

## **АНАЛІЗ ПРИЧИН ВІДМОВ ОСНОВНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН**

*М.Й.Федорів, У.М.Николин, С.В.Костишин*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
вул. Карпатська, 15, Україна, тел. (03422) 48003, 70019; e-mail: epeo@ifdtung.if.ua*

*Проведено аналіз чинників, що впливають на надійність електробурового обладнання з врахуванням особливостей процесу спорудження свердловин. Систематизовано причини відмов комплексу бурової установки. Проаналізовано статистичні дані про відмови електробура в Прикарпатському УБР. Описано причини відмов малонадійних елементів системи живлення електробура.*

Ключові слова: експлуатація бурових установок, відмова електрообладнання, причини відмов бурового обладнання, малонадійні елементи електробура

*Проведен анализ факторов, влияющих на надежность оборудования, для электробурения с учетом особенностей процесса строительства скважин. Систематизированы причины отказов комплекса буровой установки. Проанализированы статистические данные об отказах электробура в Прикарпатском УБР. Описаны причины отказов малонадежных элементов системы питания электробура.*

Ключевые слова: эксплуатация буровых установок, отказ электрооборудования, причины отказов бурового оборудования, малонадежные элементы электробура.

*In the article it is analyzed affecting factors on reliability of electric drilling equipment taking into account peculiarities of well construction. It is systematized failure causes for well drilling equipment. It is analyzed statistics of electric drill failures of Prykarpatyia Drilling Department. It is described failure causes of unreliable elements of electric drill feed system.*

Keywords: drilling rig operation, electric equipment failure, failure causes of drilling equipment, unreliable electric drill elements.

Одним з основних критеріїв оцінки економічної ефективності функціонування електрообладнання для буріння свердловин є його надійність. Надійність електричного обладнання характеризується показниками надійності, які є функціями, залежними від випадкових величин (інтенсивності відмов, напрацювання на відмову та ін.). При здійсненні аналізу показників надійності функціонування комплексу електротехнічних засобів для буріння свердловин важливим етапом є визначення можливих причин виходу з ладу (тобто відмов) складових елементів. Для відмов характерною є стохастичність, яка обумовлена випадковим розкидом параметрів початкового стану бурової установки та свердловини, а також імовірнісним характером накопичення пошкоджень під час експлуатації обладнання.

На сьогодні електрообладнання для буріння свердловин на більшості бурових установках працює на межі свого терміну експлуатації, тобто є фізично застарілим. Як наслідок, зростає кількість відмов та вимкнень. Кожна відмова, зазвичай, спричинює простоювання установки, скупання обладнання, зростання втрат електроенергії, матеріальні збитки тощо. Тому з метою мінімізації цих наслідків, а також для оптимізації споживання електроенергії під час аналізу надійності електрообладнання для буріння свердловин необхідним є детальний аналіз причин відмов.

В праці [1] як визначальні для електрообладнання нафтової промисловості виокремлюються природо-кліматичні чинники, а саме: низькі температури повітря та її різкі коливання,

обледеніння, вітер, слабкість ґрунтів. Також несприятливими чинниками є агресивне навколишнє середовище і наявність газів, що супроводжують розробку і експлуатацію свердловин. Проте даний підхід не є визначальним для нафтопромислових районів України, оскільки ці райони розташовані в помірному кліматичному поясі.

В [2,3] проаналізовано загальні причини виходу з ладу основного електрообладнання, а саме: синхронних генераторів, силових трансформаторів, високовольтної апаратури, ліній електропередавання з врахуванням нормальних умов експлуатації.

У статті [4] подано короткий огляд чинників впливу на надійність системи електропостачання та намічено шляхи вдосконалення методики оцінки надійності.

Як бачимо, існуючі підходи щодо визначення чинників, які спричиняють відмови електрообладнання загалом і комплексу для буріння свердловин в Україні зокрема не відображають повною мірою сучасних умов експлуатації в процесі розробки свердловин.

Метою даної роботи є визначення характерних причин відмов елементів комплексу електрообладнання для буріння свердловин з врахуванням умов Прикарпатського регіону.

Сукупність основного електрообладнання для буріння свердловин є складною багатоелементною системою для розподілу, перетворення та споживання електроенергії і керування технологічним процесом у процесі спорудження свердловини.

