.05	16.8	0.026
37	1850	35	0.056	28.6	0.046	15.7	0.025

Амплитуды гармоник тока конденсаторной батарее, значения суммарного тока через конденсаторы и коэффициент KOVL для межрезонансных и резонансных режимов системы

электроснабжения приведены. Разложение в ряд Фурье фазного тока конденсаторной батареи в (таб. 3).

Таблица 3.

Значения амплитуд высших гармоник напряжения сети

Режимы		Резонансный режим на 11 гармонике		Межрезонансный режим между 11 и 13 гармониками		Меж резонансный режим между 7 и 11 гармониками	
Параметры сети		$P_d^*=0,3, Q_k^*=0,15, S_n^*=0,4$		$P_d^*=0,3, Q_k^*=0,13, S_n^*=0,4$		$P_d^*=0,3, Q_k^*=0,25, S_n^*=0,4$	
n	Частота Гц	Амплитуды гармоник напряжения		Амплитуды гармоник напряжения		Амплитуды гармоник напряжения	
		В	о.е	В	о.е	В	о.е
1	50	320.6	1	320.2	1	322.1	1
5	250	5.5	0.017	6.4	0.02	8.1	0.025
7	350	5.9	0.019	8	0.025	16.1	0.05
11	550	48.8	0.152	30.8	0.096	7.4	0.023
13	650	6.3	0.02	29.6	0.093	3.7	0.011
17	850	2.9	0.009	4.9	0.015	1.5	0.005
19	950	2.5	0.008	3.2	0.01	1.1	0.003
23	1150	1.9	0.006	1.7	0.005	0.6	0.002
25	1250	1.7	0.005	1.3	0.004	0.5	0.001
29	1450	1.2	0.004	0.8	0.003	0.3	0.001
31	1550	1	0.003	0.7	0.002	0.2	0.001
35	1750	0.7	0.002	0.5	0.001	0.1	>0.001
37	1850	0.5	0.002	0.4	0.001	0.1	>0.001
THD_U %		15.6		13.8		6.2	

Заключения

Выполнено моделирование системы многодвигательного электропривода конвейера с активным выпрямителем с алгоритмом прямого управления мощностью выпрямителя. Разработано решение выбора таблиц переключения ключей (ТПК2) для оптимизации метода прямого управления мощностью выпрямителя для обеспечения высокого коэффициента мощности и низких гармонических искажений тока сети в системе электропривода конвейеров. В методе прямого управления мощностью активного выпрямителя влияние таблиц переключения очень велико на характеристики тока на входе выпрямителя. В процессе выбора состояния вектора напряжения

это приведет к изменению активной и реактивной мощности непосредственно на входе выпрямителя. Перспективным подходом к улучшению режима работы метода прямого управления мощностью является использование таблиц переключения ключей для выбора оптимального вектора управляющего напряжения. Повышена эффективность метода прямого управления мощностью активного выпрямителя путем анализа нескольких таблиц коммутации напряжения для выбора оптимального управляющего напряжения. В результате гармоническое искажение тока на входе выпрямителя уменьшается (THDI% = 0,46).

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL FAILURES OCCURRING IN HOISTING CONVEYOR MECHANISMS DUE TO ELECTRIC DRIVE OVERLOADS ON THE QUALITY OF ELECTRIC POWER

A.N.Tovboev, I.B.Togaev

Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

ABSTRACT

Received:
16.07.2025

Revised:
21.07.2025

Accepted:
05.08.2025

Published:
10.10.2025

This scientific work examines the key causes of power quality deterioration in In this work, the present study is aimed at a comprehensive analysis of the causes of electric drive overloads, the classification of the resulting faults, as well as the identification of their impact on the quality indicators of electric power, including voltage, frequency, phase symmetry, and power factor. Currently, with the increasing depth of mining, the extension of transportation distances leads to higher operational costs for the conveyor electric drive system. In addition, the electric drive system for coal transportation operates with a large number of devices, whose parameters require optimization. Under modern operating conditions of mining enterprises, particular attention is paid to the reliability and energy efficiency of electric drive systems used in coal transportation. The increase in mining depth and the length of transportation lines leads to higher mechanical and electrical loads on the drive units, necessitating a detailed analysis of the causes of their overloads. Overloads can occur due to uneven load distribution among drives, fluctuations in supply voltage, as well as wear of mechanical components. These factors have a direct effect on electric power quality parameters, including voltage stability, frequency, phase symmetry, and power factor. Deviations of these indicators from the standards result in a decrease in the overall system efficiency and an increase in operating costs. Therefore, a pressing task is the development of methods for diagnosing and classifying faults, as well as optimizing electric drive parameters, taking into account the specific operating conditions of multi-drive conveyor systems, which will enhance their reliability and reduce energy consumption.

