

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/04.06.2021.Т.06.02  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ**

**ҚУРБОНОВ ОЙБЕК МУХАММАТҚУЛОВИЧ**

**ЭНЕРГИЯ- ВА РЕСУРСТЕЖАМҚОР ТЕХНИК ЕЧИМЛАР  
ИШЛАБ ЧИҚИШ АСОСИДА НАСОС УСКУНАЛАРИНИНГ  
ЭКСПЛУАТАЦИОН САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

**04.00.10 – Геотехнология (очик, ер ости ва қурилиш);  
04.00.16 – Кончилик машиналари**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Навоий – 2022**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
техническим наукам**

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
of technical sciences**

**Қурбонов Ойбек Муҳамматқулович**

Энергия- ва ресурстежамкор техник ечимлар ишлаб чиқиш асосида насос  
ускуналарининг эксплуатацион самарадорлигини ошириш.....3

**Қурбонов Ойбек Муҳамматқулович**

Повышение эксплуатационной эффективности насосных установок на  
основе разработки энерго- и ресурсосберегающих технических решений.....21

**Kurbonov Oybek Muhammatkulovich**

Improving the operational efficiency of pumping units through the development  
of energy- and resource-saving technical solutions.....39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....43

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/04.06.2021.Т.06.02  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ**

**ҚУРБОНОВ ОЙБЕК МУХАММАТҚУЛОВИЧ**

**ЭНЕРГИЯ- ВА РЕСУРСТЕЖАМҚОР ТЕХНИК ЕЧИМЛАР  
ИШЛАБ ЧИҚИШ АСОСИДА НАСОС УСКУНАЛАРИНИНГ  
ЭКСПЛУАТАЦИОН САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

**04.00.10 – Геотехнология (очик, ер ости ва қурилиш);  
04.00.16 – Кончилик машиналари**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Навоий – 2022**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2021.3.PhD/Т1549 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Навоий давлат кончилик институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.ndki.uz](http://www.ndki.uz)) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Махмудов Азамат Махмудович**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Алиқулов Шухрат Шарофович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Райханова Галия Елеубаевна**  
техника фанлари номзоди

**Етақчи ташкилот:**

**«Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ**

Диссертация химояси Навоий давлат кончилик институти ҳузуридаги DSc.17/04.06.2021.Т.06.02 рақамли илмий кенгашнинг 2022 йил 27 январ соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Махмуд Таробий кўчаси, 72-уй. Навоий давлат кончилик институтининг мажлислар зали. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz)).

Диссертация билан Навоий давлат кончилик институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (83 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Махмуд Таробий кўчаси, 72-уй, Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

Диссертация автореферати 2022 йил 14 январ куни тарқатилди.  
(2022 йил 14 январдаги 40 рақамли реестр баённомаси)



  
**И.Т.Мислибаев**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
раиси, т.ф.д., профессор

  
**Ш.Ш. Заиров**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
илмий котиби, т.ф.д., профессор

  
**Н.А. Абдуазизов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
кошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., доцент

## **КИРИШ (фалсафа фанлари доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда уранни қазиб олишнинг ҳозирги босқичида саноатининг ҳолати иш шароитларининг аста-секин мураккаблашуви ва ресурс базасининг ёмонлашиши, кон-металлургия корхоналарининг активлари таркибида қийин ишланувчи захиралар улушининг ошиши тенденцияси билан тавсифланади. Натижада конларнинг мураккаблашуви шароитида уран-таркибли рудаларни қазиб олиш технологияси самарадорлигини ошириш масалаларини ҳал этиш алоҳида аҳамият касб этади.

Дунёда уран рудали конларини ўзлаштиришнинг ҳозирги мураккаб босқичида геотехнологик қудуқлардаги қум ва газ таркибини камайтириш масалаларини қўйиш ва ечиш, насос ускуналарининг эксплуатацион самарадорлигини ошириш, насос иш режимларини тартибга солиш даражасини белгилаш, шунингдек, кончилик корхоналарида уларнинг ишлаши учун энергия ва моддий сарф-харажатларни камайтириш учун захираларни топиш ва улардан фойдаланиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада геотехнологик қудуқларда қум пайдо бўлиши кўпайган шароит учун статистик ахборотларни йиғиш ва қайта ишлаш ва уларнинг ишини экспериментал баҳолаш методикаси такомиллаштириш, энергия ва ресурс тежайдиган техник ечимларни ишлаб чиқиш асосида насос ускуналарининг эксплуатацион самарадорлигини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда кончилик корхоналарида уранли рудаларни қазиб олишда энергия ва моддий сарф-харажатларни камайтириш учун захираларни топиш ва улардан фойдаланиш, уран таркибли руда конларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш билан ўзлаштириш ва чўкма насос ускуналарининг ишлаш самарадорлигини ошириш, энергия сарфини камайтириш мақсадида насос ускуналарининг режим параметрларини моделлаштириш, уран рудаси конларида энергия ва ресурс тежайдиган инновацион технологияларни жорий этиш бўйича илғор илмий чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг фармонида<sup>1</sup> «ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш, принципиал жиҳатдан янги технология турларини ўзлаштириш, энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш...» каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда, кон қазиш ишлари самарадорлигини ошириш, тайёр маҳсулот таннархини пасайтириш ва йиллик ишлаб чиқариш қувватини оширилишига эришиш вазифаларининг бажаришига қаратилган тадқиқотлар катта илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони // Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами. – Т., 2017. – 103 б.

4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги ва 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707-сон «Ишлаб чиқаришни структуравий қайта тузиш, модернизациялаш ва диверсификациялашни таъминлаш бўйича 2015-2019 йилларга мўлжалланган чора-тадбирлар дастури» тўғрисидаги Фармонлари ва 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг Республика илм-фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиясини ривожлантиришнинг VII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хомашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Рудали ва норуда фойдали қазилма конларини физик-кимёвий усуллар билан ўзлаштириш назарияси ва амалиётини ривожланишига Аренс В.Ж., Бондаренко В.А., Каплан Л.С., Истомин В.П., Калабин А.И., Кучерский Н.И., Ласкорин Б.Н., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Маркелов С.В., Мазуркевич А.П., Носиров У.Ф., Небер В.Н., Осмоловский И.С., Раимжанов Б.Р., Санакулов К.С., Саттаров Г.С., Толстов Е.А., Сарачева Д.А., Schechter S.P., Bommer M., Suat Bagci, Murat Kece, Jocsiris Nava ва бошқалар катта ҳисса қўшишган, улар томонидан геотехнологик конларидаги фойдали компонентни самарали ажратиш олишда катта натижаларга эришилган. Бироқ, бугунги кунда Қизилқум геотехнологик ҳудудида ишлайдиган корхоналарда қум ҳодисаларини бартараф этиш, насос қурилмалари билан жиҳозланган технологик қудуқларда тикин ҳосил бўлишини олдини олиш муаммолари тўлиқ ўрганилмаган.

Шу муносабат билан кончилик саноати учун муҳим бўлган ер остида танлаб эритмага ўтказиш технологиясини самарадорлигини ва энергия ва ресурс тежайдиган техник ечимларни ишлаб чиқиш асосида насос ускуналарининг эксплуатацион самарадорлигини ошириш зарурияти юзага келади ва бу йўналишда кейинги тадқиқотларни давом эттириш лозим.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институти илмий-тадқиқот режасининг №БА-А-13-015 «Уранны ер остида танлаб эритмага ўтказишда маҳаллий эритмалардан фойдаланиб технологик режимни ишлаб чиқиш»; «Суст ўтказувчи водород уран рудаларининг қазиб олиш технологиясини яратиш» ва «Сувга кам тўйинган водород уран конларини қазиб олиш технологиясини яратиш» мавзуларидаги амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** насос ускуналарининг эксплуатацион самарадорлигини оширишда иш тартибини бошқариш ва қум ҳодисаларининг асосий насос элементларига салбий таъсирини камайтириш усулини ишлаб

чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

уран таркибли руда конларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш билан ўзлаштириш ва чўкма насос ускуналарининг ишлаш самарадорлигини ошириш соҳасидаги илмий ишлар натижаларини таҳлил қилиш;

Қизилқум минтақасидаги уран таркибли руда конларини ўзлаштириш учун кон-технологик шарт-шароитларни ўрганиш, қазиб олиш мураккабликлари ва геотехнологик қудуқларда қум пайдо бўлиш сабабларини ўрганиш;

қудуқларда қум пайдо бўлиши шароитида насос ускуналарининг иш режимини тартибга солиш усулларининг тартиб олинаётган эритмалар хоссалари билан ўзаро боғлиқлигини ўрганиш;

эксплуатация шароитида энергия сарфини камайтириш мақсадида насос ускуналарининг режим параметрларини моделлаштириш;

насос ускуналарининг асосий элементларига қум ҳодисаларининг зарарли таъсирини камайтиришга қўмаклашувчи техник ечимларни ишлаб чиқиш;

ўрнатиш ва ечиб олиш ишларига сарфланадиган вақтни қисқартирадиган техник ечимларни ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида марказдан қочма чўкма насос ускунаси билан жиҳозланган геотехнологик қудуқ олинган.

**Тадқиқот предмети**ни марказдан қочма чўкма насос агрегатларида энергия ва ресурс тежамкорлигини таъминловчи иш режимини тартибга солиш усуллари ва техник ечимлари ташкил этади.

**Тадқиқот усуллари.** Диссертация иши давомида тадқиқотларнинг комплекс ёндашуви қабул қилинди: полигон ва саноат шароитларида назарий, хронометраж ва экспериментал тадқиқотлар; тизимни таҳлил қилиш усуллари; физик ва математик моделлаштириш; ўхшашлик назарияси, кўп сонлар назарияси, машина ва механизмларнинг ишончлилиги назариясидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

эритма сўриб олинандиган қудуқлардаги аралашмада қумланиш ҳодисасининг пайдо бўлишининг қудуқ ва қатлам тоғ жинсларининг майдон деформацион барқарорлигига боғлиқлик қонунияти ўрнатилган бўлиб, у эса дефект бўйича алоҳида участкаларга бўлинишини ва статистик усуллар ва эҳтимоллар назарияси билан аниқланадиган қаттиқ жисмлар мустақамлиги статик назариясининг энг заиф қисми Вейбулл тарқалиши қонунияти билан аниқланиши ишлаб чиқилган;

технологик қудуқлар ҳолатини ва насос ускуналарининг иш бажариш қобилиятини баҳолаш мезонлари, ҳамда насос агрегатининг иш режими модели маҳсулдор эритмадаги қумнинг миқдори ва унинг хусусиятларига боғлиқ эканлиги аниқланган;

насос ускуналарининг асосий элементларига қумланишнинг зарарли таъсирини камайтириш учун техник ечим ишлаб чиқилган, шунингдек насос агрегатларининг эксплуатацияси жараёнида энергия сарфларини камайтиришни таъминлайдиган, унга қум кириш жараёнинин бошқариш ҳисобига насос агрегатининг оптимал иш режими асосланган;

насос ускуналарини ўрнатиш ва ечиб олиш ишларига сарфланадиган вақтни қисқартиришни ва мувофиқ равишда меҳнат ва моддий харажатларни камайтириш ҳисобига ресурс тежамкорликни таъминлайдиган техник ечим ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

эритма сўриб олинадиган қудуқларда қум ҳодисалари юзага келиши жараёнида насос ускуналарининг оптимал иш параметрларини аниқлаш услубиёти ишлаб чиқилган;

насос ускуналари самарадорлигини ошириш учун чўкма насос билан жиҳозланган геотехнологик қудуқларда қум ва газ чиқишига қарши кураш усули ва қурилмаси ишлаб чиқилган;

насос қурилмасининг, унинг ишида ресурс тежаш имконини берувчи, қудуқ узунлиги бўйлаб аниқ ўрнатишни механизациялашнинг техник ечими учун насос ўрнатилишининг чуқурлигини ўлчаш учун қурилма ишлаб чиқилган;

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** шундан иборатки, диссертация ишида кўриб чиқилган илмий янгиликлар ва хулосалар илгари бажарилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижалари билан келишувчанлиги билан тасдиқланган. Тажриба натижаларининг ишончлилиги замонавий воситалар ва стандарт ўлчаш методлари ҳамда материалларга статистик ишлов бериш усуллари ёрдамида ўлчашлар орқали таъминланган. Ишда олинган тажриба ва экспериментал натижаларнинг ишончлилиги ижобий натижалар билан исботланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти насос ускуналарининг ишлаш қобилиятини аниқлашга имкон берадиган махсус модуллар ёрдамида уларнинг элементларининг техник ҳолатини тадқиқ этиш ва маҳсулдор ҳайдаладиган эритмаларнинг юқори даражадаги қумоқлиги, машиналар ресурсининг қолдиқ баҳоланиши, ер остида танлаб эритмага ўтказиш технологиясида насос ускуналари эксплуатацияси самарадорлигини ошириш бўйича бошқарув қарорларининг қабул қилиниши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти насос қурилмасининг оптимал иш параметрларини танлаш бўйича техник ечимлар ишлаб чиқиш ва қўллаш, насосларнинг қолдиқ муддати қийматини аниқлаш ва тахмин қилиш, юқори қумланиш шароитида ускуналарнинг ишдан чиқиши ва уларнинг максимал иш вақтини ошириш учун усул ва қурилма ишлаб чиқиш ва қудуқнинг узунлиги бўйлаб насос қурилмасини аниқ ўрнатиш чуқурлигини ўлчашга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Насос ускуналарини ишлатиш самарадорлигини ошириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ботирилган насос билан жиҳозланган геотехнологик скважиналарда газланиш ва қумланишга қарши усул ва қурилмага Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан ихтиро патенти олинган (№ IAP 06089, 2019 й.). Натижада, қумланиш ва газланишга қарши қурилма насос ускуналарининг асосий элементларининг эскиришини камайтириш ва уларни

таъмирлашдан олдинги иш муддатини, ва мувофиқ равишда чўкма насоснинг фойдаланиш коэффициенти ва ишончлилигини ошириш имконини берган;

чўкма насосларнинг ўрнатилган чуқурлигини ўлчовчи қурилмага Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан фойдали моделга патент олинган (№FAP 01574, 2020 й.). Натижада, чўкма насосларни ўрнатиш чуқурлигини ўлчаш учун қурилмадан фойдаланиш, насос қурилмасини ўрнатиш чуқурлигини ўлчашнинг аниқлигини ошириш ва кудук операцияларини бажаришда насос ишини бошқариш имконини берган;

геотехнологик кудукларда қумланиш ва газланишга қарши қурилмаси Навоий кон-металлургия комбинати Жанубий кон бошқармасида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 2 августдаги 02-06-07/7723-сон маълумотномаси). Натижада, чўкма насос ускунасининг эксплуатацион самарадорлигини 5-7%га ошириш имконини берган;

чўкма насосларни ўрнатиш чуқурлигини ўлчаш учун қурилма Навоий кон-металлургия комбинати Жанубий кон бошқармасида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 2 августдаги 02-06-07/7723-сон маълумотномаси). Натижада, чўкма насос ускунасини ўрнатиш ва ечиб олишдаги тайёргарлик ишлари учун вақт ва меҳнат сарфини амалдаги усулга қараганда камайтириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларини апробацияси.** Мазкур тадқиқотнинг натижалари 4 та халқаро илмий-амалий анжуманларда апробациядан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иши чоп этилган, шулардан, 1 та Ўзбекистон Республикаси ихтиро учун патенти, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 6 та мақола, жумладан, 3 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 119 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги асосланган, муаммонинг ўрганилганлик даражаси баён этилган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети аниқланган, тадқиқот ишининг фан ва технологияларни ривожлантиришнинг муҳим йўналишларига мослиги кўрсатилган ҳамда тадқиқотнинг илмий янгилиги, натижаларнинг ишончлилиги, назарий ва амалий аҳамияти, натижаларнинг амалиётга жорий этилиши, эълон қилинганлиги, ишнинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Марказдан қочирма насос ускуналарининг ишлаш самарадорлигини ошириш бўйича илмий тадқиқотлар ва кон корхоналари фаолияти тажриба натижаларини таҳлил қилиш**» деб номланган биринчи

бобида уран таркибли руда конларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш ва чўкма насос ускуналарининг ишлаш самарадорлигини ошириш соҳасидаги илмий тадқиқотлар натижаларини таҳлил қилиш натижалари келтирилган.