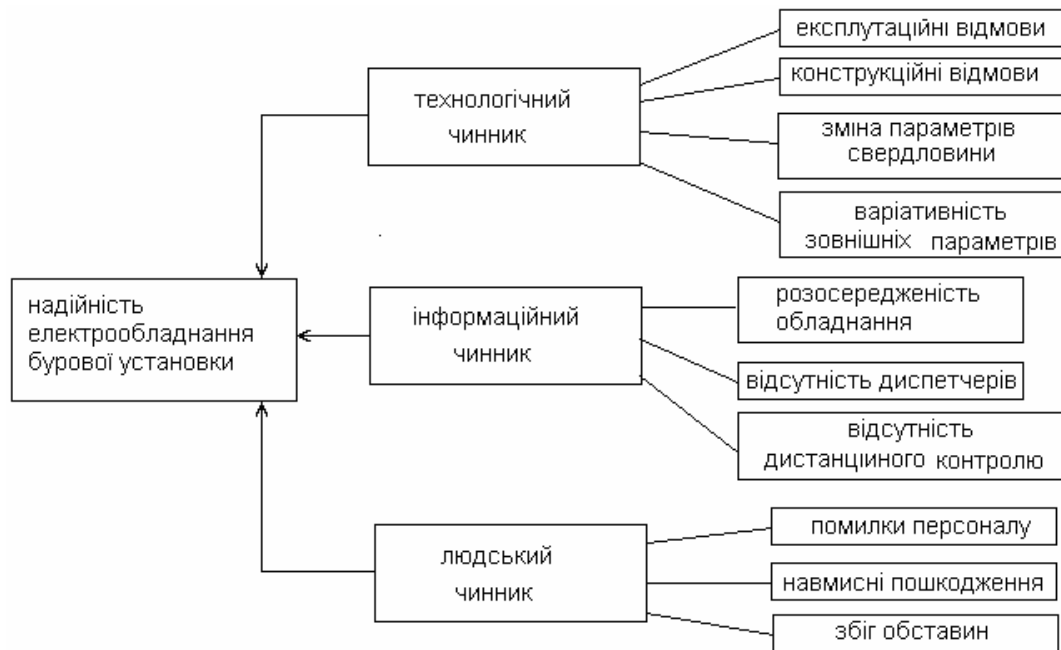


Рисунок 1 — Класифікація чинників, що впливають на надійність електрообладнання комплексу для буріння свердловин

Згідно з узагальненою класифікацією чинників [4], що впливають на надійність електрообладнання, виділяють інформаційний, технологічний та людський чинники.

Проведемо аналіз цих чинників з врахуванням особливостей електрообладнання для процесу створення свердловини. До технологічних причин відмов слід віднести чинники, що зумовлюють експлуатаційні та конструкційні відмови. Експлуатаційні відмови бурового обладнання спричинені високими температурами середовища, в якому працює частина електрообладнання, нестабільністю електропостачання, низькою якістю електроенергії, забрудненням обладнання тощо. До конструкційних відмов належать відмови, причинами яких є наявність дефектів виробництва електрообладнання, а також пошкодження обладнання під час транспортування та монтажу на місці експлуатації. Крім цього, до технологічних чинників належать зміна зовнішніх умов і зміна параметрів свердловини. Наявність у розрізі свердловини пластичних відкладів з різною міцністю, зон підвищених пластових тисків, похилі горизонти буріння створюють додаткові навантаження на електрообладнання, що з часом спричинює його відмову. Але, не зважаючи на таку ясність технологічних чинників, їх оцінювання супроводжується певними труднощами, а саме: відсутністю достатньої кількості експлуатаційних даних, необхідних для отримання одиничних та комплексних показників надійності обладнання, необхідністю проведення спостереження протягом тривалого періоду часу.

До інформаційних чинників відносимо розосередженість обладнання бурових установок на великій території, відсутність диспетчерів, які б займались збиранням, опрацюванням та аналізом ретроспективної інформації про