KEY WORDS

Electric drive, overload, technological disturbances, conveyor mechanisms, electric power quality, transient processes, harmonics, phase symmetry, reliability degradation, industrial power systems..

ELEKTR YURITMALARNING ORTIQCHA YUKLANISHI NATIJASIDA YUK KO'TARUVCHI KONVEYER MEXANIZMLARIDA YUZAGA KELADIGAN TEXNOLOGIK BUZILISHLARNING ELEKTR ENERGIYASI SIFATIGA TA'SIRINI BAHOLASH

A.N.Tovboev, I.B.Togaev

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O'zbekiston

ANNOTASIYA

Kelib tushgan:
16.07.2025

Ko'rib chiqilgan:
21.07.2025

Qabul qilingan:
05.08.2025

Chop etilgan:
10.10.2025

Ushbu maqolada elektr yuritmalarining ortiqcha yuklanish sabablari, yuzaga keladigan buzilishlarni tasniflash hamda ularning elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlariga — kuchlanish, chastota, fazalar simmetriyasi va quvvat koeffitsiyentiga ta'sirini aniqlash bo'yicha keng qamrovli tahlil amalga oshiriladi. Hozirgi vaqtda yuk ko'taruvchi mexanizmlarning ortishi transport masofasining uzayishiga olib kelib, konveyer elektr yuritma tizimining ekspluatatsion xarajatlarini oshirmoqda. Bundan tashqari, ruda tashish uchun mo'ljallangan elektr yuritma tizimi ko'plab qurilmalar bilan ishlaydi va ularning parametrlarini optimallashtirish zarur. Zamonaviy konchilik korxonalarida elektr yuritma tizimlarining ishonchligi va energiya samaradorligiga alohida e'tibor qaratiladi. Transport liniyalari uzunligining ortishi yuritma agregatlaridagi mexanik va elektr yuklamalarning oshishiga sabab bo'lib, ularning ortiqcha yuklanish sabablarini batafsil tahlil qilishni taqozo etadi. Ortiqcha yuklanishlar yuritmalar o'rtasida yuklamaning notekis taqsimlanishi, ta'minlovchi kuchlanishning tebranishlari, shuningdek, mexanik qismlarning yoyilishi tufayli yuzaga kelishi mumkin. Ushbu omillar elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlariga — kuchlanish barqarorligi, chastota, fazalar simmetriyasi va quvvat koeffitsienti — bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ushbu ko'rsatkichlarning me'yorlardan chetlanishi tizimning umumiy samaradorligini pasaytiradi va ekspluatatsion

xarajatlarni oshiradi. Shu bois, ko'p yuritmaga ega konveyer tizimlari ishining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda nosozliklarni diagnostika qilish va tasniflash usullarini ishlab chiqish hamda elektr yuritma parametrlarini optimallashtirish dolzarb vazifa bo'lib, bu ularning ishonchligini oshirish va energiya sarfini kamaytirishga imkon beradi.

KALIT SO'ZLAR

Elektr yuritma, ortiqcha yuklanish, texnologik buzilishlar, konveyer mexanizmlari, elektr energiyasi sifati, o'tkinchi jarayonlar, garmonikalar, fazalar simmetriyasi, ishonchlikning pasayishi, sanoat energiya tizimlari.

Библиографический список

1. Tovbaev A.N., Mardonov D.Sh., Mamatazimov A.X., Samatova S.S. Analysis of subharmonic oscillations in multi-phase ferroresonance circuits using a mathematical model// Apitech III 2021. Journal of Physics: Conference Series 2094 (2021) 052048 IOP Publishing.
2. Tog'ayev I.B., Tursunova A.A., Eshmirzayev M.A. Monitoring of overhead power lines.// Problems and scientific solutions. Vol.6, Issue 4, 2022 Australia, Melbourne. 267-271pt.
3. Dorosinsky, A.Yu. Algorithms and methods for determining the error of means simulating electrical signals of sine-cosine rotating transformers / Dorosinsky A.Yu.// XXI century: results of the past and problems of the present: scientific. Penza State Technical University, 2012. No. 6. pp. 42-46.
4. Baldenko D.F., Baldenko F. D., Gnoev A.N. Screw downhole engines (Reference manual). M.: Nedra, 1999. 375 p.
5. Milovzorov G.V. Analysis of instrumental errors of inclinometric devices. – Ufa, ed. "Gilem", 1997. 184 pp
6. Safronov V.A. Theory and practice of using angle sensors based on sine-cosine rotating transformers. Components and Technologies Magazine, Moscow, 2014, №.4. pp.58-62.