Қизилқум минтақасидаги уран таркибли руда конлари экзоген-эпигенетик рудалар ҳосил бўлиш турига мансуб бўлиб, морфологик тузилишнинг мураккаблигига, геохимёвий тўсиқнинг маълум кетма-кетлигида рудалар ҳосил бўлиш тамойилига кўра синфлар белгиланган.

Маҳсулдор қатламнинг геологик ва гидродинамик параметрларини аниқлашнинг тизимлаштирилган, умумлаштирилган схемаси уран таркибли рудаларни ер остида танлаб эритмага ўтказиш (ЕОТЭЎ) технологиясини танлаш ва «Учқудуқ туридаги» руда конларини геологик ва морфологик турларини ажратиш, ЕОТЭЎ технологияси ва усулларини танлаш имконини беради.

Қум пайдо бўлишини олдиндан башоратлаш ва унга қарши кураш усулларини ишлаб чиқиш вазифасини ҳал қилиш учун уларнинг келиб чиқиш сабабларини ва ривожланиш механизмларини «келиб чиқиш-пайдо бўлиш – ривожланиш» ҳаётий циклининг босқичлари бўйича ўрганиш тизими қабул қилинди.

Тадқиқотларда технологик қудуқларнинг қазилма қовлаб олинадиган қисмида маҳсулдор эритманинг асосий қисми филтрланадиган ёриқлар чизиғи бўйлаб сув ўтказувчи каналлар ҳосил бўлиши ва бунинг натижасида қумтошларнинг емирилиши селектив характерга эга эканлиги аниқланди.

Уран таркибли рудаларнинг мураккаб шароитларда ЕОТЭЎ да қазиб олиш учун техника ва технологияларни ишлаб чиқиш бўйича илмий ишларнинг таҳлили қудуқ емирилиши ва қум ҳосил бўлиши сабабларини учта асосий гуруҳга ажратишга имкон беради: геологик (жойланиш хусусиятлари қатлам-қудуқ, литология), технологик (қатламларни очиш ва қудуқларни ишлатиш шартлари) ва техник (қазилма қовлаб олинадиган қисми конструкцияси).

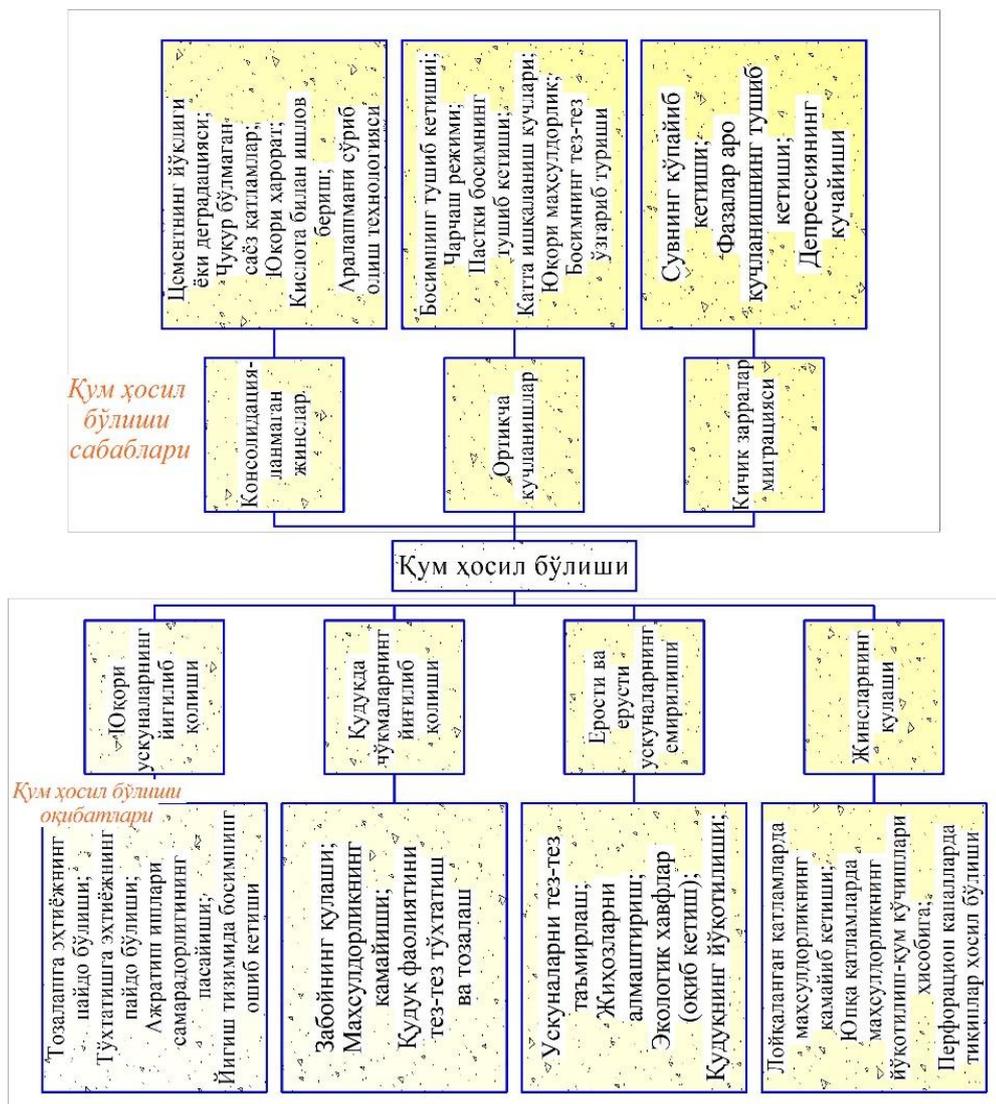
Асоратларнинг таъсир даражасини бундан буён баҳолаш учун биз томонимиздан Қизилқум минтақасининг уран таркибли рудаларини қазиб олиш самарадорлигининг асосий омили сифатида қум ҳосил бўлишининг сабаблари ва оқибатларини тизимлаштирилди, бу 1-расмда акс эттирилди.

«Учқудуқ тури» уран таркибли руда конларида қазиб олиш технологияси радиоактив элемент ва унга алоқадор фойдали қазилмаларнинг горизонтлардаги концентрациясини, литологик таркибини ва маҳсулдор горизонтлардаги жинсларнинг филтрация хусусиятларидаги фаркни аниқлашга асосланган бўлиб, қазиб жараёни экзоген-эпигенетик руда ҳосил бўлишининг тескари цикли бўйича амалга оширилади.

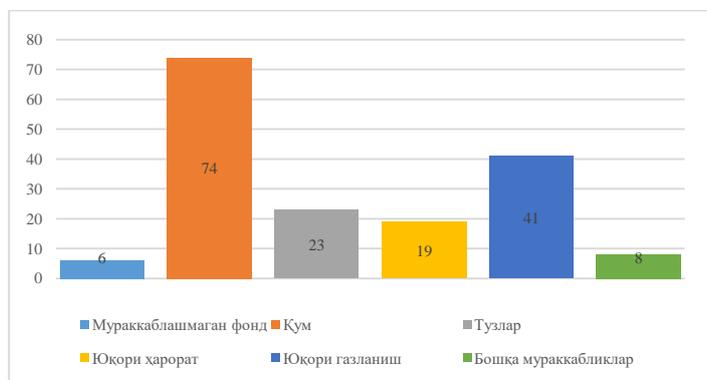
Тадқиқотлар натижасида ЕОТЭЎ конларида марказдан қочма насослардан фойдалишда ҳосил бўладиган мураккаблашувлар тури ва механик аралашмалар ҳажмлари бўйича тақсимланиши аниқланди, бу 2-расмда акс эттирилган.

2а-расмда илмий манбаларда келтирилган маълумотлар ва НКМК конлари қудуқларини механик аралашмаларнинг насос ускунасининг ишлашига таъсири бўйича тажрибанинг таҳлили натижалари келтирилган бўлиб, бу иш асосан 100 мг/л дан ортиқ маҳсулдор эритмаларда қум таркибли механик аралашмаларни

катта миқдорда ҳосил бўлиши билан мураккаблашади, яъни бу асоратлар умумий ҳажмнинг 74% яқинини ташкил этади.



1-расм. Қум ҳосил бўлиши сабаблари ва оқибатларининг умумий схемаси



а)

б)

2-расм. ЕОТЭЎ конларида марказдан қочма насослардан фойдалишда ҳосил бўладиган мураккабланиш тури (2а) ва механик аралашмаларни ҳажм бўйича тақсимланиши (2б)

Бондаренко В. А. услубиёти бўйича диффракцион таҳлил орқали механик аралашмаларнинг умумий сонидаги зарраларнинг улушини 2б-расмда кўрсатилган зарралар ҳосил бўлиш усули бўйича уларнинг синфларга тақсимланишини аниқлаш мумкин.

Амалда, ЕОТЭЎ конлари насос ускуналарини ишлатишда уларнинг иш режимини тартибга солиш муҳим аҳамиятга эга: уни қуйидагича бўлиш мумкин: ташиладиган эритма узатиладиган тизим қаршилигини мажбурий ўзгартириш (дросселлаш); машина (насос) ишчи тавсифларини ўзгартириш ва электр юритма бурчак тезлигини тартибга солиш. Шу билан бирга, энг оқилона йўл насос асинхрон двигатель (АД) тезлигини тартибга солишни электр двигатель ФИК ёмонлаштирувчи ротор занжирида қувватнинг катта йўқотишларисиз таъминловчи частотали бошқариладиган насос ускуналарини ишлаш тартибини бошқариш ҳисобланади.

Шундай қилиб, олиб борилган ишлар натижасида уюмларнинг жинси ва қудуқ жинсларининг фазовий деформацияланиш барқарорлигига боғлиқ ҳолда эритма қудуқларида кум намоён бўлишининг сабаблари ва механизми аниқланган.

Диссертациянинг «**Ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнини, насос ускуналарини ишлаб чиқишда ва ишлаш самарадорлигини оширишда мураккаблашувларни иш тартиби параметрларини бошқариш йўли билан тадқиқ этиш**» деб номланган иккинчи бобида технологик қудуқлар ва насос ускуналари мажмуасини моделлаштириш бўйича назарий тадқиқотлар ва материаллар натижалари келтирилган.

Биз Қизилқум минтақасининг ер остида танлаб эритмага ўтказиш технологиясидаги асосий омиллари ва конларни қазиишдаги асоратларини тизимли ёндашув асосида баҳоладик.

Насоснинг босим хусусиятларини аниқлаш вазифаси билан  $H=f(Q)$  «эритмани сўриб олиш қудуғи - насос ускунаси - қувур тизими» гидродинамик тизимларини математик моделлаштириш учун биз ЕОТЭЎ да гидродинамик тизимнинг математик модели сифатида қабул қилинган айланиш тезлигининг ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги аналитик боғлиқликни танладик:

$$H_{\text{хак}} = A_i Q_{\text{хак}}^2 + KB_i Q_{\text{хак}} + K^2 C_i, \text{ м}, \quad (1)$$

бу ерда  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$  – энг кичик квадратлар усули билан ҳисобланадиган корреляция коэффициентлари;  $K = \frac{n_{\text{хак}}}{n_{\text{ном}}}$  – айланишлар частотаси ўзгариши коэффициентлари;  $n_{\text{хак}}$  ва  $n_{\text{ном}}$  – ҳақиқий ва номинал айланишлар частотаси, айл/мин.

Айланиш тезлигини тартибга солишда насос унумдорлиги, босими ва ФИК ўзгаради, классик ўхшашликлар назариясига мувофиқ унинг хусусиятларини бошқа айланиш частотасига қайта ҳисоблаш формулалари бўйича бир вақтнинг ўзида қуйидаги иккита шартга риоя қилиш орқали оғиш режимлари бўйича ФИК шартли доимийлигида амалга оширилиши мумкин, яъни:

$$\frac{Q_{\text{ном}}}{Q_{\text{хак}}} = \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{хак}}} \quad \text{ва} \quad \frac{H_{\text{ном}}}{H_{\text{хак}}} = \left( \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{хак}}} \right)^2, \quad (2)$$

бу ерда  $Q_{\text{хақ}}$  ва  $Q_{\text{ном}}$  – насос ускунасининг ҳақиқий ва номинал унумдорлиги, м<sup>3</sup>/соат;  $H_{\text{хақ}}$  ва  $H_{\text{ном}}$  насос ускунасининг ҳақиқий ва номинал босими, м.

Насос кириш қисмидаги қум-газ таркибининг қиймати қум ва газнинг унумдорлигини маҳсулдор эритманинг унумдорлигига нисбатан қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$QG = \frac{Q_{\text{кз}}}{Q_{\text{кз}} + Q_{\text{с}}}, \text{ м}^3/\text{кун}, \quad (3)$$

бу ерда  $Q_{\text{кз}}$  – насосга кирадиган қум ва эркин газнинг сарфи, м<sup>3</sup>/кун;  $Q_{\text{с}}$  – насос ускунаси унумдорлиги, м<sup>3</sup>/кун.