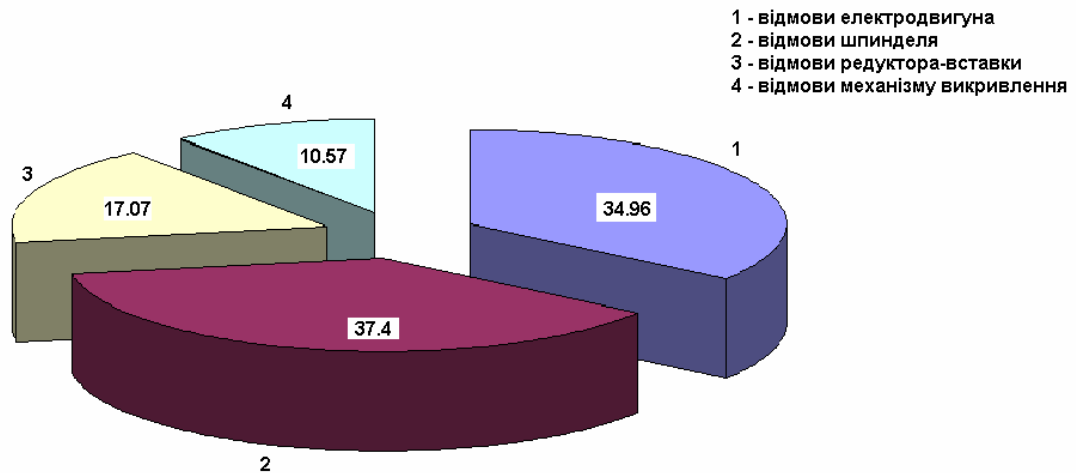
причини виходу з ладу обладнання, а також відсутність засобів дистанційного контролю. У зв'язку з цим даний клас чинників також важко формалізувати та оцінити.

Людський чинник є об'єднуючим, оскільки присутній у вище зазначених чинниках. До цього чинника належать відмови, причинами яких є помилки обслуговуючого персоналу, навмисні пошкодження особами, збіг обставин. У зв'язку з чітко вираженим стохастичним характером даного чинника, його аналіз є найбільш важким та трудомістким.

Загальну структуру чинників, що впливають на надійність електрообладнання для буріння свердловин зображено на рис. 1.

Тепер проаналізуємо можливі причини відмов основного електрообладнання бурової установки за статистичними експлуатаційними даними буріння свердловин в умовах Прикарпаття.

До складу бурової установки входить різноманітне обладнання: буровий насос, для привода якого слугують електричні двигуни з широким діапазоном потужностей та на різну номінальну напругу живлення, лебідка, ротор, привод долота, допоміжні механізми та ін. [5]. Це зумовлює нерівномірність розподілу навантаження між фазами і, як наслідок, несиметричність режимів мережі живлення. Крім цього, обладнання на буровій установці працює в різних режимах роботи (тривалому, короткочасному, повторно-короткочасному), що спричиняє нерівномірний графік навантаження, різкі коливання величини робочих потужностей. Також процес спорудження свердловини супроводжується частими змінами технічних параметрів буріння, що може провокувати перевантаження електрообладнання і, відповідно, його додаткове нагрівання. Деяке обладнання буро-



**Рисунок 2 – Діаграма розподілу відмов складових вузлів електробура (у відсотках)**

вої установки працює на постійному струмі або вимагає наявності різної частоти обертання, що пояснює присутність різних перетворювачів електричної енергії змінних параметрів на постійні, тиристорних перетворювачів частоти обертання тощо. Але негативною рисою цих пристроїв є генерування вищих гармонік, що погіршує якість електроенергії на буровій установці. Також погіршенню якості електроенергії сприяють значні втрати енергії в елементах розподільчої мережі установки. Негативний вплив на роботу обладнання чинять механічні пошкодження та вібрації.

Причинами відмов занурювального обладнання є його робота в агресивному середовищі промивальної рідини, в умовах високих температур і тисків. Ці чинники обумовлюють перегрівання цього обладнання, руйнування його складових частин.

Відмови електричного привода бурового насоса спричинені збільшенням кількості частинок породи в буровому розчині, а також зношуванням робочого каналу насоса. Внаслідок цього зростає навантаження на двигун, відбувається перегрівання його обмоток, що є причиною пробоя ізоляції.

Якщо спостерігається прихоплення долота породою, то бурова лебідка працюватиме з різкими перевантаженнями під час операції піднімання колони бурових труб.

Відмови ротора трапляються внаслідок заклинювання долота на вибої свердловини з причини неоднорідності породи, що буриться.

Авторами було проведено узагальнення статистичних даних по відмовах обладнання електробура. У 2007 році Прикарпатським УБР було пробурено 8441 м загальної проходки з використанням електробура. За цей період спостерігалось 123 відмови електробура. Причини цих відмов полягали у виході з ладу складових вузлів, а саме: відмова електродвигуна (43 відмови), відмова шпинделя (46 відмов), відмова редуктора-вставки (21 відмова), відмова механізму викривлення (13 відмов). Діаграма відсоткового розподілу відмов електробура зображена на рис. 2.

