DOI: 10.65322/j.srd.05192026.114

BURG‘ILASH USKUNALARINING EKSPLUATATSIYASIDA TEXNIK XAVFLARNI BAHOLASH VA XAVFSIZLIKNI TAKOMILLASHTIRISH

Normayev Q.H., *PhD, dotsent v.b.,*
Hayot faoliyati xavfsizligi kafedrasi,
E-mail: normayevq@gmail.com,
Norinov S.S., *assistent,*
Hayot faoliyati xavfsizligi kafedrasi,
Ashirova M.R., *47A-25 MMTX guruh talabasi,*
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti

Annotatsiya. *Maqolada burg‘ilash uskunalarining ekspluatatsiyasi davomida mexanik, gidravlik, elektr, ergonomik va burg‘ilash suyuqliklari bilan bog‘liq xavflar o‘zaro ta’siri o‘rganildi. Burg‘ilash jarayonidagi asosiy ish amallari va ular bilan bog‘liq xavf omillari texnik adabiyotlar hamda muhandislik mezonlari asosida tizimlashtirildi. Ehtimollik va oqibat og‘irligiga asoslangan besh balli matritsa, xavfsizlik to‘siqlari va parametrlarni monitoring qilish ketma-ketligi taklif etildi. Burg‘ilash shtangalarini ko‘chirish, ulash va aylanuvchi qismlarga yaqinlashish ustuvor nazorat zonalari sifatida ajratildi. Burg‘ilash suyuqligining bosimi, sarfi va tarkibi o‘zgarishidan kelib chiqadigan qo‘shimcha xavflar baholandi. Namuna hisoblar haqiqiy ishlab chiqarish o‘lchovlari emas, balki metodikani tushuntiruvchi shartli ssenariylardir. Natijada texnik xizmat, ishni ruxsat asosida bajarish va muhandislik himoyalarini birlashtiruvchi amaliy algoritm ishlab chiqildi.*

Аннотация. *В статье рассмотрены взаимосвязанные механические, гидравлические, электрические, эргономические риски и опасности, связанные с буровыми растворами. Основные рабочие операции и связанные с ними опасности систематизированы на основе технической литературы и инженерных критериев. Предложены пятибалльная матрица вероятности и тяжести последствий, система защитных барьеров и последовательность мониторинга технологических параметров. Особое внимание уделено переноске и соединению бурильных штанг, вращающимся частям и высоконапорным магистралям. Рассмотрены отклонения давления, расхода и свойств бурового раствора. Приведённые расчёты носят иллюстративный характер и не представляют фактических производственных измерений. Сформулированы рекомендации по техническому обслуживанию, допуску к работам и инженерным мерам защиты.*

Abstract. *This paper examines interacting mechanical, hydraulic, electrical, ergonomic, and drilling-fluid-related hazards during drilling rig operation. Typical drilling operations and their associated hazards are classified using technical literature and engineering assessment criteria. A five-level likelihood–severity risk matrix, layered safety barriers, and a monitoring workflow are proposed. Particular attention is given to manual drill-rod handling and coupling, rotating components, and pressurized fluid lines. Changes in drilling-fluid pressure, flow, and properties are included in the assessment. Numerical examples are illustrative scenarios, not actual field measurements. The resulting framework combines engineering controls, maintenance, permit-to-work procedures, and operational monitoring to support safer drilling practices.*

Kalit so‘zlar: *burg‘ilash qurilmasi, texnik xavf, burg‘ilash suyuqligi, gidravlik bosim, shtanga, risk matritsasi, monitoring.*

Ключевые слова: *буровая установка, технический риск, буровой раствор, гидравлическое давление, бурильная штанга, матрица риска, мониторинг.*

Keywords: *drilling rig, technical hazard, drilling fluid, hydraulic pressure, drill rod, risk matrix, monitoring.*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.114

Kirish (Introduction). Geologik-qidiruv, geotexnik va konchilik burg‘ilash ishlari bir vaqtning o‘zida mexanik energiya, yuqori bosimli suyuqlik, og‘ir metall elementlar va harakatlanuvchi mashinalar ishtirokida bajariladi. Texnologik unumdorlikning ortishi xavfsizlikni avtomatik ta’minlamaydi: shtangalarni ulash, ko‘tarish va tushirish kabi yordamchi amallar ko‘pincha asosiy burg‘ilashdan ham murakkab xavf kombinatsiyasini yuzaga keltiradi [1–3].