Маълумки, қумланиш ва газланишни бартараф этиш насоснинг беқарор ишлаш режимига мос келадиган  $P_1 = P_{\text{нас}}$  шартида содир бўлади, барқарорлик сони қуйидаги формула билан аниқланади:

$$P_1 = \sigma \Delta \rho + P_{\text{нас}}, \text{ Па}, \quad (4)$$

бу ерда  $\sigma$  – насос ускунасининг барқарорлик сони, Па;  $\Delta \rho$  – кўпбосқичли насоснинг биринчи босқичидаги тезлик босими, Па;  $P_{\text{нас}}$  – насос томонидан ҳосил қилинган босим, Па.

Биз танлаган технологик занжир учун: қудуқ, маъдан кони, насосли қудуқ, бошқарув мезони ҳайдайдиган ва тортиб чиқарадиган қудуқлар маъдан конида босим градиентини акс эттирувчи кўрсаткич сифатида танланди, ва босимнинг ўзгариши Дарси қонунига мувофиқ ҳисоблаб чиқилади, у эса бу ифода билан ёзилади:

$$\Delta P_{\text{мк}} = R_{\text{рк}} \cdot Q_{\text{рс}} = P_{\text{хк}} - P_{\text{ск}}, \text{ Па}, \quad (5)$$

бунда  $R_{\text{рк}}$  – руда кони гидравлик қаршилиги;  $Q_{\text{рс}}$  – реагент сарфи, м<sup>3</sup>/соат;  $P_{\text{хк}}$  – эритувчи суюқлик ҳайдаладиган қудуқдаги босим, Па;  $P_{\text{ск}}$  – фойдали аралашма сўриб олинадиган қудуқдаги босим, Па.

Қудуқдаги сатҳ ва танлаб эритмага ўтказувчи эритмалар ва оқими ўзаро боғлиқлигининг асосий тенгламаси технологик қудуқнинг математик модели бўлиб, уни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$W \frac{dH_{\text{хк}}}{dt} = Q_{\text{хк}} - Q_{\text{эс}}, \text{ м}^3/\text{соат}, \quad (6)$$

бунда  $H_{\text{хк}}$  – эритувчи суюқлик ҳайдаладиган қудуқ сатҳ баландлиги, м;  $W$  – эритувчи суюқлик ҳайдаладиган қудуқ ҳажми, м<sup>3</sup>;  $Q_{\text{хк}}$  – эритувчи суюқлик ҳайдаладиган қудуқдаги эритманинг сарфи, м<sup>3</sup>/соат;  $Q_{\text{эс}}$  – мадан конига эритувчи суюқлик ҳайдаладиган қудуқдан келувчи танлаб эритмага ўтказувчи эритманинг сарфи, м<sup>3</sup>/соат.

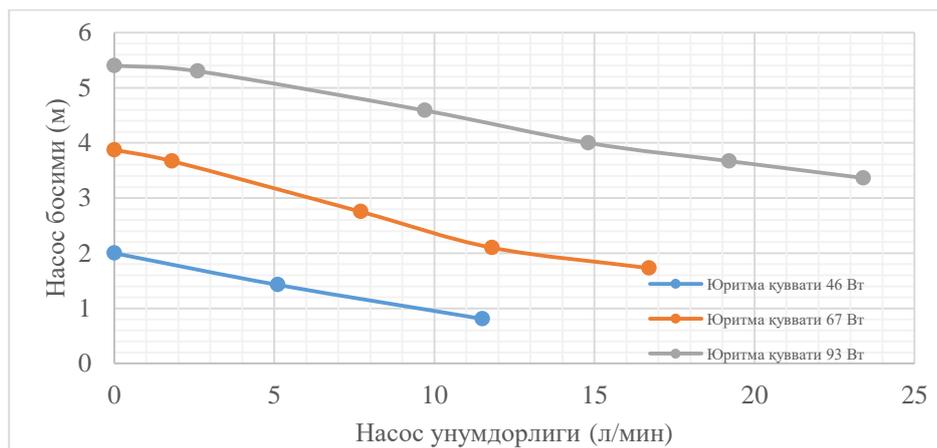
Чўкма насос иш режимининг математик модели насос томонидан яратилган сарф-босим характеристикасига асосланган ва қуйидаги шаклдаги учинчи тартибли полином билан ёзилади:

$$\Delta P_{\text{н}} = a_0 + a_1 Q_{\text{ск}} + a_2 Q_{\text{ск}}^2 + a_3 Q_{\text{ск}}^3, \text{ МПа}, \quad (7)$$

бу ерда  $P_{\text{н}}$  – насос томонидан ҳосил қилинган босим, МПа;  $Q_{\text{ск}}$  – эритма сўриб олинадиган қудуқдаги суюқлик сарфи, м<sup>3</sup>/соат;  $a_0, a_1, a_2, a_3$  – тахминий, яқинлаштирилган коэффициентлар, полином.

Юқорида келтирилган моделларга асосланиб, биз томонимиздан марказдан қочма насос ускунасининг босим тавсифномаси, динамик насослар (СГУ-ДН-5ЛР) гидравлик қурилмаларининг мажмуавий тажриба стендида ўрганилинди. Тадқиқот натижалари 3-расмда келтирилган.

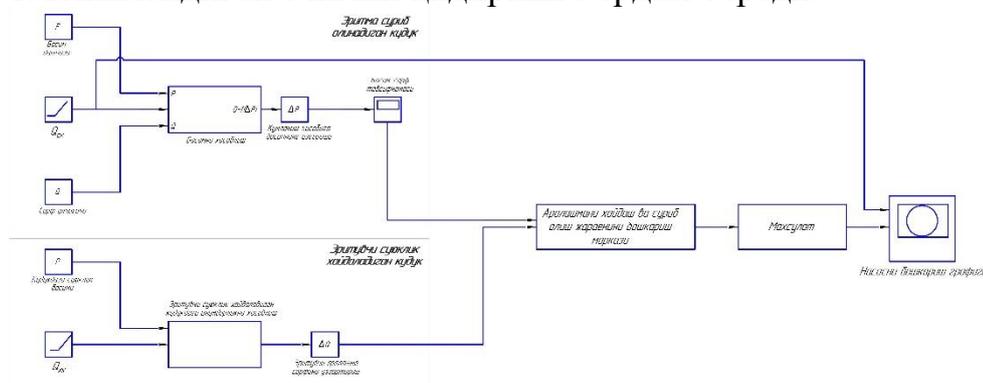
Шундай қилиб, насос қурилмасининг энергия самарадорлигини оширишнинг оптимал усулларидан бири қурилманинг ишчи режимини юритмада қувватни ўзгартирмасдан тартибга солиш, шунингдек уларда қум пайдо бўлиши ва газ таркибини камайтиришга қаратилган техник ечимларни ишлаб чиқиш ва амалга ошириш ҳисобланади.



**3-расм.**  
**Марказдан қочма насос турли қувватларида босим (H) ўзгаришининг унинг унумдорлигига (Q) боғлиқлиги**

Диссертациянинг «ЕОТЭЎ технологиясининг мураккаблашган шароитларда насос ускуналарининг самарадорлигини ошириш бўйича тадқиқотлар ўтказиш услубиётини ишлаб чиқиш» деб номланган учинчи бобида ЕОТЭЎ усули билан уран қазиб олишни бошқариш бўйича ишлаб чиқилган тадқиқот усуллари ва натижаларини, шунингдек насос ускуналарининг иш режимини амалга ошириш тамойиллари берилган.

Биз томонимиздан ер остида урани танлаб эритишнинг технологик жараёнини мақбул бошқариш даражали тизими учун геотехнология параметрларини аниқлаш услубиёти ва ЕОТЭЎ жараёнининг умумий функционал технологик схемаси «қудуқ – маъдан кон – насос қудуғи» ишлаб чиқилди (4-расм), у эса эритманинг максимал маҳсулдорлигини таъминлайдиган ечимни қидиришга ёрдам беради.



**4-расм. ЕОТЭЎ жараёнининг умумлашган функционал технологик схемаси**

Идентификациялаш масаласида эритувчи суюқлик ҳайдаладиган қудуқдаги газ-қаттиқ заррачаларга эга бўлган суюқликда ажратадиган

эритманинг ўзаро таъсири кўриб чиқилади, асосий ўзгарувчан сифатида эритувчи аралашманинг сатҳ баландлиги олинади ва эритма сўриб олинadиган кудукдаги технологик ўзгарувчи эса чўкма насос томонидан яратилган босимнинг ўзгариши ҳисобланади.

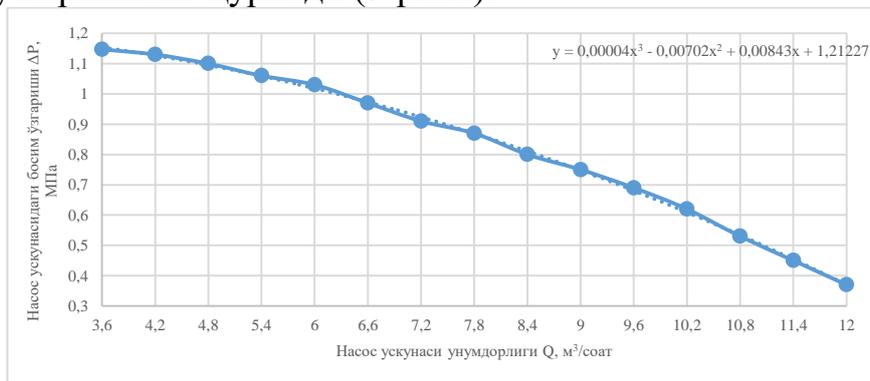
Қум ҳодисаларида кудук насосининг сарф-босими хусусиятларининг ўзгаришини аниқлаш учун насос босимининг ўзгаришининг математик ифодаси бўлган формуладан фойдаланилди:

$$\Delta P = \rho_{сқа} g H_n, \text{ МПа}, \quad (8)$$

бунда  $\rho_{сқа}$  – кудукдаги суюқ-қаттиқ аралашманинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$  ( $\rho_{сқа} = 1450 \text{ кг/м}^3$ );  $g$  – эркин тушиш тезланиши ( $g=9,81 \text{ м/с}^2$ );  $H_n$  – чўкма насоснинг босими, м (паспорт бўйича).

Эритувчи суюқлик ҳайдаладиган ва эритма сўриб олинadиган кудукларнинг тавсифномаларидаги фарқларга асосланиб маъдан конидаги босим ўзгаришини аниқлаш мумкин, у маҳсулдор аралашманинг қум билан қўшилган ҳолда эритма сўриб олинadиган кудук томон ҳаракатининг асосий хусусияти саналади.

ЕОТЭЎ параметрларини тадқиқот қилишнинг функционал тизими ва ЕОТЭЎ комплексининг математик моделига асосан EXCEL дастурий таъминотида қуввати 7,5 кВт бўлган насос параметрларини ҳисоблаш учун юқорида кўрилган аналитик боғлиқликлар олинди ва насос ускунасининг босим ўзгариши  $\Delta P$  қурилди (5-расм).



**5-расм. Эритма сўриб олинadиган кудуклардаги босим ўзгариши (ΔP)**

Натижада кудук насосининг ва эритма сўриб олинadиган кудуклардаги босим ўзгариши аниқланди ва қумланишдаги математик модель тахминий, яқинлаштирилган коэффициентлари аниқланди:  $a_0=1,21227$ ;  $a_1=0,00843$ ;  $a_3=0,00702$ ;  $a_4=0,00004$ .

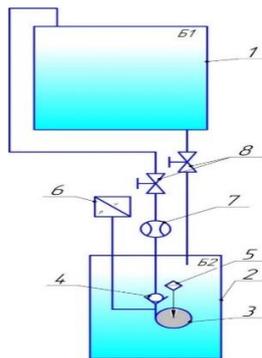
Кўриб чиқиладиган технологик схема учун ҳисоб-китоблар EXCEL дастурий таъминотида амалга оширилди ва рудали жисмдаги босим ўзгаришининг эритма сарфи ва таркибига боғлиқлиги аниқланди. Биз иккита қарама-қарши ҳулосага келдик: эритувчи суюқлик ҳайдаладиган кудукларда босим ортиши скважина унумдорлигини орттиради, аммо аралашма таркибида уран миқдори камаяди, босимнинг пасайиши билан эса кудукларнинг унумдорлиги мутаносиб равишда камаяди, маҳсулдор эритмада уран концентрацияси ошади, лекин эритманинг филтрлаш тезлиги пасаяди ва шунинг натижасида урани танлаб эритиш жараёнининг тезлиги пасаяди.

Шундай қилиб, «кудук – маъданли кон – насос қудуғи» иш режимини

бошқаришнинг даражавий тизимига кўра, маъданли танада босим градиентлари бўйича ва эритма сўриб олинadиган кудуқларда уран концентрацияси максимал даражаси билан амалга оширилади ва ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнининг сифатини таҳлил қилиш асосида реагентларга юкламаларни тақсимлаш ва маҳсулдор эритмалар олиш, насосларнинг ностандарт режимларидан фойдаланиш, шунингдек ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнининг самарадорлигини ошириш бўйича қарорлар қабул қилинади.

Диссертациянинг «Насос ускуналарининг эксплуатацион самарадорлигини ошириш учун энергия-ресурс тежайдиган техник ечимларни ишлаб чиқиш, жорий этиш ва техник-иқтисодий асослаш» деб номланган тўртинчи бобида тажриба ишлари услубиёти ва ЕОТЭЎ конлари технологик жиҳозларининг эксплуатацион кўрсаткичларини яхшилаш учун ишлаб чиқилган техник ечимларни қўллаш натижалари келтирилган.

«Марказдан қочма насослар» (СГУ-ЦНС-012-6ЛР-ПК) янгиланган лаборатория стендининг фарқи шундаки, у қўшимча равишда сув учун биринчи бак (1), сув учун иккинчи бак (2), чўкма насос («Chimp» фирмаси QDX3-20-0.55(Y) маркали) (3), тескари клапан (4), чўкма насос фильтри (5), босим датчиги (6), сарф ўлчагичи (7) ва дросселлар (8) билан жиҳозланган, улар 6 - расмда акс эттирилган.