Information about authors:

Tovboev Akram Nurmonovich	–	<i>DSc, Acting Professor of the "Energy" Department, Navoi State Mining and Technological University, 210100, Uzbekistan, Navoi city, Galaba Str. 76B. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2677-6977, e-mail: tovboyev70@mail.ru.</i>
Togaev Islom Bekpulat ogli	–	<i>Assistant of the "Electric Power Engineering" Department, Navoi State Mining and Technological University, 210100, Uzbekistan, Navoi city, Galaba St.76B ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4481-874X, e-mail: togaev.islom@mail.ru.</i>

МУНДАРИЖА/ОГЛАВЛЕНИЕ

КОНЧИЛИК МАШИНАЛАРИ ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ

Ш.А.Махмудов Влияние состояния забоя и горно-климатических факторов на производительность карьерных экскаваторов.....	3
--	---

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ВА МЕТАЛЛУРГИЯ

К.С. Санакулов, Д.К. Исмаилов Технологические аспекты переработки окисленных серебряносодержащих руд.....	10
--	----

С.Т. Маткаримов, С.К. Носирходжаев, Ш.А. Мухаметджанова, К.Т. Очилдиев, У.А.Акрамов Экспериментальное исследование и методы анализа шлаков медеплавильного производства кислородной плавки.....	16
--	----

Sh.A.Ochilov, A.U.Fatxiddinov, B.A.Gaibnazarov, S.M.Raimkulova, U.R.Gazibekova Development of methods to reduce the scatter of rock fragments during blasting operations in quarries.....	20
--	----

Ш.А.Мухаметджанова, С.Т.Маткаримов, С.К.Носирходжаев, К.Т.Очилдиев, А.М.Сайназаров Исследование основных факторов, влияющих на потери меди со шлаками в процессах кислородной плавки.....	25
--	----

Ш.А.Очиллов Повышение эффективности буровзрывных работ на нижних горизонтах карьеров с учетом технико-геологических и энергетических параметров.....	29
---	----

М.Б. Нурпеисова, К.Т. Менайков, А.А.Токтаров, О.Байтурбай А.Т. Низамова Применение современных технологий в обеспечении экологической безопасности природных ресурсов.....	33
---	----

ГЕОЛОГИЯ-ҚИДИРУВ ВА НЕФТЬ-ГАЗ МАШИНАЛАРИ

М.И. Shadiyev Geologiya-qidiruv ishlarida xavfsizlik va mehnat muhofazasini ta'minlash: zamonaviy yondashuv va istiqbollari.....	41
---	----

ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОРЛИК ВА АВТОМАТЛАШТИРИШ

N.B.Pirmatov, A.E.Bekishev, N.A.Kurbanov, A.B.Imomnazarov Muqobil gibrid manbalar asosida qo'zg'atiladigan energetik qurilmani modellashtirish asosida energetik parametrlarini optimallashtirish orqali ish samaradorligini oshirish (amu-qashqadaryo havza boshqarmasi huzuridagi do'stlik 1,2,3 nasos stansiyasi misolida).....	45
---	----

А.И.Анарбаев Сравнительное рассмотрение альтернативных решений создания низкоскоростного электропривода станков-качалок штанговых скважинных насосных установок.....	50
---	----

Н.Г'.Magdiyev Ansys maxwell dasturi yordamida 4a100s8/6/4 tipidagi uch tezlikli asinxron motorni loyihalash.....	54
---	----

А.Н.Товбоев, И.Б.Тогаев Оценка влияния технологических сбоев, возникающих в грузоподъемных конвейерных механизмах вследствие перегрузки электроприводов, на качество электрической энергии.....	58
--	----

Мундарижа/Оглавление	64
-----------------------------------	----