Xavf faqat bitta nosozlik bilan belgilanmaydi. Masalan, shtanganing tiqilishi moment ortishiga, moment ortishi esa ulash birikmasiga yuklanish va operatorning xavfli zonaga yaqinlashish ehtimoliga olib kelishi mumkin. Burg‘ilash suyuqligining yetarli aylanishi bo‘lmasa, kesindi chiqarish yomonlashadi, asbob qizishi va tiqilish xavfi ortadi. Shu sababli jarayonni «uskuna – muhit – operator – boshqaruv» tizimi sifatida ko‘rish zarur.

Burg‘ilash jarayonida texnik xavfsizlik faqat uskunaning mustahkamligi bilan cheklanmaydi. Aylanuvchi uzellar, shtangalarni ulash va ko‘chirish, bosim ostidagi magistrallar, elektr ta’minoti va ish maydonining holati yagona texnologik tizimni tashkil etadi. Ushbu omillarning bir vaqtda ta’sir qilishi xavfli vaziyatning rivojlanishini tezlashtirishi mumkin. Tadqiqotning maqsadi mazkur omillarni umumlashtirilgan muhandislik yondashuvi asosida baholash hamda profilaktik boshqaruv yo‘nalishlarini belgilashdan iborat.

Materiallar va usullar (Methods). Tahlil burg‘ilash uskunalarining mexanik va gidravlik qismlari, burg‘ilash shtangalari bilan bajariladigan amallar hamda suyuqlik aylanish tizimiga xos xavf omillarini qamrab oladi. Xavflar texnik adabiyotlarda bayon etilgan ishlash tamoyillari va ehtimoliy nosozlik holatlari asosida guruhlandi. Keltirilgan ballar va hisoblar muhandislik baholashiga oid namunaviy qiymatlar bo‘lib, ishlab chiqarishdagi o‘lchov natijalari sifatida talqin qilinmaydi.

Riskni dastlabki saralash uchun quyidagi ko‘rsatkich qo‘llanildi:

$$R = P \times S, \tag{1}$$

bunda P – hodisa ehtimolligi uchun 1 dan 5 gacha ball;

S – oqibat og‘irligi uchun 1 dan 5 gacha ball;

R – 1–25 oralig‘idagi nisbiy ustuvorlik ko‘rsatkichi.

Ushbu ballar statistik ehtimollik foizi emas. Tavsiya etilgan chegaralar: 1–4 – past, 5–9 – o‘rtacha, 10–16 – yuqori, 17–25 – kritik. Mazkur chegaralar korxona risk mezonlari bilan kelishilishi kerak [2, 4].

Parametrlar bo‘yicha qo‘shimcha nazorat: aylantiruvchi moment M (N·m), aylanish chastotasi n (min^{-1}), yuvish suyuqligi sarfi Q (m^3/s), tizim bosimi Δp (Pa), suyuqlik zichligi ρ (kg/m^3) va vibratsiya darajasi. Nazorat chegaralari muayyan qurilma pasporti, geologik sharoit va ish rejimiga qarab belgilanadi; universal xavfsiz qiymat sifatida bitta son berilmaydi.

Suyuqlik uzatish tizimining gidravlik quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$N_h = \Delta p \times Q, \text{ W}, \tag{2}$$

bunda Δp – nasos hosil qilgan bosimlar farqi, Pa;

Q – hajmiy sarf, m^3/s.

Nasos samaradorligi η bo‘lsa, taxminiy kirish quvvati:

$$N_i = \frac{N_h}{\eta}. \tag{3}$$

Formulalar bosim va sarf ortishining energiya yuklamasiga ta’sirini baholaydi, ammo quvur yorilishining aniq ehtimolini bevosita hisoblamaydi [5].