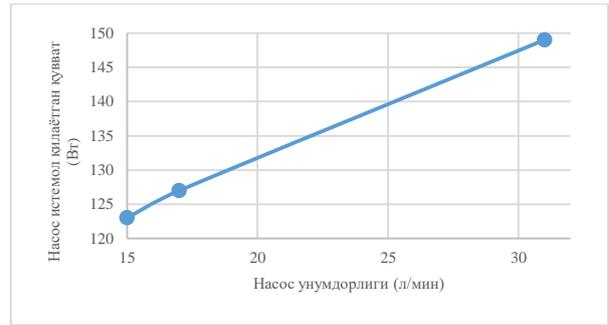
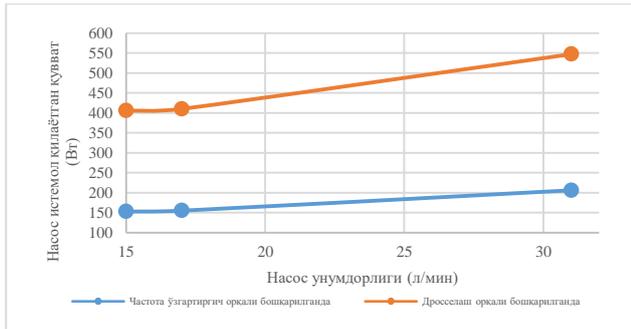


**6-расм. Модернизация қилинган лаборатория стендининг схемаси, тажриба ускунасининг гидрокинематик схемаси ва «Марказдан қочма насослар» СГУ-ЦНС-012-6ЛР-ПК - насос модели**

Дросселлаш ва частотали тартибга солишда кувват истеъмолли қиймати тадқиқотлари натижалари 1-жадвалда умумлаштирилди ва 7- расмда акс эттирилди.

Чўкма насос ускунаси иш режими дастурий бошқариладиган юритманинг айланиш частотаси ўзгаришида ишлаб чиқилган техник ечимлардан фойдаланилганда қуйидагиларга эришилади: дросселли бошқариш билан солиштирганда йил давомида 67 % атрофида электр энергиясини тежаш, шунингдек ускунадан фойдаланиш коэффицентининг ошиши, тасодифий тўхташлар эҳтимолининг камайиши ва бу билан меҳнат хавфсизлигининг ошишига эришилади.

Кон қазиш саноати билан боғлиқ усул ва қурилма ишлаб чиқилди ва улардан кудуқларда пайдо бўладиган қум ва газланишга қарши курашиш учун гидравлик кудуқларда фойдаланиш мумкин.



а)

б)

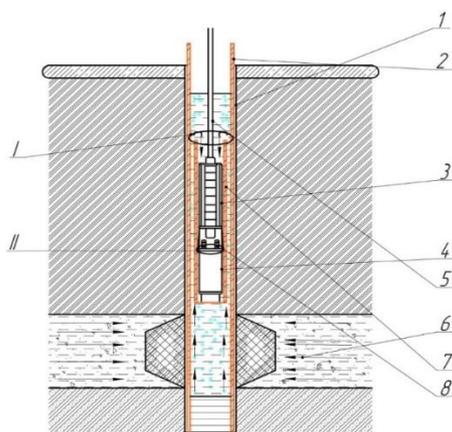
**7-расм. Дросселлаш ва ДЭХМ ёрдамида частотали тартибга солишда қувват истеъмоли қийматининг солиштирма графиги**

1-жадвал

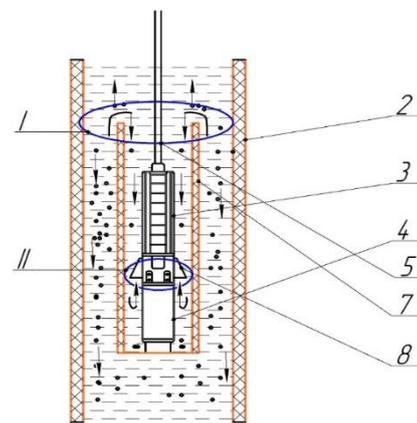
Частотали ўзгартиргич билан режимни бошқариш бўйича тадқиқотлар натижалари

Краннинг очиклик ҳолати	$P_n$ , кПа	$Q_n$ , л/мин.	$N_{эд}$ , Вт
0%	95	15	123
50%	94	17	127
100%	84	31	149

Қурилма икки шаклдаги чизмалар билан тушунтирилади, 8а-расмда чўкма электронасос ускуналари билан жихозланган геотехнологик скважинада қумланиш ва газланишга қарши қурилма кўрсатилган, 8б-расмда ушбу ускунада берилган усул қўлланилган схема кўрсатилган.



а)



б)

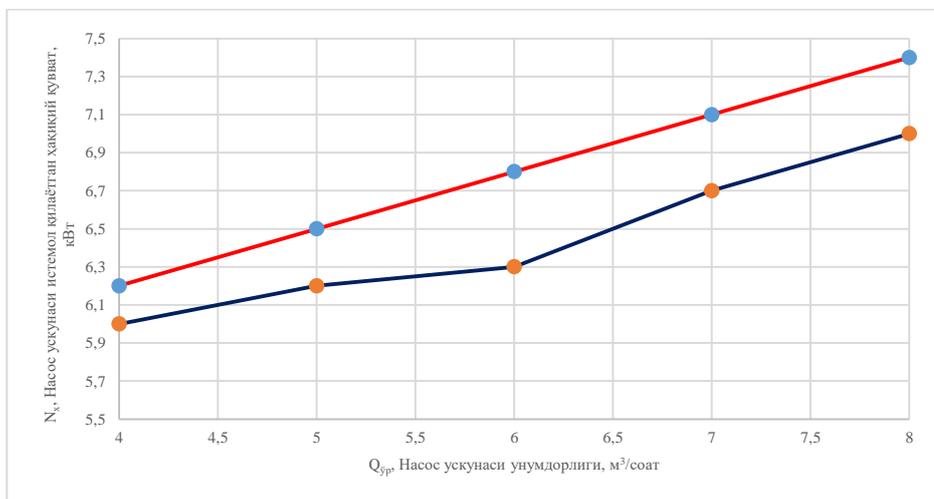
1 – аралашма сўриб олинadиган қудуқ; 2 – мустаҳкамловчи қувури; 3 – насос; 4 – насос двигатели; 5 – эритмани кўтариш қувури; 6 – маҳсулдор қатлам; 7 – бир томони ёпиқ қувур; 8 – оқимни йўналтирувчи қурилма

**8-расм. Геотехнологик қудуқларда қумланиш ва газланишга қарши усул ва қурилмалар**

8б-расмда қурилма ва қаттиқ зарралари бўлган газ-суюқлик аралашмасини урта оқимга ажратиш нуқталари (нуқта I, нуқта II) схемаси кўрсатилади:

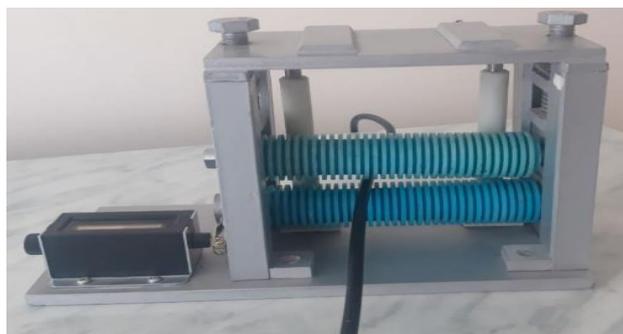
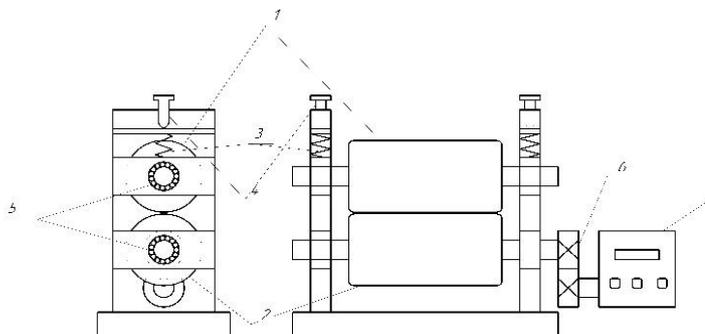
суюқлик ва қаттиқ заррачалар ўз каналларида ҳаракати билан оғирлик кучлари ва гидростатик ҳамда гидродинамик босимлар фарқи комбинацияси туфайли ҳаракат йўналиши 180 ва 145<sup>0</sup>га суюқ аралашма оқимининг йўналиши ўзгариши нуқталари.

Ишлаб чиқилган қурилмаларни синаш бўйича тажриба ишларининг натижалари 9-расмда акс эттирилган.



**9-расм. Қумланишга қарши қурилмани қўллашдан олдин ва кейин насос қурилмасининг ишлаш пайтидаги ҳақиқий қувватнинг унумдорликга боғлиқлиги**

Тадқиқот давомида геометрик ўхшашлик мезонларига мувофиқ қурилманинг физик моделлаштирилиши амалга оширган (10-расм).



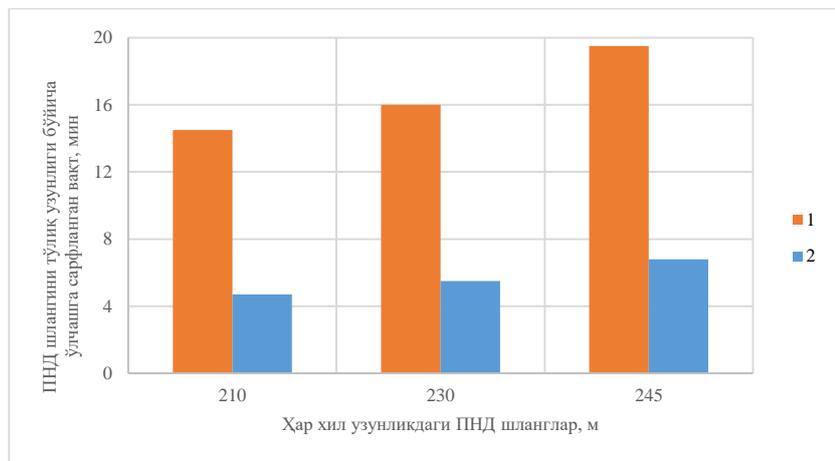
1,2 – ҳаракатланувчи ва қўзғалмас роликлар; 3 – қисувчи пружина;  
4 – мустаҳкамлагич; 5 – подшипниклар; 6 – узатгич; 7 – одометр

**10-расм. Чўкма насосларни ўрнатиш чуқурлигини ўлчаш ускунасининг принцинал схемаси ва физик модели**

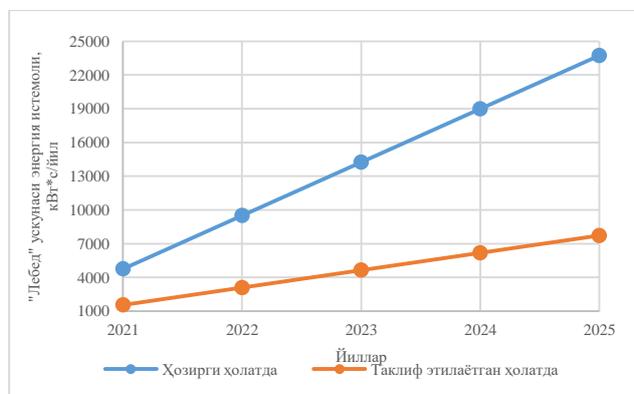
«Лебедь» қурилмаси ёрдамида насос қудуқларида насос қурилмасини ўрнатиш ва ечиб олиш бўйича тайёргарлик ишларига сарфланган вақтни хронометрик ўрганиш натижалари 11-расмда акс этирилган.

Ҳисоб китоблар геотехнологик қудуқларда қумланиш ва газланишга қарши қурилмалар оптимал иш режими, усулини аниқлашдаги ва ЕОТЭЎ технологиясида монтаж-демонтаж вақтида чўкма насос ускунасининг чуқурлигини ўлчаш ускуналари техник ечимларини қўллаш билан амалга

оширилди. Ҳисоблаш натижалари қуйидаги графикларда кўрсатилган (12-расм).



**11-расм. Насос қурилмасини ўрнатиш ва ечиб олиш бўйича тайёргарлик ишларига сарфланган вақтни хронометрик ўрганиш натижалари**



а)

б)

**12-расм. Қумланишга қарши техник ечимни (а) жорий этиш ва насос ускунасини ўрнатиш чуқурлигини ўлчаш (б) энергетик кўрсаткичларининг ўзгариши графиклари**

## ХУЛОСА

«Энергия- ва ресурстежамкор техник ечимлар ишлаб чиқиш асосида насос ускуналарининг эксплуатацион самарадорлигини ошириш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Учқудук тури уран таркибли руда конларда қазиб олиш технологияси радиоактив элемент ва унга алоқадор фойдали минералларнинг горизонтлардаги концентрациясини, литологик таркибини ва маҳсулдор горизонтлардаги жинсларнинг фильтрация хусусиятларидаги фарқни аниқлашга асосланган бўлиб, қазил жараёни экзоген-эпигенетик руда ҳосил бўлишининг тесқари цикли бўйича амалга оширилади.

2. Вейбул статистик назариясининг энг заиф қисм концепцияси билан белгиланадиган, кон жинси ва қудук фазовий деформацион барқарорлигига боғлиқ ҳолда тадқиқотнинг тизимли ёндашуви билан суюқлик тортиб

чиқариладиган қудуқларда қум пайдо бўлиши сабаблари аниқланади.

3. Энергия тежаш вазифасини ҳал қилиш насос ускунасининг иш режимини тартибга солишнинг учта усулига боғлиқ: суёқлик узатиладиган линиянинг қаршилигини мажбурий ўзгартириш, ишчи машинанинг хусусиятларини ўзгартириш ва электр юритманинг бурчак тезлигини тартибга солиш билан амалга оширилади.

4. «Қудуқ- маъданли кон –насос қудуғи» тизими бўйича ЕОТЭЎ технологик қудуқларининг аналитик боғлиқликлари ва умумлашган тизими моделлари ишлаб чиқилган, иккита қарама-қарши ҳулосага келинган: эритувчи суёқлик ҳайдаладиган қудуқларда босим ортиши скважина унумдорлигини ортиради, аммо аралашма таркибида уран миқдори камаяди, босимнинг пасайиши билан эса қудуқларнинг унумдорлиги мутаносиб равишда камаяди, маҳсулдор эритмада уран концентрацияси ошади, лекин эритманинг филтрлаш тезлиги пасаяди ва шунинг натижасида уранни танлаб эритиш жараёнининг тезлиги пасайишига олиб келади.

5. Технологик эритма сўриб олинadиган қудуқи учун тадқиқот услубиёти ишлаб чиқилган, қудуқ насосининг ва эритма сўриб олинadиган қудуқ сарф-босим тавсифномаси тенглаштирилган, бу эса полиномнинг коэффицентларини аниқ аниқлаш учун учинчи даражали полином билан тарифланган ( $a_0, a_1, a_2, a_3$ ) насосни тавсифлаш учун EXCEL дастури ишлатилган ва қуйидаги натижалар олинган ( $a_0=1,21227; a_1=0,00843; a_3=0,00702; a_4=0,00004$ ).

