Тема роботи:

«Аналіз та розробка технології ремонту гвинтового забійного двигуна типу Д-195»

Частина І: «Аналіз конструкції гвинтового забійного двигуна типу Д-195»

Виконав: студент групи ЗГМБ-22-1 _____ О.С.Симоненко

Керівник випускної роботи: канд.техн.наук, доц. _____ О.Ю.Кривенко

Частина ІІ: «Розробка технології ремонту гвинтового забійного двигуна типу Д-195»

Виконав: студент групи ЗГМБ-22-1 _____ О.Ю.Пашковська

Керівник випускної роботи: канд.техн.наук, доц. _____ О.Ю.Кривенко

Кривий Ріг

2026 р

ВСТУП

Буріння свердловин є одним із ключових технологічних процесів у нафтогазовій, гірничодобувній та геологорозвідувальній галузях промисловості. Від ефективності бурових робіт значною мірою залежить продуктивність освоєння родовищ корисних копалин, швидкість проходки свердловин та економічні показники видобувних підприємств. У сучасних умовах постійного зростання глибини буріння та ускладнення гірничо-геологічних умов особливо важливого значення набуває застосування високоефективного бурового обладнання, яке забезпечує надійну та стабільну роботу бурильного інструменту.

Під час буріння свердловин руйнування гірських порід здійснюється буровим долотом, яке повинно обертатися з певною частотою та передавати на вибій необхідне осьове навантаження. Обертання долота може здійснюватися двома основними способами: за допомогою ротора, розташованого на поверхні бурової установки, або за допомогою спеціальних забійних двигунів, що встановлюються безпосередньо в нижній частині бурильної колони над долотом. Використання забійних двигунів дозволяє значно підвищити ефективність буріння, зменшити втрати енергії при передачі крутного моменту через довгу бурильну колону, а також забезпечити більш стабільний режим роботи долота.

Для обертання долота в сучасній практиці буріння використовуються гідравлічні та електричні забійні двигуни. До гідравлічних двигунів належать турбобури та гвинтові об’ємні двигуни, робота яких базується на використанні енергії потоку бурового розчину, що подається насосами по бурильній колоні. Електричні забійні двигуни — електробури — являють собою маслонаповнений електродвигун трифазного змінного струму, з’єднаний зі шпинделем, на якому встановлюється бурове долото. Живлення електродвигуна здійснюється через спеціальний кабель, розміщений усередині бурильної колони.

Ідея застосування забійного двигуна для буріння свердловин виникла ще наприкінці XIX століття, однак практична реалізація цієї ідеї була здійснена значно пізніше. Перший турбобур був застосований для буріння свердловин у 1923 році радянським інженером М.А. Капелюшниковим. Цей турбобур мав

одноступінчасту осьову турбіну, яка розвивала частоту обертання 2000–2500 об/хв. Для зниження швидкості обертання до значень, придатних для роботи бурового долота (50–200 об/хв), турбіну було з'єднано з планетарним редуктором. Однак на той час не вдалося забезпечити достатню надійність та довговічність редуктора, тому подальші роботи над цією конструкцією були тимчасово припинені.

Пізніше у США, в штаті Каліфорнія, інженером Шарпенбергом були проведені випробування багатоступінчатого турбобура з редуктором, проте й ця конструкція не набула широкого застосування через технічні труднощі та недостатню надійність. Значний прогрес у розвитку турбінного буріння був досягнутий приблизно через десять років, коли інженерами П.П. Шуміловим, Е.І. Тагієвим, М.Т. Гусманом і Р.А. Іоаннесяном був створений багатоступінчатий турбобур, спочатку з кульковими підшипниковими опорами, а згодом із резинометалевими опорами. Широке впровадження цього типу турбобурів у промисловість почалося у 1946 році. Турбінне буріння отримало значне поширення і стало одним із основних способів буріння нафтових і газових свердловин.

Разом із тим турбобури мають певні недоліки. Висока частота обертання їхнього валу призводить до інтенсивного зносу шарошкових доліт, що зменшує їх ресурс та потребує частих підйомів бурильної колони для заміни долота. Це знижує загальну ефективність буріння, незважаючи на високу механічну швидкість проходки.

З метою усунення зазначених недоліків у 60-х роках XX століття у Всесоюзному науково-дослідному інституті бурової техніки були розпочаті роботи зі створення нового типу забійного двигуна — гвинтового об'ємного гідравлічного двигуна. Роботи виконувалися під керівництвом інженерів М.Т. Гусмана, Ф.Д. Балденка та А.М. Колчина. Основною особливістю таких двигунів є використання гвинтової пари «ротор–статор», що перетворює енергію потоку бурового розчину в обертальний рух. Гвинтові забійні двигуни забезпечують порівняно невелику частоту обертання (близько 50–200 об/хв), що є оптимальним режимом роботи для більшості типів бурових доліт. Перші дослідні зразки таких

двигунів були випробувані у 1967–1969 роках, після чого вони поступово набули широкого застосування в практиці буріння.

Важливим напрямом розвитку бурової техніки стало також створення електричних забійних двигунів. Перший електробур був розроблений у Радянському Союзі у 1938–1940 роках групою інженерів у складі Н.Р. Грігоряна, А.Л. Ільського, А.А. Богданова, Н.В. Александрова та А.П. Островського. За допомогою цього електробура на нафтовому промислі «Азизбеков-нафта» (м. Баку) була пробурена свердловина глибиною 1468 м. У подальшому електробури отримали застосування при бурінні похило-скерованих свердловин у складних геологічних умовах.