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.114

Tahlilda ehtimollik va oqibat og‘irligining besh balli ekspert shkalasi qo‘llanib, $R = P \times S$ ko‘rsatkichi bo‘yicha xavflar ustuvorligi aniqlanadi. Mazkur ballar real avariya chastotasini emas, tanlangan ssenariylar bo‘yicha qiyosiy muhandislik bahosini ifodalaydi. Shuningdek, bosim, sarf, aylanish chastotasi va vibratsiyani kuzatish xavf belgilarini texnik holat bilan bog‘lash imkonini beradi.

Natijalar (Results). Burg‘ilash jarayonida xavf bilan bog‘liq to‘rtta asosiy ish bosqichini ajratish mumkin: (i) uzun metall shtangani qo‘lda ko‘tarish va yo‘naltirish; (ii) shtangalarni biriktirish; (iii) quduq og‘zida aylanish va yuvish jarayoni; (iv) bosim va dvigatel holatini boshqaruv panelida kuzatish. Ularning har biri turli himoya choralari talab qiladi.

Suyuqlik bilan bog‘liq texnik xavflar to‘rtta guruhga ajratiladi:

1) bosimli magistralning germetikligi buzilishi;

2) sarf yoki bosimning kutilmagan o‘zgarishi;

3) reologik xossalarning me’yordan chiqishi;

4) to‘kilish va ish maydonining sirpanchiq bo‘lishi.

Kimyoviy qo‘shimchalar ishlatilsa, ularning xavfsizlik pasporti (SDS), teri va ko‘zga ta’siri hamda chiqindini utilizatsiya qilish tartibi alohida baholanadi.

Nasos va quvur liniyalarida bosim ko‘tarilishi faqat quvur mustahkamligiga emas, birikmalar, muhrlar, klapanlar va kompensatorlarga ham ta’sir qiladi. Yuqori bosimli oqim teriga kirib borishi mumkinligi sababli sizishni qo‘l bilan tekshirish qat’iyan mumkin emas. Buning o‘rniga bosimni xavfsiz tushirish, ajratish, blokirovka va mos tekshirish usullari qo‘llanadi.

Illyustrativ hisob: $\Delta p = 2{,}4$ MPa va $Q = 0{,}012$ m³/s bo‘lsa,

$$N_h = 2\,400\,000 \times 0{,}012 = 28\,800 \text{ W} = 28{,}8 \text{ kW}.$$

$\eta = 0{,}80$ deb faraz qilinsa, $N_i \approx 36$ kW.

Ushbu qiymatlar haqiqiy qurilma o‘lchovi emas; ular sarf va bosimni birgalikda monitoring qilish nima uchun zarurligini ko‘rsatadi.