6. Чўкма насос ускунаси иш режими дастурий бошқариладиган юритманинг айланиш частотаси ўзгаришида ишлаб чиқилган техник ечимлардан фойдаланилганда қуйидагиларга эришилади: дросселли бошқариш билан солиштирганда йил давомида 67% атрофида электр энергиясини тежашга эришилади.

7. Чўкма насос билан жиҳозланган геотехнологик қудуқларда қумланиш ва газланишга қарши курашиш учун ишлаб чиқилган усул ва қурилмани жорий этиш насос ускунасининг оптимал хизмат муддатига эришиш имконини беради (7850-8000 машина соатигача), шунингдек ускунани ишлатиш коэффицентини 28-30% га ошириш ва насосларнинг энергия сарфини мавжуд бўлганларга нисбатан 5-7% га камайтириш имконини беради.

8. Чўкма насос ўрнатиш чуқурлигини ўлчаш учун қурилма жорий этиш чўкма насос ускунасини талаб қилинаётган қудуқ чуқурлиги қийматида аниқ ўрнатилишига, чўкма насос ускунасини ўрнатиш ёки ечиб олиш ишларига, тайёргарлик ишлари давомида вақт ва меҳнат харажатларини камайтиришга ва йилига 57% дан ортиқ электр энергиясини тежашга ёрдам беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 17/04.06.2021. Т.06.02 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОИЙСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

**КУРБОНОВ ОЙБЕК МУХАММАТКУЛОВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
НАСОСНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГО-  
И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

**04.00.10 – Геотехнология (открытая, подземная и строительная);  
04.00.16 – Горные машины**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Навои – 2022**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрировано в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2021.3.PhD/T1549.**

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме) размещен в веб-странице научного совета ([www.ndki.uz](http://www.ndki.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Научный руководитель:** **Махмудов Азамат Махмудович**  
кандидат технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:** **Аликулов Шухрат Шарофович**  
доктор технических наук, доцент

**Райханова Галия Елеубаевна**  
кандидат технических наук

**Ведущая организация:** **АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»**

Защита диссертации состоится 27 января 2022 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании научного совета DSc.17/04.06.2021.T.06.02. (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Зал заседаний Навоийского государственного горного института. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz), [nsmi@gmail.com](mailto:nsmi@gmail.com)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №83). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан 14 января 2022 г.

(реестр протокола рассылки №40 от 14 января 2022 г.).



**И.Т. Мислибаев**  
Председатель научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**М.Ш. Заиров**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**Н.А. Абдуазизов**  
Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире при современном этапе состояние уранодобывающей промышленности характеризуется тенденцией постепенного осложнения условий эксплуатации, увеличения доли трудноразрабатываемых запасов в структуре активов горно-металлургических предприятий и ухудшения состояния ресурсной базы. В результате важное значение приобретает решение вопросов повышения эффективности технологии добычи ураносодержащих руд в условиях осложнения месторождений.

В мире на сегодняшний день при осложнённом этапе разработки месторождений ураносодержащих руд в горных предприятиях ведутся научные исследования, постановка и решение задач по снижению пескопроявлений и газоносности геотехнологических скважин, повышению эксплуатационной эффективности насосных установок, установлению уровня регулирования режимом работы насосов, а также изысканию и использованию резервов снижения энергетических и материальных затрат на их эксплуатацию. В связи с этим, уделяется особое внимание разработке методики сбора и обработке статистической информации и экспериментальной оценки работы для условий с повышенным пескопроявлением в геотехнологических скважинах, а также повышению эксплуатационной эффективности насосных установок путем разработки энерго- и ресурсосберегающих технических решений.

В Республике выполняется ряд научно-практических работ по обнаружению и использованию запасов для снижения затрат на энергию и материалы при добыче урана, освоению месторождений ураносодержащих руд способом подземного выщелачивания (ПВ) и повышению эффективности эксплуатации погружных насосных установок, моделированию режимных параметров насосных установок с целью снижения энергетических затрат в условиях эксплуатации, внедрению инновационных энерго- и ресурсосберегающих технологий на месторождениях урановых руд. В Указе Президента Республики Узбекистан<sup>1</sup> определены важные задачи по «дальнейшему развитию и либерализации экономики, созданию дополнительных условий для привлечения инвестиций в модернизацию производства, повышению конкурентоспособности крупных предприятий горно-металлургической отрасли». Это обстоятельство требует выполнять задачи по повышению эффективности горных работ, уменьшению себестоимости готовой продукции и достижению увеличения годовой производственной мощности.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и Постановлении Президента

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» // Сборник правовых документов Республики Узбекистан. – Т., 2017. – 103 с.

Республики Узбекистан № ПП-4124 от 17 января 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики: VII. «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Степень изученности проблемы.** Большой вклад в развитие основ, теории и практики разработки месторождений полезных ископаемых физико-химическими методами внесли Аренс В.Ж., Бондаренко В.А., Каплан Л.С., Истомин В.П., Калабин А.И., Кучерский Н.И., Ласкорин Б. Н., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Маркелов С.В., Мазуркевич А.П., Насиров У.Ф., Небер В.Н., Осмоловский И.С., Раимжанов Б.Р., Санакулов К.С., Саттаров Г.С., Толстов Е.А., Сарачева Д.А., Schechter S.P., Bommer M., Suat Bagci, Murat Kece, Jocsiris Nava и др. Ими получены значительные результаты по повышению эффективности извлечения полезных компонентов в геотехнологических рудниках, однако на сегодняшний день не до конца изучены предотвращение пескопроявлений и появление пробок в технологических скважинах, оборудованных погружными насосами в Кызылкумском регионе.

В связи с этим возникла необходимость повышения эффективности технологии подземного выщелачивания и эксплуатационной эффективности насосных установок путем разработки энерго- и ресурсосберегающих технических решений, имеющих важное значение для горнодобывающей отрасли и требующих продолжения дальнейших исследований в этом направлении.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана прикладных научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института на темы: БА-А-13-015 – «Разработка технологического режима подземного выщелачивания с применением местных реагентов»; «Разработка технологии отработки гидрогенных месторождений урана со слабой проницаемостью рудоносного горизонта» и «Разработка технологии отработки гидрогенных месторождений урана со слабообводненными урановыми рудами».

**Целью исследования** является повышение эксплуатационной эффективности насосных установок путём управления режимом работы и разработки способа снижения отрицательных воздействий пескопроявлений на их основные элементы.

**Задачи исследования:**

анализ результатов научных трудов в области освоения месторождений ураносодержащих руд способом подземного выщелачивания (ПВ) и повышения эффективности эксплуатации погружных насосных установок;

исследование горно-технологических условий разработки месторождений урансодержащих руд Кызылкумского региона и причин осложнений разработки и пескопроявлений в геотехнологических скважинах;

исследование взаимосвязи методов регулирования режимом работы насосных установок со свойствами откачиваемых растворов в условиях пескопроявлений в скважинах;

моделирование режимных параметров насосных установок с целью снижения энергетических затрат в условиях эксплуатации;

разработка технических решений, способствующих снижению вредных воздействий пескопроявлений на основные элементы насосных установок;

разработка технических решений, снижающих затраты времени на монтажно-демонтажные работы.

**Объектом исследования** является геотехнологическая скважина, оборудованная погружным центробежным насосным агрегатом.

**Предметом исследования** являются способы регулирования режимом работы и технические решения, обеспечивающие энерго- и ресурсосбережение в погружных центробежных насосных агрегатах.

**Методы исследований.** В процессе выполнения диссертационной работы проведены комплексные исследования, включающие теоретические, хронометражные и экспериментальные исследования в полигонных и промышленных условиях, методы системного анализа, физическое и математическое моделирование, теории подобия, теории множественных чисел, теории надёжности машин и механизмов.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлены зависимости возникновения пескопроявлений в растворах откачных скважин от пространственной деформационной устойчивости породы самого пласта и скважины, определяемые наименее прочным звеном распределения Вейбулла, статистической теории прочности твёрдых тел, предусматривающие условное разделение его на отдельные участки с разным значением дефектности и определение самого опасного звена с применением методов статистики и теории вероятностей;

установлен критерий оценки состояния технологических скважин и работоспособности насосного агрегата, а также модель режима работы насосного агрегата в зависимости от содержания песков и их характеристик в продуктивных растворах;

обосновано техническое решение, способствующее снижению вредных воздействий пескопроявлений на основные элементы насосных установок, а также установлен оптимальный режим работы насосного агрегата за счёт управления процессами поступления песка в них, позволяющие снизить энергетические затраты при эксплуатации насосного агрегата;

разработано техническое решение, обеспечивающее снижение затрат времени на монтажно-демонтажные работы и способствующее ресурсосбережению за счёт уменьшения трудовых и материальных затрат.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана методика определения оптимального режимного параметра

при эксплуатации насосной установки в процессе возникновения пескопроявлений в откачных скважинах;

для повышения эффективности насосных установок разработаны способ и устройство борьбы с пескопроявлением и газоносностью в геотехнологических скважинах, оборудованных погружным насосом;

разработано устройство для измерения глубины установки погружного насоса для технического решения механизации точной установки насосного агрегата по длине скважины.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования доказана значительным объемом лабораторных, полигонных и промышленных экспериментов, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением основной идеи работы, согласованностью с результатами ранее выполненных теоретических и экспериментальных исследований, выполненными измерениями с использованием современных средств и стандартных методик измерений, использованием методов статистической обработки материалов, а также положительными результатами выполнения лабораторных и промышленных испытаний.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследований.**

Научная значимость исследования определяется теоретическими обобщениями и установлением взаимосвязи режимных показателей работы насосных установок, исследованием технического состояния их элементов при помощи специальных модулей, позволяющих установить изменение их работоспособности в условиях повышенной песковатости продуктивных откачиваемых растворов, оценкой остаточного ресурса машин, принятием управленческих решений относительно повышения эксплуатационной эффективности насосного оборудования в технологии ПВ.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке и реализации технических решений по выбору оптимальных режимных параметров насосной установки, определению и прогнозированию величины остаточного ресурса насосов, разработке способа и устройства снижения отказов в работе оборудования и максимальной возможной их наработки в условиях с повышенной песковатостью и измерении глубины точной установки насосного агрегата по длине скважины.

**Внедрение результатов исследования.** На основе разработки энерго- и ресурсосберегающих технических решений для повышения эксплуатационной эффективности насосных установок:

на способ и устройство борьбы с пескопроявлением и газоносностью в геотехнологических скважинах, оборудованных погружным насосом, получен патент на изобретение с Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (№IAP 06089, 2019 г.). В результате достигнуто снижение износа основных элементов насосного оборудования, увеличен срок работы до проведения капитального ремонта и повышены коэффициенты использования и надёжности погружного насоса;

на устройство для измерения глубины установки погружного насоса получен патент на полезную модель с Агентства по интеллектуальной

собственности Республики Узбекистан (№FAP 01574, 2020 г.). В результате достигнуто повышение точности измерения глубины и управление работой насоса при скважинных технологических операциях;

устройство по предотвращению газо- и пескопроявлений внедрено в Южном рудоуправлении Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/7723 от 02.08.2021 г.). В результате повышена эксплуатационная эффективность работы погружного насосного агрегата на 5-7%;

устройство для измерения глубины установки погружных насосов внедрено в Южном рудоуправлении Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/7723 от 02.08.2021 г.). В результате снижены затраты времени и труда на подготовительные работы, монтаж и демонтаж насосного агрегата относительно существующего способа ведения работ.

**Апробация результатов исследования.** Апробация результатов данного исследования проведена на 4 международных научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы всего 20 научных работ, из них 1 патент на изобретение Республики Узбекистан, 6 научных статей, в том числе 3 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 119 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, рекомендаций по внедрению в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ результатов научных исследований и опыта эксплуатации горнодобывающих предприятий по повышению эффективности эксплуатации центробежных насосных установок»** приведены результаты анализа научных исследований в области разработки месторождений ураносодержащих руд способом подземного выщелачивания и повышения эффективности эксплуатации погружных насосных установок.

Месторождения ураносодержащих руд в Кызылкумском регионе относятся к типу экзогенно-эпигенетического рудообразования и установлены классы по сложности морфологического строения и принципу рудообразования в определённой последовательности в геохимическом барьере.

Систематизированная обобщённая схема определения геолого-гидродинамических параметров продуктивного пласта, выбор технологии выщелачивания ураносодержащих руд и выделение геолого-морфологических типов руды месторождений учкудукского типа позволяет определить выбор технологии и методов подземного выщелачивания (ПВ).

Для решения задачи прогноза пескопроявления и разработки методов борьбы с ним принята система исследования причин зарождения и механизмов развития их по стадиям жизненного цикла «зарождение – появление – развитие».

В исследованиях установлено, что в призабойной части технологических скважин разрушение песчаников имеет избирательный характер в результате образования сильнопроницаемых каналов по линии трещин, по которым фильтруется основная масса продуктивного раствора.