Як видно з діаграми, більшість відмов електробура відбувається внаслідок виходу з ладу шпинделя. Основними причинами цих відмов є виточки оливи з тіла шпинделя, тобто спостерігалось порушення герметичності сальників. Відмови сальників були зумовлені явищем зношування поверхонь торцевих кілець ущільнення, деформацією гумових ущільнюючих кілець. Також відмови шпинделя траплялись внаслідок його механічного руйнування.

Значна частка відмов електробура припадає на електродвигун. Вагомими причинами цього явища є електричний пробій ізоляції обмоток статора. До цього призвели надмірне нагрівання обмоток, а також підвищений розхід оливи через розгерметизацію сальника. Пошкодження сальника також обумовлює додаткове зволоження обмоток статора промивальною рідиною. До відмов обмоток двигуна призвели і механічні пошкодження в процесі експлуатації.

Вихід з ладу редукторної вставки є причиною 17,07% відмов електробура. Основними недоліками цього вузла є явище зношування елементів зубчастого зчеплення, руйнування з'єднувальної муфти, механічні пошкодження корпусу. Потрапляння промивальної рідини також спричинює руйнування підшипників редуктора-вставки.

Причинами відмов механізму викривлення є ненадійне ущільнення з допомогою шарнірної втулки, руйнування корпусу механізму.

Як показали попередні розрахунки [5], малонадійними елементами системи живлення електробура є струмоприймач та пристрій контролю ізоляції. За 2007 рік було зафіксовано 73 пошкодження струмоприймачів і 91 відмову пристрою контролю ізоляції. Причини відмов цих елементів наведено у табл. 1 та табл.2.

Аналізуючи табл.1 і табл.2, ми бачимо, що пошкодження кабельного вводу обумовлює основну частину відмов як струмоприймача, так і пристрою контролю ізоляції. Це явище можна пояснити низькою якістю кабельного вводу, недотриманням правил технічного обслуговування з'єднання «струмоприймач – квадратна

штанга», а також високою температурою на вибої.

**Література**

**Таблиця 1 – Причини відмов струмоприймачів**

№ з/п	Причина відмови	Кількість пошкоджень
1	Перекриття контактів муфти кабельного вводу	30
2	Пробій ізоляції кабельного вводу	21
3	Механічні пошкодження	9
4	Порушення герметизації	7
5	Заклинювання щіток в щіткотримачі	6

**Таблиця 2 – Причини відмов пристрою контролю ізоляції**

№ з/п	Вид пошкодження	Кількість пошкоджень
1	Пробій ізоляції кабельного вводу	32
2	Перекриття контактів муфти кабельного вводу	31
3	Вихід з ладу тиристорів	11
4	Явище зношування різьбових з'єднань	8
5	Механічні пошкодження	6
6	Відмови за технологічними причинами	3

**Висновки**

1 Здійснено узагальнену класифікацію чинників, що спричиняють відмову електрообладнання комплексу для буріння свердловин.

2 На основі статистичних даних роботи електробурового обладнання було виявлено характерні пошкодження складових вузлів та описано причини відмов цих елементів.

3 Перспективою подальших досліджень є дослідження впливу зазначених причин відмов на рівень показників надійності електрообладнання бурових установок.

1 Повышение надежности и эффективности электрооборудования и устройств электроснабжения предприятий нефтегазовой промышленности в условиях Западной Сибири и Крайнего Севера [Текст]: обзорная информация. ВНИИОЭНГ / Б.Г.Меньшов, Ю.С.Жуков, В.И.Ящерицын, М.С.Ершов. – М.: Типография ХОЗУ Миннефтепрома, 1981. – 44 с. – Сер. «Машины и нефтяное оборудование».

2 Фокин Ю.А. Оценка надежности систем электроснабжения [Текст] / Ю.А. Фокин, В.А.Туфанов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 224 с.

3 Гук Ю.Б.. Анализ надежности электроэнергетических установок [Текст]/ Ю.Б.Гук. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр.отд-ние, 1988. – 224 с.

4 О совершенствовании методики оценки надежности электроснабжения [Электронный ресурс]: материалы II международ. науч.-практ. интернет-конференции «Энерго- и ресурсосбережение – XXI век». – Орел, 2004. – С. 150–152.

5 Аналіз надійності ремонтпридатного електрообладнання систем електропостачання бурових установок [Текст] / М.Й.Федорів, І.В.Гладь, У.М.Маскевич // Методи та прилади контролю якості. – 2007. – № 19. – С.60-65.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
16.11.09*

*Рекомендована до друку професором  
В.С. Костишиним*