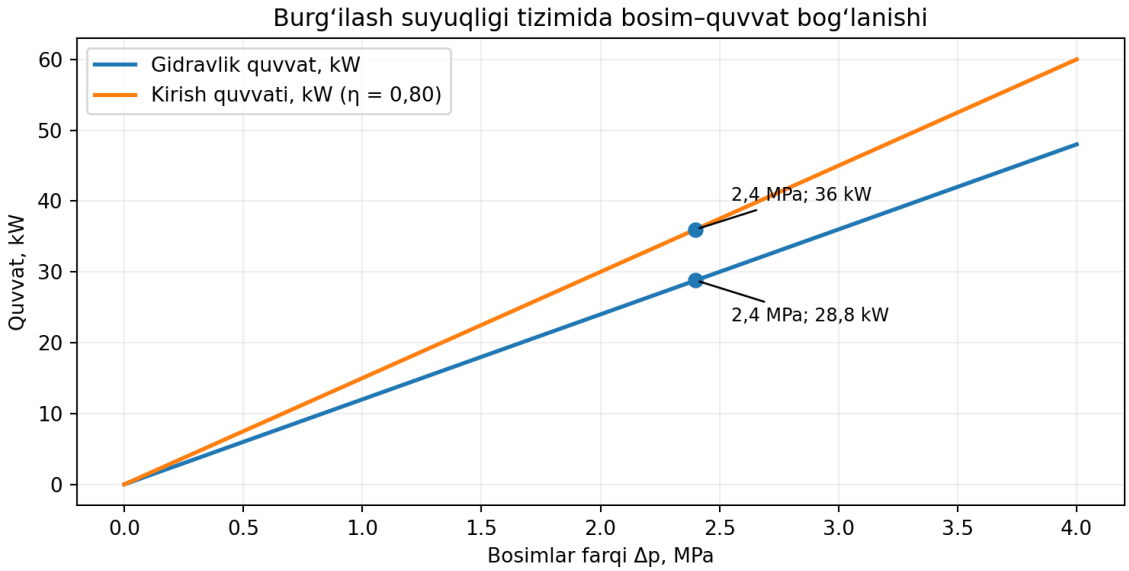
1-jadval

Burg‘ilash jarayonidagi xavflarning namunaviy ekspert bahosi

Jarayon	Ehtimoliy xavf	*P*	*S*	*R*
Shtangani qo‘lda ko‘tarish	Qisilish va zo‘riqish	4	3	12
Shtangani ulash	Barmoq qisilib qolishi	3	4	12
Aylanuvchi uzel	Ilashib qolish	3	5	15
Bosimli shlang	Yorilish yoki suyuqlik injeksiyasi	2	5	10
Suyuqlik aylanishi	Sarf pasayishi va tiqilish	3	3	9
Nam maydon	Sirpanish	3	2	6

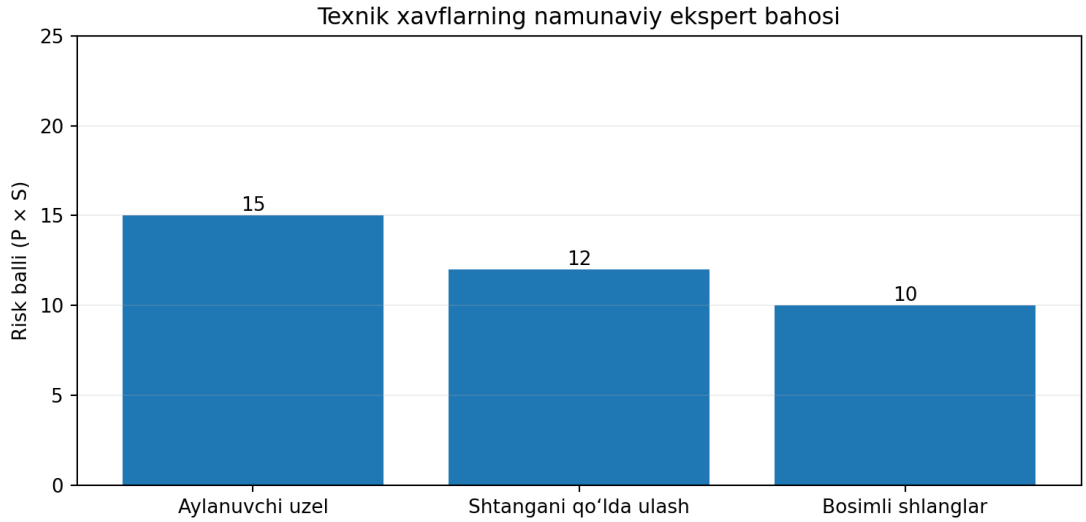
Natijalarga ko‘ra (1-jadval), aylanuvchi uzel bilan bog‘liq xavf nisbatan yuqori baholangan. Shtangalarni qo‘lda ko‘tarish va ulashda mexanik shikastlanish ehtimoli, bosimli shlanglarda esa oqibat og‘irligi alohida e’tibor talab etadi. Biroq mazkur tartib ishlab chiqarishdagi haqiqiy kuzatuvlar bilan aniqlashtirilishi lozim.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.114