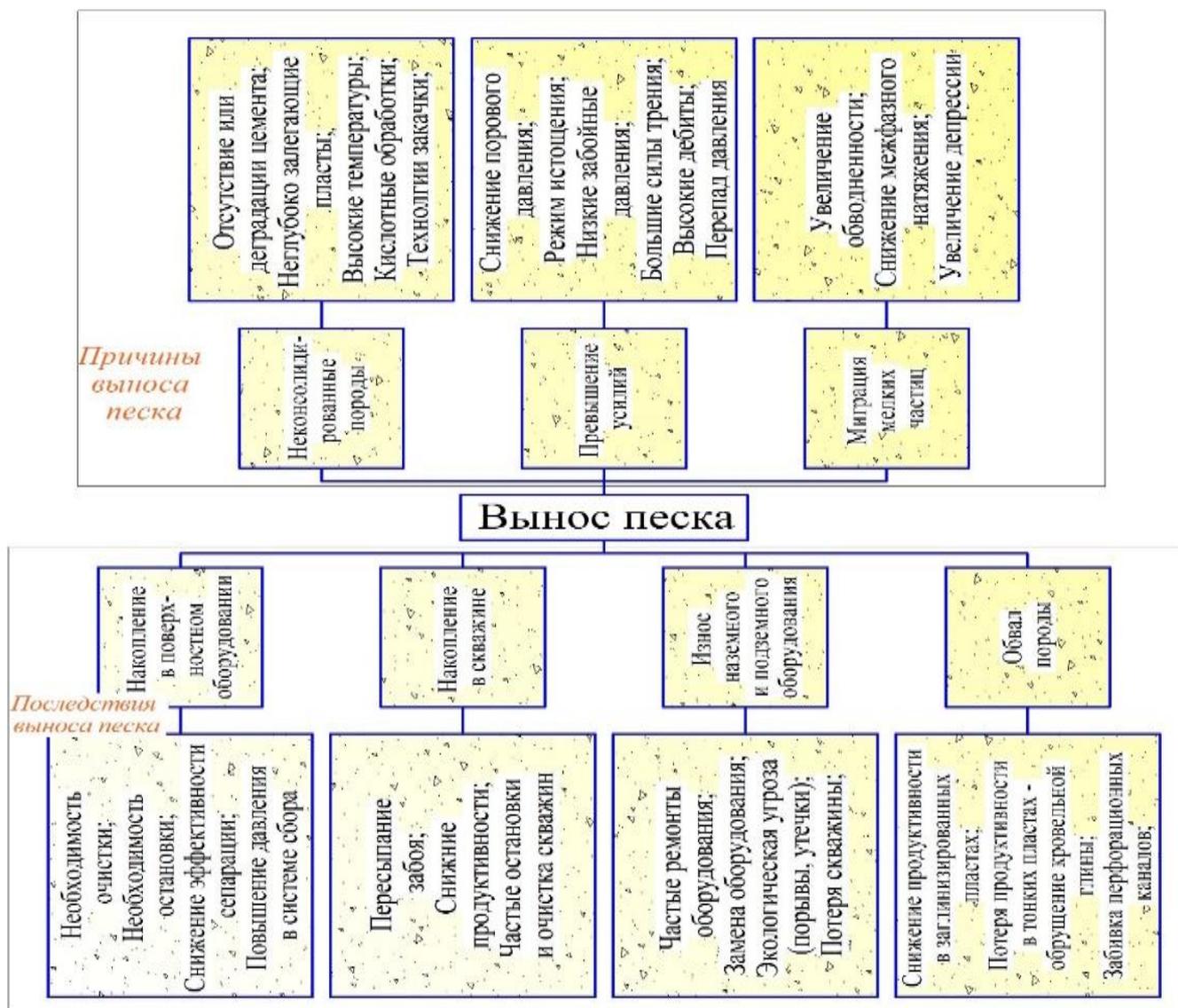
Анализ научных работ по разработке техники и технологии добычи ПВ в осложнённых условиях ураносодержащих руд позволяет классифицировать причины разрушения скважины и выноса песка по возникновению на три основные группы: геологические (особенности залегания пласт-скважина, литология); технологические (условия вскрытия пластов и эксплуатации скважин) и технические (конструкция забоя).

Для дальнейшей оценки степени влияния осложнений произведена систематизация причины и последствия выноса песка как основного фактора эффективности разработки ураносодержащих руд Кызылкумского региона, которая отражена на рис. 1.

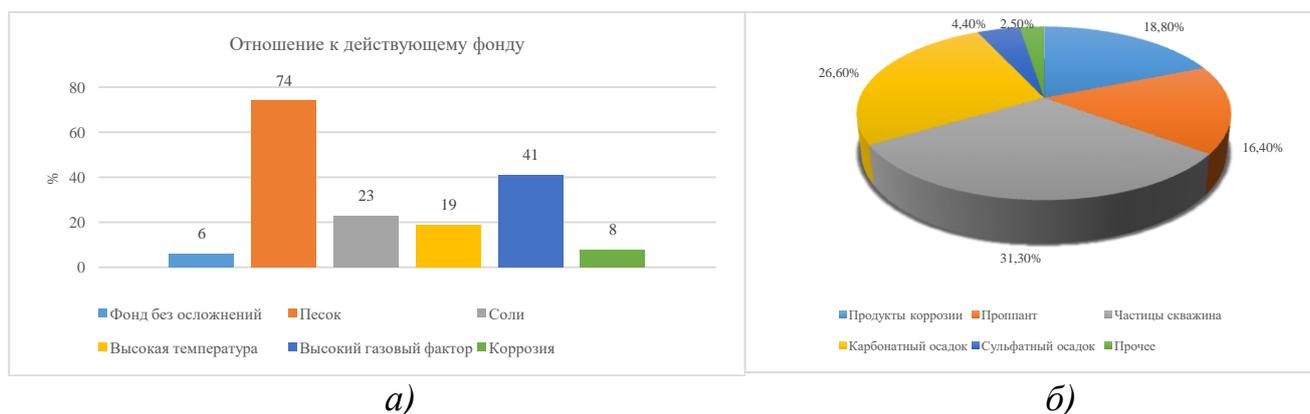
Технология добычи на месторождениях ураносодержащих руд учкудукского типа основана на установлении концентрации радиоактивного элемента и попутных полезных ископаемых в горизонтах, литологического состава и различием фильтрационных свойств пород продуктивных горизонтов, а процесс добычи осуществляется по обратному циклу экзогенно-эпигенетического рудообразования.

В результате исследований определено распределение по типу осложнений и размерам механических примесей центробежных насосов на рудниках ПВ, которые приведены на рис. 2.

На рис. 2а приведены результаты анализа данных, приведённых в научных источниках и опытах эксплуатации технологических оборудований скважин рудников НГМК. По влиянию механических примесей на работу насосной установки можно сделать вывод, что работа, в основном, осложнена большим выносом песка в продуктивных растворах (более 100 мг/л), что составляет около 74% от общего объёма осложнений (рис. 2а). Долю частиц в общем числе механических примесей по дифракционному анализу (методика Бондаренко В.А.) можно определить исходя из распределения их по классам и способу образования частиц (рис. 2б).



**Рис. 1. Принципиальная схема причины и последствия выноса песка**



**Рис. 2. Распределение по типу осложнений (а) и размерам механических примесей (б) центробежных насосов на рудниках ПВ**

На практике при эксплуатации насосных установок на рудниках ПВ важное значение имеет регулирование режимом их работы, которое можно разделить на: принудительное изменение сопротивления системы, по которой передаётся транспортируемый раствор (дресселирование); изменение рабочих

характеристик машины (насоса) и регулирование угловой скоростью электропривода. При этом наиболее рациональным является управление режимом работы насосных установок с применением частотного регулирования, которое обеспечивает регулирование скоростью АД насоса без больших потерь мощности в роторной цепи, ухудшающих КПД электродвигателя.

Таким образом, в результате проведённых работ установлены причины и механизм возникновения пескопроявлений в откачных скважинах, зависящие от пространственной деформационной устойчивости породы самой залежи и скважины.

Во второй главе диссертации **«Исследование процесса подземного выщелачивания, осложнений при разработке и повышение эффективности эксплуатации насосных установок путем управления режимными параметрами»** приведены результаты теоретических исследований и моделирования комплекса технологических скважин и насосных установок.

Произведена оценка основных факторов в технологии подземного выщелачивания месторождений Кызылкумского региона и осложнений разработки на основе системного подхода.

Для математического моделирования гидродинамической системы «откачная скважина – насосная установка – трубопроводная система» с целью определения напорной характеристики насоса  $H = f(Q)$  произведён выбор аналитической зависимости, учитывающей изменение частоты вращения, которая принимается как математическая модель гидродинамической системы в ПВ:

$$H_{\text{фак}} = A_i Q_{\text{фак}}^2 + KB_i Q_{\text{фак}} + K^2 C_i, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$  – коэффициенты корреляции, рассчитываемые методом наименьших квадратов;  $K = \frac{n_{\text{фак}}}{n_{\text{ном}}}$  – коэффициент изменения частоты вращения;

$n_{\text{фак}}$  и  $n_{\text{ном}}$  – фактическая и номинальная частоты вращения, об/мин.

При регулировании частотой вращения подача, напор и КПД насоса изменяются, а пересчёт его характеристик на другую частоту вращения, согласно классической теории подобия гидромашин, может быть осуществлён по формулам пересчёта при одновременном соблюдении двух следующих условий (при условном постоянстве КПД вдоль кривых режимов):

$$\frac{Q_{\text{ном}}}{Q_{\text{фак}}} = \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{фак}}} \quad \text{и} \quad \frac{H_{\text{ном}}}{H_{\text{фак}}} = \left( \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{фак}}} \right)^2, \quad (2)$$

где  $Q_{\text{фак}}$  и  $Q_{\text{ном}}$  – фактическая и номинальная производительности, м<sup>3</sup>/ч;  $H_{\text{фак}}$  и  $H_{\text{ном}}$  – фактический и номинальный напор, м.

Величина песко-газосодержания у входа в насос представляет собой отношение расхода песка и газа к подаче продуктивного раствора и определяется по выражению:

$$ПГ = \frac{Q_{\text{пг}}}{Q_{\text{пг}} + Q_{\text{ж}}}, \text{ м}^3/\text{день}, \quad (3)$$

где  $Q_{не}$  – расход песка и свободного газа, поступающего в насос, м<sup>3</sup>/сут;  $Q_{мг}$  – производительность насосного агрегата, м<sup>3</sup>/сут.

Известно, что пескоотделение и разгазирование возникает в условиях, начиная с равенства депрессии в рудном залежи ( $P_1$ ) и давления, создаваемой насосом ( $P_{нас}$ ), что соответствует режиму неустойчивой работы насоса. Число устойчивости при этом определяется по формуле:

$$P_1 = \sigma \Delta \rho + P_{нас}, \text{ Па}, \quad (4)$$

где  $\sigma$  – число устойчивости насосного агрегата, Па;  $\Delta \rho$  – скоростной напор первой ступени многоступенчатого насоса, Па;  $P_{нас}$  – давление, создаваемое насосом, Па.

Для выбранной технологической цепочки «скважина – рудная залежь – насосная скважина» в качестве критерия управления выбран показатель, отражающий градиент давления в рудном залеже от закачной до откачной скважины, а расчёт перепада давления проводится по закону Дарси:

$$\Delta P_{pz} = R_{pz} \cdot Q_{pp} = P_{zc} - P_{oc}, \text{ Па}, \quad (5)$$

где  $R_{pz}$  – гидравлическое сопротивление рудной залежи;  $Q_{pp}$  – расход реагента, м<sup>3</sup>/ч;  $P_{zc}$  – давление в закачной скважине, Па;  $P_{oc}$  – давление в откачной скважине, Па.

Основное уравнение взаимосвязи уровня в скважине и расхода выщелачивающих растворов в залеже можно представить в виде:

$$W \frac{dH_{zc}}{dt} = Q_{zc} - Q_{pm}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6)$$

где  $H_{zc}$  – уровень раствора в закачной скважине, м;  $W$  – вместимость закачной скважины, м<sup>3</sup>;  $Q_{zc}$  – расход раствора, подаваемого в закачную скважину, м<sup>3</sup>/ч;  $Q_{pm}$  – расход выщелачивающего раствора, поступающего из закачной скважины в рудное тело, м<sup>3</sup>/ч.

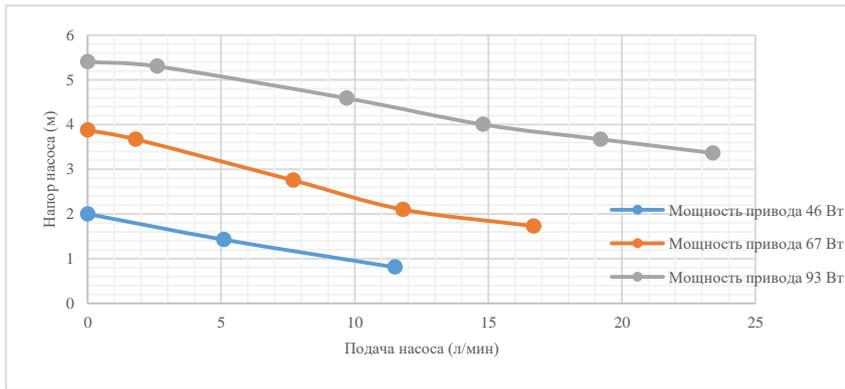
Математическая модель режима работы погружного насоса основывается на расходно-напорной характеристике, создаваемой насосом, и описывается полиномом третьего порядка следующего вида:

$$\Delta P_{oc} = a_0 + a_1 Q_{oc} + a_2 Q_{oc}^2 + a_3 Q_{oc}^3, \text{ МПа}, \quad (7)$$

где  $\Delta P_{oc}$  – напор, создаваемый насосом, МПа;  $Q_{oc}$  – расход жидкости в откачной скважине, м<sup>3</sup>/ч;  $a_0, a_1, a_2, a_3$  – аппроксимирующие коэффициенты, полином.

На основе вышеприведенных моделей исследована напорная характеристика центробежной насосной установки на комплексном испытательном стенде гидравлических установок – динамическом насосе СГУ-ДН-5ЛР, результаты которого приведены на рис. 3.

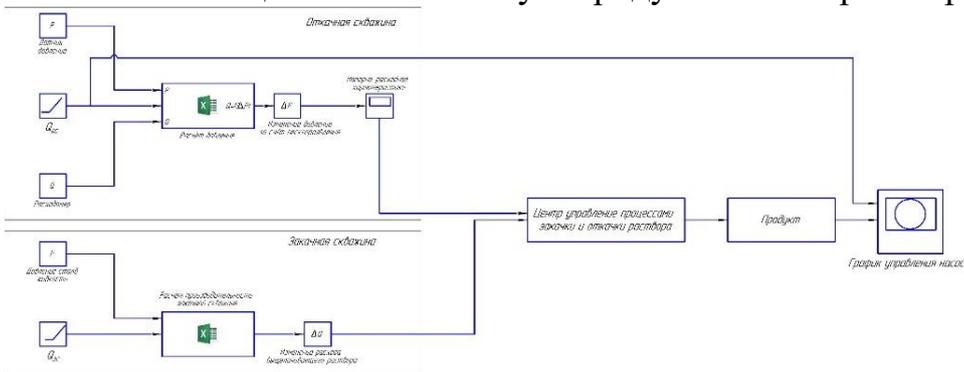
Таким образом, одним из оптимальных направлений повышения энергетической эффективности насосной установки является метод регулирования рабочих режимов установки, не меняя мощность на приводе, а также разработка и внедрение технических решений, направленных на снижение пескопроявлений и газоносности на них.



**Рис. 3. Зависимость изменения величины напора ( $H$ ) от подачи ( $Q$ ) центробежного насоса при различных мощностях привода**

В третьей главе диссертации «Разработка методики проведения исследований по повышению эффективности эксплуатации насосных установок в осложнённых условиях ПВ» приведены принципы реализации разработанных методик исследований и результаты по управлению добычей урана способом ПВ, а также режимом работы насосных установок.

Разработана методика определения параметров геотехнологии для уровневой системы оптимального управления технологическим процессом подземного выщелачивания урана и обобщённая функциональная технологическая схема процесса ПВ «скважина – рудная залежь – насосная скважина», которая представлена на рис. 4, способствующая поиску решения, обеспечивающего максимальную продуктивность раствора на выходе.