Hisobiy model: Q = 0,012 m³/s doimiy; η = 0,80; o‘lchangan ma’lumot emas

1-rasm. Gidravlik quvvatning bosimga hisobiy bog‘liqligi



Manba: maqoladagi illyustrativ ballar; dala statistikasi emas

2-rasm. Texnik xavflarning namunaviy risk ko‘rsatkichlari

Burg‘ilash suyuqligi konturida bosim va sarfning birgalikda o‘zgarishi nasos yuklamasi hamda magistral holatini tavsiflaydi. Doimiy sarf sharoitidagi hisobiy bog‘lanish gidravlik quvvat bosimga mutanosib ravishda o‘zgarishini ko‘rsatadi (1-rasm). Ushbu natija suyuqlik tizimi uchun universal xavfsiz ish bosimini belgilamaydi; bunday chegaralar uskuna pasporti va geologik sharoitga qarab aniqlanadi.

Natijalar tahlili (Analysis). Risk ballarining nisbiy taqqoslanishi (2-rasm) aylanuvchi uzel (R=15), shtanga bilan qo‘lda ishlash (R=12) va yuqori bosimli shlanglar (R=10) bo‘yicha dastlabki muhandislik choralarini birinchi navbatda ko‘rib chiqish kerakligini ko‘rsatadi. Bu tartib ekspert ssenariylariga asoslangan bo‘lib, real uchastkada chastota va og‘irlik ma’lumotlari yig‘ilgach qayta kalibrlanishi zarur.

Bir xavfni bartaraf etish boshqa xavfga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Masalan, shtangani mexanizatsiyalash qo‘l bilan ko‘tarish yuklamasini kamaytiradi, ammo yangi ushlagichning qisish

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.114

nuqtalarini yuzaga keltiradi. Shuning uchun yangi texnik yechim joriy etilgandan keyin ham qayta risk baholash talab etiladi.

Oddiy risk indeksiga qo‘shimcha sifatida bir nechta parametr bo‘yicha ogohlantirish indeksini kiritish mumkin:

$$I = w_1 z_M + w_2 z_P + w_3 z_Q + w_4 z_V, \quad (4)$$

bunda z – parametrning me’yoriy bazaga nisbatan normallashtirilgan og‘ishi;

w – vazn koeffitsiyenti va $\Sigma w = 1$.

Bu indeks diagnostik yordamchi ko‘rsatkichdir; mustaqil sertifikatlangan himoya tizimining o‘rnini bosa olmaydi. Vaznlarni aniqlash uchun avariya va texnik xizmat ma’lumotlari kerak.

Mexanik va gidravlik parametrlarning o‘zaro bog‘liqligi sababli faqat bitta signal asosida nosozlik to‘g‘risida qat’iy xulosa chiqarish maqsadga muvofiq emas. Masalan, aylantiruvchi momentning ortishi tog‘ jinsining qarshiligi, asbob tiqilishi yoki uzatma holati bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Bosimning o‘zgarishi ham nasos rejimi, sarfning kamayishi yoki quvur yo‘lidagi qarshilik natijasida yuzaga keladi. Shuning uchun diagnostika xulosalari bir nechta parametr va texnik ko‘rik ma’lumotlariga tayangan holda chiqarilishi kerak.

Burg‘ilash jarayonida texnologik avariyalar va geologik asoratlarning oldini olish mexanik birikmalar mustahkamligini, burg‘ilash suyuqligi aylanishini va uskunaning ish rejimini o‘zaro bog‘liq holda nazorat qilishni talab etadi [6].

Muhokama (Discussion). Taklif etilgan metodika xavf tahlilini faqat mexanik uzellar bilan cheklamasdan, ishchilar faoliyati va burg‘ilash suyuqligi konturini ham qamrab oladi. Aynan yordamchi operatsiyalar – shtangani qo‘lda tashish, biriktirish, maydonni tayyorlash – mexanizatsiya va tashkiliy nazoratning birgalikda qo‘llanishini talab qiladi.

ISO 12100 xavfni kamaytirishda konstruktiv xavfsizlik va himoya choralarini izchil tanlashni tavsiya etadi; ISO 45001 esa bunday choralarni korxonaning mehnat xavfsizligi boshqaruv tizimi bilan bog‘lashga xizmat qiladi [7, 8]. Ushbu maqoladagi risk matritsasi mazkur yondashuvlarga mos amaliy saralash vositasi bo‘lib, standartlarning to‘liq o‘rnini bosmaydi.

Nazariy baholashning chegarasi shundaki, risk ballari aniq burg‘ilash qurilmasining pasport ko‘rsatkichlari, geologik sharoiti va avariya statistikasi bilan tekshirilmagan. Shu bois hisobiy xavf darajasi amalda qayd etilgan nosozlik yoki hodisa chastotasini anglatmaydi.

Keyingi bosqichda kamida bir necha ish sikli davomida moment, aylanish chastotasi, suyuqlik bosimi va sarfi qayd etilib, har bir xavfli hodisa yaqinlashuvi (near miss), rejadan tashqari to‘xtash va texnik xizmat dalolatnomasi bilan bog‘lanishi kerak. Shu ma’lumotlar asosida risk baholarining sezgirlik tahlili va nazorat choralari samaradorligini statistik tekshirish mumkin.

Amaliy jihatdan eng muhim vazifa texnik himoya va tashkiliy nazoratni o‘zaro muvofiqlashtirishdir. Shtangalarni mexanizatsiyalashgan vositalar bilan ko‘chirish, aylanuvchi uzellarni to‘siqlash, shlanglarni muntazam tekshirish, bosimni tushirgandan keyin ta’mirlash va ishga ruxsat berish tartibini qo‘llash xavfni kamaytirishga xizmat qiladi. Monitoring ma’lumotlari texnik xizmat rejasini tuzishda qo‘shimcha asos bo‘lishi mumkin, lekin sertifikatlangan favqulodda himoya tizimlarini almashtirmaydi.

Xulosa. Burg‘ilash uskunalarining xavfsiz ekspluatatsiyasi mexanik, gidravlik, elektr va tashkiliy omillarni yagona tizim sifatida ko‘rib chiqishni talab etadi. Namunaviy ekspert baholashda aylanuvchi uzellar, shtanga bilan ishlash va bosimli magistrallar ustuvor nazorat yo‘nalishlari sifatida ajratildi. Burg‘ilash suyuqligining bosimi, sarfi va xossalarini kuzatish texnologik buzilishlarning dastlabki belgilarini aniqlashga ko‘maklashadi. Taklif etilgan yondashuvni ishlab chiqarishga tatbiq etishdan oldin real kuzatuvlar, qurilma hujjatlari va mahalliy xavf mezonlari asosida tekshirish zarur.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.114

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bourgoyne A.T. Jr., Millheim K.K., Chenevert M.E., Young F.S. Applied Drilling Engineering. – Richardson: Society of Petroleum Engineers, 1986. – 502 p.

2. Azar J.J., Samuel G.R. Drilling Engineering. – Tulsa: PennWell Corporation, 2007. – 486 p.

3. Caenn R., Darley H.C.H., Gray G.R. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids. – 7th ed. – Cambridge: Gulf Professional Publishing, 2017.

4. Samuel G.R. Downhole Drilling Tools: Theory and Practice for Engineers and Students. – Houston: Gulf Publishing Company, 2007.

5. Samuel G.R., Liu X. Advanced Drilling Engineering: Principles and Designs. – Houston: Gulf Publishing Company, 2009.

6. Normayev Q.H. Skvajinalarni burg‘ilashda texnologik avariyalarni va geologik asoratlarni bartaraf etuvchi texnik yechimlarni ishlab chiqish: texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati. 04.00.16 – Konchilik mashinalari. – Navoiy, 2024.

7. ISO 12100:2010. Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction. – Geneva: ISO, 2010.

8. ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. – Geneva: ISO, 2018.