**Рис. 4. Обобщённая функциональная технологическая схема процесса ПВ**

Для идентификации рассмотрено взаимодействие раствора, имеющего газотвёрдые частицы в закачной скважине. Как основной переменный принят уровень выщелачивающего раствора, а в откачной скважине технологической переменной является перепад напора, создаваемого погружным насосом.

Для определения изменения расходно-напорных характеристик скважинного насоса при пескопроявлениях использована формула, являющейся математической моделью изменения давления насоса:

$$\Delta P = \rho_{жтс} g H_n, \text{ МПа}, \quad (8)$$

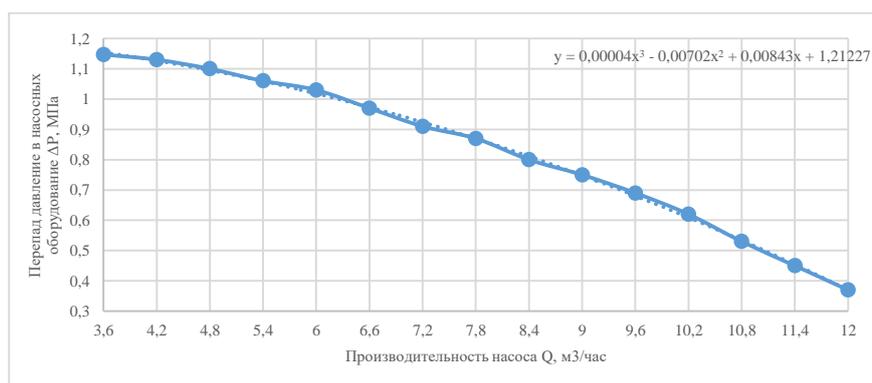
где  $\rho_{жтс}$  – плотность жидко-твёрдой смеси в скважине,  $\text{кг/м}^3$  ( $\rho_{жтс} = 1450 \text{ кг/м}^3$ );  $g$  – ускорение свободного падения ( $g=9,81 \text{ м/с}^2$ );  $H_n$  – напор погружного насоса, м (по паспорту).

На основе отличий характеристик в закачной и откачной скважинах можно определить перепад давления на рудном теле, который является основным фактором течения продуктивных растворов в сторону откачных скважин с

прихватом песка.

Функциональная схема исследования параметров ПВ и установленные аналитические зависимости, рассмотренные выше, взяты за основу математической модели комплекса ПВ для расчёта основных параметров с насосом мощностью 7,5 кВт. На рис. 5 приведено изменение давления  $\Delta P$  насосного оборудования в откачных скважинах.

В результате было идентифицировано изменение давления скважинного насоса и самой откачной скважины, а также определены коэффициенты полинома математической модели при пескопроявлении, соответственно:  $a_0=1,21227$ ;  $a_1=0,00843$ ;  $a_3=0,00702$ ;  $a_4=0,00004$ .



**Рис. 5. Изменение давления  $\Delta P$  в откачных скважинах**

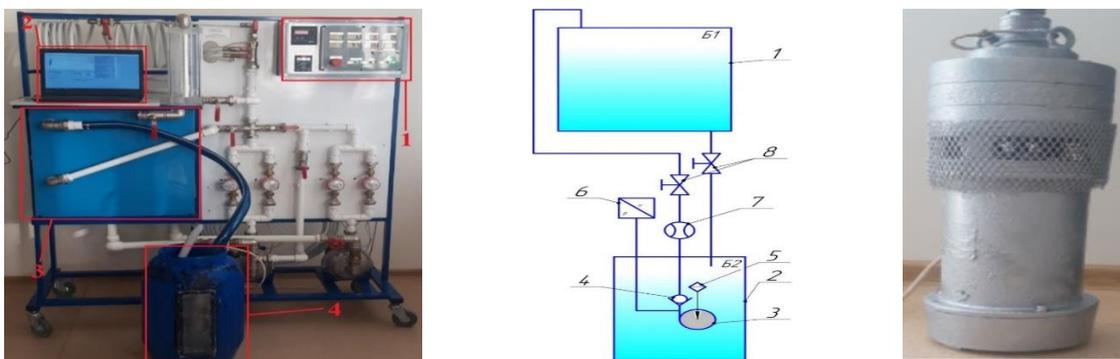
Для рассматриваемой технологической схемы расчёты производились в программе Excel и установлены зависимости изменения давления на рудном теле от расхода и содержания растворов. В результате исследований получены две противоречащие выводы: при увеличении напора на закачных скважинах растёт дебит скважин, но уменьшается количество урана в растворе, а с уменьшением напора пропорционально уменьшается дебит скважин и растёт концентрация урана в продуктивном растворе, но падает скорость фильтрации раствора и, следовательно, скорость всего процесса выщелачивания урана.

Таким образом, в уровневой системе управления режимом работы «скважина – рудная залежь – насосная скважина» реализован градиент давления в рудном теле и максимизирована концентрация урана в откачной скважине. На основе анализа качества процесса подземного выщелачивания приняты решения по распределению нагрузок по реагентам и получению продуктивных растворов, применению нестандартных режимов работы откачных насосов, а также повышению эффективности процесса подземного выщелачивания.

В четвёртой главе диссертации **«Разработка, внедрение и технико-экономическое обоснование энерго- и ресурсосберегающих технических решений по повышению эксплуатационной эффективности насосных установок»** приведена методика экспериментальных работ и результаты применения разработанных технических решений по повышению эксплуатационных показателей работы технологических оборудования рудников ПВ.

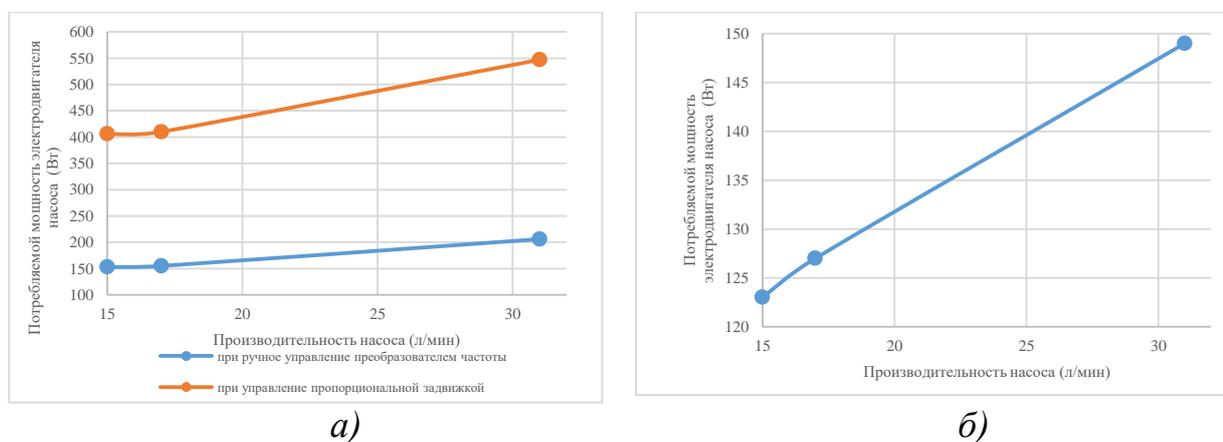
Отличием модернизированного лабораторного стенда «Центробежные

насосы» СГУ-ЦНС-012-6ЛР-ПК является то, что он дополнительно оснащён частью, который состоит из первого бака (1) для воды, второго бака (2) для воды (имитация скважины), погружного насоса (3) (фирмы «Chimp» марки QDX3-20-0.55(Y), обратного клапана (4), фильтра погружного насоса (5), датчика давления (6), расходомера (7) и задвижек (8), которые изображены на рис. 6.



**Рис. 6. Схема модернизированного лабораторного стенда, гидрокинематической схемы экспериментального оборудования и модель насоса «Центробежные насосы» СГУ-ЦНС-012-6ЛР-ПК**

Результаты исследований значений потребляемой мощности при регулировании дросселированием задвижкой и частотным регулированием сведены в табл. 1 и отражены на рис. 7.



**Рис. 7. График сравнительных значений потребляемой мощности при регулировании дросселированием и частотным регулированием с ПЭВМ**

Таблица 1

Результаты исследований управления режима с преобразователем частоты

Открытие крана	$P_H$ , кПа	$Q_H$ , л/мин.	$N_{эд}$ , Вт
0%	95	15	123
50%	94	17	127
100%	84	31	149

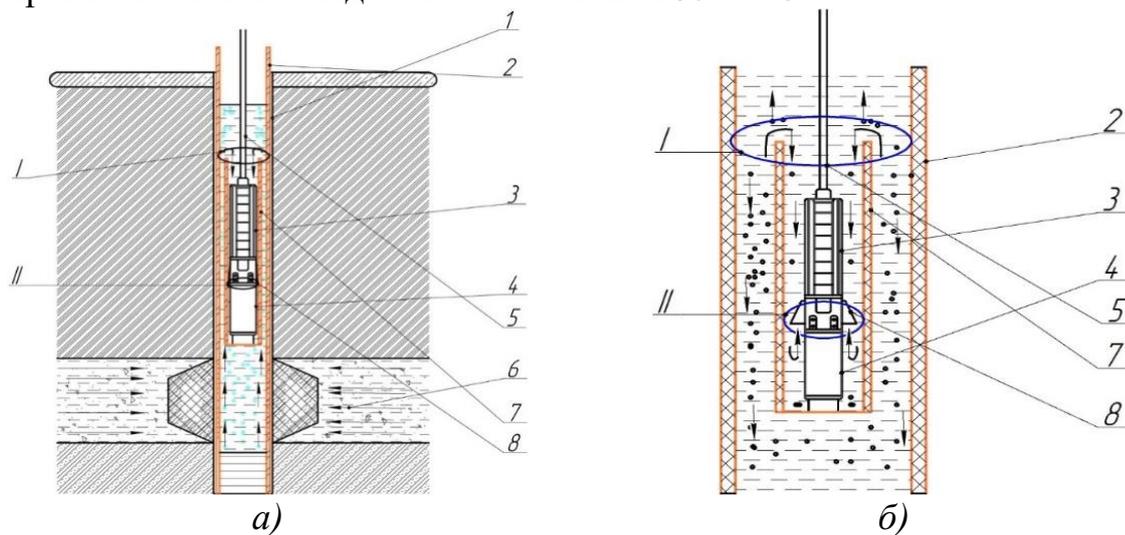
При применении разработанных технических решений по управлению режимом работы погружных насосных установок с изменением частоты

вращения привода программным регулированием достигается следующее: по сравнению с дроссельным регулированием экономия электроэнергии составляет около 67% в год, а также повышается коэффициент использования оборудования, уменьшается вероятность внезапных отказов и тем самым увеличивается безопасность труда.

Разработаны способ и устройство, относящиеся к горнодобывающей промышленности, которые могут быть использованы при скважинном способе разработки месторождений и для борьбы с пескопроявлением и газоносностью в скважинах.

Устройство поясняется чертежами, приведёнными на рис. 8. На рис. 8а изображено устройство борьбы с пескопроявлением и газоносностью в геотехнологических скважинах, оборудованных погружным электронасосным агрегатом, а на рис. 8б показана схема осуществления способа на данном устройстве.

Также на рис. 8б показана схема работы устройства и точки разделения (точки I и II) газожидкостной смеси с твердыми частицами на три потока: газ, жидкость и твердые частицы с движением их по своим каналам за счет изменения направления движения по совокупности действий сил тяжести и перепада гидростатических и гидродинамических давлений в точках изменения направления потока жидкостной смеси на 180 и 145°.



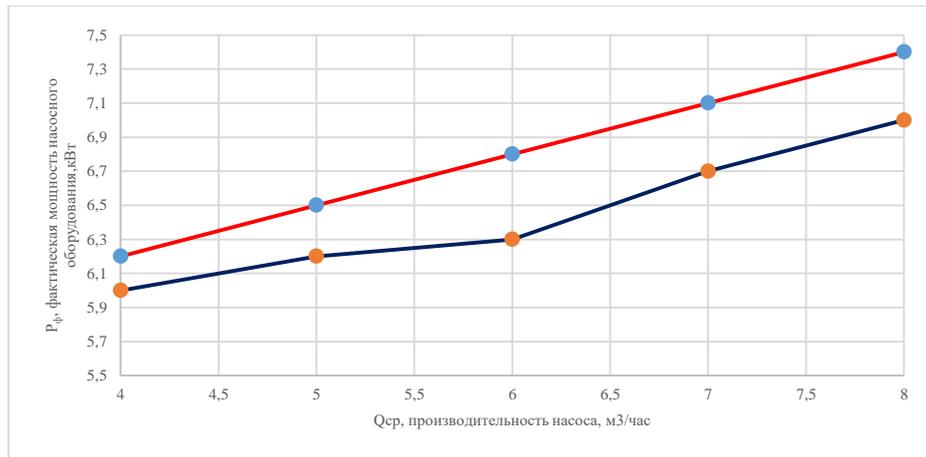
1 – откачная скважина; 2 – обсадная труба; 3 – насос; 4 – двигатель насоса;  
5 – раствороподъёмная труба; 6 – продуктивный пласт; 7 – глухая труба;  
8 – направляющее устройство потока

**Рис. 8. Способ и устройство для борьбы с пескопроявлением и газоносностью в геотехнологических скважинах**

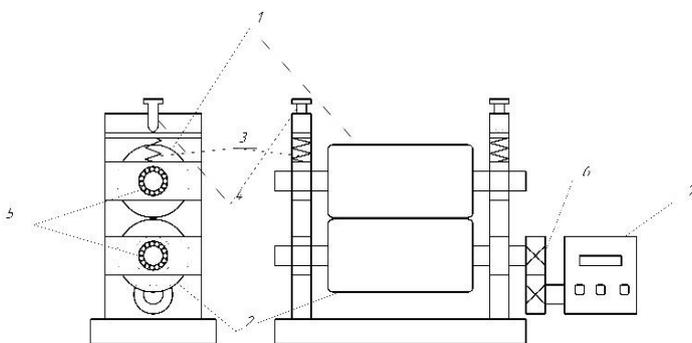
Результаты опытно-экспериментальных работ по испытанию разработанных устройств приведены на рис. 9.

В процессе исследований произведено физическое моделирование устройства с соблюдением критериев геометрического подобия (рис. 10).

Результаты хронометражных исследований затрат времени на опытно-подготовительные работы, монтаж и демонтаж насосного агрегата в откачных скважинах установками «Лебедь» приведены на рис. 11.



**Рис. 9. Зависимость фактической мощности при работе насосной установки до и после применения устройства для борьбы с песком**



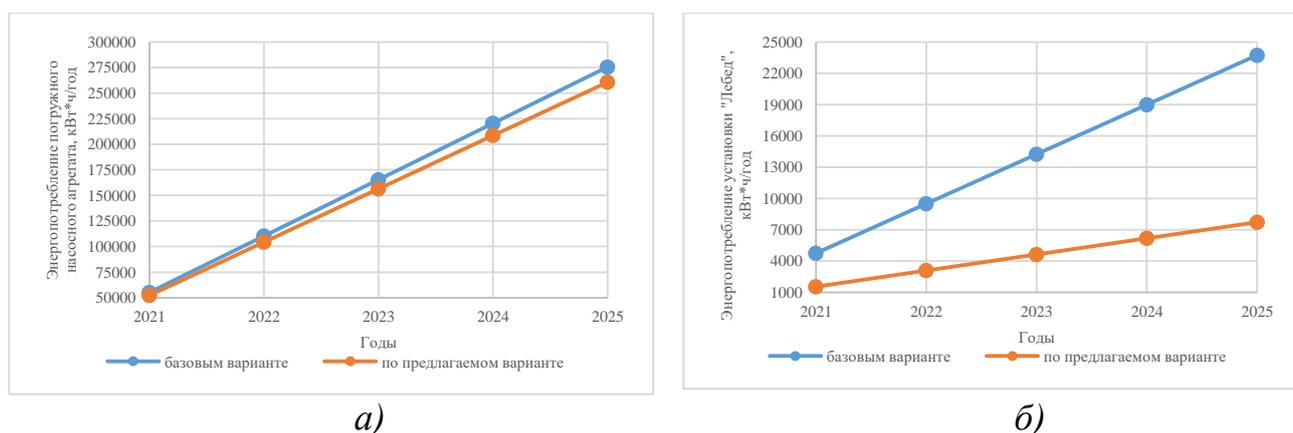
1,2 – подвижные и стационарные ролики; 3 – прижимная пружина;  
4 – фиксатор; 5 – подшипники; 6 – передача; 7 – одомер

**Рис. 10. Принципиальная схема устройства и физической модели для измерения глубины установки погружных насосов**



**Рис. 11. Результаты хронометражных исследований затрат времени на опытно-подготовительные работы, монтаж и демонтаж насосного агрегата**

Расчёты проводились с применением технических решений по определению оптимальных режимов работы, способа и устройства борьбы с пескопроявлением и газоносностью в геотехнологических скважинах и устройства для измерения глубины установки погружного насоса при монтажно-демонтажных работах в технологии ПВ. Результаты расчётов приведены на рис. 12.



**Рис. 12. Изменение энергетических показателей при внедрении технических решений по борьбе с пескопроявлением (а) и измерения глубины установки насосного агрегата (б)**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: «Повышение эксплуатационной эффективности насосных установок на основе разработки энерго- и ресурсосберегающих технических решений» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Технология добычи на месторождениях урансодержащих руд учкудукского типа основана на установлении концентрации радиоактивного элемента и попутных полезных ископаемых в горизонтах, литологического состава и различии фильтрационных свойств пород продуктивных горизонтов, а процесс добычи осуществляется по обратному циклу экзогенно-эпигенетического рудообразования.

2. Системным подходом исследований установлены причины и механизм возникновения пескопроявлений в откачных скважинах, зависящие от пространственной деформационной устойчивости породы самой залежи и скважины, определяемой наислабейшим звеном распределения Вейбулла по статистической теории прочности твёрдых тел.

3. Решение задачи энергосбережения определяется способом управления и тремя методами регулирования режимом работы насосного оборудования: принудительным изменением сопротивления магистрали, по которой передаётся транспортируемый груз, изменением характеристик рабочей машины и регулированием угловой скоростью электропривода.

4. Разработаны аналитические зависимости и модели обобщённой системы технологических скважин ПВ по системе «скважина – рудная залежь – насосная скважина», при этом получены две противоречащие выводы: с увеличением напора в закачной скважине увеличивается ее дебит, но при этом уменьшается количество урана в растворе, а при уменьшении напора пропорционально уменьшается дебит скважин и растёт концентрация урана в продуктивном растворе, но при этом падает скорость фильтрации раствора и, следовательно, скорость всего процесса выщелачивания урана.

5. Разработана методика исследования технологических откачных скважин и идентифицирована расходно-напорная характеристика откачной скважины, описываемой полиномом третьего порядка для точного определения коэффициентов полинома ( $a_0, a_1, a_2, a_3$ ). Для характеристики насоса использована программа Excel и получены следующие результаты:  $a_0=1,21227$ ;  $a_1=0,00843$ ;  $a_3=0,00702$ ;  $a_4=0,00004$ .

6. Путем управления режимом работы погружных насосных установок и изменения частоты вращения привода программным регулированием получена экономия электроэнергии  $\sim 67\%$  в год по сравнению с дроссельным регулированием.

7. Внедрение разработанного способа и устройства борьбы с пескопрывлением и газоносностью в геотехнологических скважинах, оборудованных погружным насосом, позволило достичь оптимального срока эксплуатации насосного оборудования (до 7850-8000 маш. -час.), а также увеличить коэффициент использования оборудования на 28-30% и сократить энергопотребление насосов на 5-7% по сравнению с существующим.

8. Внедрение устройства для измерения глубины установки погружного насоса способствует точной установке погружного насосного агрегата в значениях от требуемой глубины скважины, снижению затрат времени и труда на подготовительные работы, монтаж и демонтаж погружных насосных агрегатов и экономии электроэнергии более 57% в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.17/04.06.2021.T.06.02 AT THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE**  

---

**NAVOI STATE MINING INSTITUTE**

**KURBONOV OYBEK MUHAMMATKULOVICH**

**IMPROVING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF PUMPING UNITS  
THROUGH THE DEVELOPMENT OF ENERGY- AND RESOURCE-  
SAVING TECHNICAL SOLUTIONS**

**04.00.10 - Geotechnology (open, underground and construction);  
04.00.16 - Mining machines**

**DISSERTATION ABSTRACT  
FOR THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) OF TECHNICAL SCIENCES**

**The topic of the dissertation of a Doctor of Philosophy (PhD) is registered at the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under No. B2021.3.PhD/T1549.**

The dissertation was completed at the Navoi State Mining Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume) on the website of the Scientific Council ([www.ndki.uz](http://www.ndki.uz)) and on the information and educational portal «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Scientific supervisor:** **Mahmudov Azamat Mahmudovich**  
Candidate of technical sciences, Associate professor

**Official opponents:** **Aliqulov Shuxrat Sharofovich**  
Doctor of Technical Sciences, Associate professor

**Rayxanova Galiya Elebaevna**  
Candidate of technical sciences

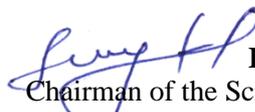
**Leading organization:** **JSC «Almalyk mining and metallurgical combinat»**

The defence of the dissertation will be held on 27 January 2022 y. at 10<sup>00</sup> at the meeting of the Scientific Council DSc.17/04.06.2021.T.06.02 at the Navoi State Mining Institute. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Conference Hall of the Navoi State Mining Institute. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz), [nsmi@gmail.com](mailto:nsmi@gmail.com).

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Center of the Navoi State Mining Institute under No83. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Phone: (79) 223-56-90; fax: (79) 223-00-55.

The abstract of the dissertation is distributed on 14 January 2022 y.  
(protocol at the register No 40 dated 14 January 2022 y.).



  
**I.T. Mislibayev**  
Chairman of the Scientific Council  
for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

  
**Sh.Sh. Zairov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding of scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

  
**N.A. Abduazizov**  
Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific  
Council for the award of academic degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

## **INTRODUCTION (abstract of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD))**

**The aim of the research.** Improving the operational efficiency of pumping units by controlling the mode of operation and developing ways to reduce the negative effects of sand eruption on their main elements.

**The research object** is geotechnical well equipped with a submersible centrifugal pumping unit.

### **The scientific novelty of the research:**

the dependence of sand occurrence in the solutions of pumping wells on the spatial deformation stability of the rock of the formation and the well, determined by the Weibull distribution, statistical theory of strength of solids, providing its conditional division into separate sections with different values of defects and determination of the most dangerous link using methods of statistics and probability theory;

a criterion for assessing the state of technological wells and the efficiency of the pump unit, as well as a model of the pump unit depending on the sand content and their characteristics in the productive solutions have been established;

the technical decision promoting decrease in harmful influences of sand occurrence on the basic elements of pump units, and also the optimum mode of operation of pump unit due to management of processes of receipt of sand in them, allowing to lower power expenses at operation of the pump unit is proved;

the technical decision providing reduction of time expenses on mounting and dismantling works and promoting economy of resources at the expense of reduction of labor and material expenses is developed.

**Implementation of the research results.** On the basis of development of energy- and resource-saving technical solutions to improve the operational efficiency of pumping units:

the method and device for combating sand and gas formation in geotechnological wells equipped with a submersible pump, a patent for invention was received from the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan (№IAP 06089, 2019). As a result, wear and tear of the main elements of the pumping equipment was reduced, the period of operation before overhaul was increased and the coefficients of use and reliability of the submersible pump were increased;

the useful model patent is received from the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan (№FAP 01574, 2020) for the device for depth measurement of the submersible pump. As a result, the accuracy of depth measurement and control of the pump operation at downhole technological operations was improved;

the device on prevention of gas and sand seepage was introduced in South ore department of Navoi mining-metallurgical combine (reference of Navoi mining-metallurgical combine №02-06-07/7723 from 02.08.2021). As a result the operational efficiency of the submersible pump unit was increased by 5-7%;

the device for depth measuring of submersible pumps installation is implemented at Yuzhnoe ore-department of Navoi mining-and-metallurgical integrated works (reference No.02-06-07/7723 dated 02.08.2021). As a result, the cost of time and labor for preparatory work, installation and dismantling of the

pumping unit as compared with the existing method of work was reduced.

**The structure and content of the thesis.** The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The volume of the thesis is 119 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Патент РУз № IAP 06089. Способ и устройство борьбы с пескопроявлением и газоносностью в геотехнологических скважинах, оборудованных погружным насосом / Курбонов О.М., Махмудов А.М. // Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан 22.11.2019 г.

2. Махмудов А.М., Махмудов Ш.А., Курбонов О.М. Повышение энергетических характеристик низкооборотных приводов погружных насосов на рудниках подземного выщелачивания // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №3. – С. 49-53 (05.00.00. №7).

3. Махмудов А.М., Курбонов О.М., Сафарова М.Д. Технические решения по совершенствованию монтажно-демонтажных работ погружных насосных агрегатов в условиях рудников ПВ // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2020. – №3. – С. 9-12 (05.00.00. №7).

4. Makhmudov A., Kurbonov O. M., Safarova M. D. Research of the pressure characteristics of the centrifugal water drainage plant of the WCP 25-60G brand // Australian Journal of Science and Technology. – Australia, June 2020. – Vol. 4. – Issue 2. – pp. 279-282 (23. Scientific Journal Impact Factor. Импакт-фактор 5,99).

5. Kurbonov O.M. Improvement of installation and dismantling of submersible pump units in the conditions of underground leach mines // Australian Journal of Science and Technology. – Australia, December 2020. – Vol. 4. – Issue 4. – pp. 363-367 (23. Scientific Journal Impact Factor. Импакт-фактор 5,99).

6. Kurbonov O.M. Method and Device for Improving the Utilization and Operating Efficiency of Submersible Pumping Equipment // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – India, March 2021. – No. 3. – Vol. 9. – pp. 211-216 (41. SCImago. H-Index 14).

7. Махмудов А.М., Курбонов О.М. The method and arrangement to increase the efficiency and utilization of submersible pumping equipment // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2021. – №1. – С. 4-7 (05.00.00. №7).

**II бўлим (II часть; part II)**

8. Халиков У.Р., Курбонов О.М. Основные параметры применения регулируемого электропривода в насосных установках на участках ПВ // Вестник науки и творчества. – Казань, 2016. – №4. – С. 230-235.

9. Курбонов О.М. Обоснование выбора рациональной системы управления электроприводами насосных установок геотехнологического рудника НГМК // Вестник науки и творчества. – Казань, 2016. – №4. – С. 223-229.

10. Курбонов О.М., Полвонов Н.О. Исследование откачки продуктивных растворов эрлифтами в геотехнологическом руднике // Актуальные вопросы развития территорий: теоретические и прикладные аспекты. – Пермь, 2016. – №5. – С. 21-25.

11. Курбонов О.М. Технические решения по повышению работоспособности и коэффициента использования насосного оборудования // Актуальные вопросы развития территорий: теоретические и прикладные аспекты. – Пермь, 2016. – №5. – С. 26-28.

12. Халиков У.Р., Курбонов О.М. Расчёт экономической эффективности применения частотно-регулируемого электропривода в насосных установках в технологии подземного выщелачивания полезных ископаемых // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. – Пермь, 2016. – №4. – С. 70-74.

13. Курбонов О.М. Научные основы и методика управления режимом работы насосного оборудования // Science Time. – Казань, 2017. – №3. – С. 298-302.

14. Kurbonov O.M. Method of selection and operation of pumps with regulation of change of frequency of rotation of shaft of the submersible electric pumping equipment // Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. – San Francisco, California, 2017. – №9. – pp. 226-230.

15. Atakulov L.N., Kurbonov O.M. Исследование по повышению работоспособности насосного оборудования // Journal of Advances in Engineering Technology. – Navoi, 2020. – Vol. 1. – pp. 21-24.

16. Курбонов О.М., Махмудова Г.А. Инновационный метод контроля в скважине и испытание погружных насосов // Материалы VIII Международной научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 19-21 ноября 2015 г. – С. 228.

17. Махмудов А.М., Курбонов О.М., Сафарова М.Д. Технические решения по повышению работоспособности и коэффициента использования насосного оборудования // Материалы Международной научно-технической конференции, посвящённой 60-летию НГМК, на тему: «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 22-23 ноября 2018 г. – С. 251-252.

18. Махмудов А.М., Курбонов О.М., Сафарова М.Д. Оценка целесообразности применения частотно-регулируемого электропривода в погружных насосах // Материалы Международной научно-технической конференции, посвящённой 60-летию НГМК, на тему: «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 22-23 ноября 2018 г. – С. 298-299.

19. Makhmudov A., Kurbonov O.M., Safarova M.D. Substantiation of the choice of the rational control system of electric drives of pump installations of geotechnological mines // International conference on integrated «Innovative

development of Zarafshan region achievements, challenges and prospects». – Navoi, 27-28 November, 2019 y. – pp. 123-129.

20. Патент РУз № FAP 01574. Устройство для измерения глубины установки погружного насоса / Курбонов О.М., Махмудов А., Махмудов Ш.А., Сафарова М.Д. // Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан 23.12.2020 г.



Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.