У сучасній практиці буріння гвинтові забійні двигуни отримали особливо широке застосування завдяки своїй надійності, простоті конструкції, високому коефіцієнту корисної дії та здатності ефективно працювати в складних умовах буріння. Вони використовуються як при вертикальному, так і при похило-скерованому та горизонтальному бурінні свердловин. Одним із поширених типів таких двигунів є гвинтовий забійний двигун типу Д1-195, який відзначається високою потужністю, надійністю та ефективністю роботи.

Аналіз конструкції таких двигунів є важливим завданням для підвищення ефективності бурових робіт, удосконалення конструкції бурового обладнання та збільшення ресурсу його основних вузлів.

Метою бакалаврської роботи є аналіз конструкції гвинтового забійного двигуна типу Д1-195 та удосконалення технології його ремонту.

Об'єктом дослідження є гвинтовий забійний двигун, що використовується при бурінні нафтових і газових свердловин.

Предметом дослідження є конструктивні особливості, принцип роботи та технологія ремонту двигуна типу Д1-195.

Частина І: «Аналіз конструкції гвинтового забійного двигуна типу Д-195»

РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАШИНИ

1.1 Методи підвищення продуктивності пластів

Усі наявні способи підвищення продуктивності видобувних свердловин та прийомистості нагнітальних свердловин спрямовані або на зменшення гідравлічного опору у привибійній зоні продуктивного пласта, або на підвищення депресії на пласт. Для зниження гідравлічних втрат у привибійній зоні, залежно від факторів, що їх зумовлюють, використовують різні методи впливу, серед яких найбільшого поширення набули кислотні обробки та застосування органічних розчинників. З метою збільшення депресії на пласт застосовують різноманітні методи обмеження припливу води до свердловин.[2].

1.1.1 Фізико-хімічний вплив на привибійну зону продуктивних пластів

На сьогодні для відновлення та підвищення проникності привибійної зони пласта широко застосовуються різні види кислотних обробок, зокрема солянокислотні, термокислотні, пінокислотні, газокислотні та глинокислотні. Основним призначенням кислотних впливів є забезпечення максимально можливого нафтовилучення. Досягнення такого результату стає можливим завдяки залученню до розробки низькопроникних та раніше закольматованих пропластків. Особливо важливого значення кислотні обробки, поряд з іншими способами впливу на привибійну зону продуктивних пластів, набувають під час експлуатації родовищ зі складними гірничо-геологічними умовами, коли поклади характеризуються значною товщиною нафтогазоносних горизонтів і представлені низькопроникними піщано-алевролітовими пластами з прошарками глин та аргілітів. За своєю сутністю фізико-хімічний вплив на привибійну зону пласта сприяє зростанню продуктивності свердловин. Однак, враховуючи багатокомпонентність цих процесів, їх результативність визначається сукупністю факторів, які залежать від властивостей об’єкта впливу (пласта та свердловини), правильності встановлення причин зниження продуктивності, а також

відповідності обраного методу і технології конкретним умовам застосування. Саме тому вибір способу впливу та технології його реалізації повинен ґрунтуватися на всебічному багатофакторному аналізі й дослідженні взаємозв'язків між об'єктом впливу — конкретною свердловиною з її геолого-технічними характеристиками — та предметом впливу, тобто методом, його механізмом дії, технологічними особливостями і регламентом застосування.

Одним із сучасних перспективних методів кислотної обробки, що застосовується нині, є вплив на привибійну зону продуктивного пласта азотною кислотою. Ефективність використання азотної кислоти та композицій на її основі пояснюється тим, що сама кислота і продукти її взаємодії з породою пласта здатні знижувати в'язкість нафт із підвищеним вмістом асфальтосмолистих речовин. Окрім цього, продукти реакції азотної кислоти з породою проявляють деемульгувальну дію щодо обводненої пластової нафти. Разом із тим кислотні композиції на основі азотної кислоти, як і сама азотна кислота, є надзвичайно сильними окисниками. Їх використання під час кислотних обробок спричиняє інтенсивну корозію та руйнування елементів ущільнення й обладнання нафтопромислових об'єктів.

Отже, у разі створення продукту на основі азотної кислоти, який би зберігав усі її позитивні властивості, за винятком високої корозійної активності, можна буде говорити про формування нового напряму у розробленні технологічних процесів кислотного впливу на продуктивний пласт [2].

1.1.2 Методи боротьби з утворенням парафінових відкладень у привибійній зоні пластів

Усі відомі способи боротьби з парафіновими відкладеннями можна поділити на два основні напрями: методи запобігання їх утворенню та методи видалення вже сформованих відкладень. Кожен із цих напрямів, у свою чергу, включає декілька груп методів, застосування яких визначається рівнем технічного оснащення промислів і економічною ефективністю конкретного способу. Значного розвитку як в Україні, так і за кордоном нині набули методи

попередження формування парафінових відкладень. За своїм технологічним змістом вони поділяються на декілька груп: гідродинамічні методи, що базуються на підтриманні такого тиску, за якого ще не відбувається випадання парафіну з пластової нафти у привибійній зоні продуктивних пластів; теплові методи, засновані на підтриманні температури в пласті вище температури плавлення парафіну; а також хімічні методи, які передбачають використання полімерних розчинів і композицій на їх основі.

Методи видалення парафінових відкладень поділяються на теплові, в яких для очищення використовують енергію різних теплоносіїв і нагрівальних елементів, та найбільш прогресивні хімічні методи очищення привибійної зони продуктивних пластів і промислового обладнання із застосуванням різноманітних хімічних реагентів та композицій на їх основі.

До теперішнього часу на промислах Прикарпаття проблема боротьби з парафіновими відкладеннями вирішувалася переважно шляхом застосування теплових методів. Однак їх використання супроводжується значними матеріальними та трудовими витратами. Наприклад, для проведення однієї термообробки на свердловинах Бистрицького родовища необхідно залучати одну-дві паротеплові установки, дві автоцистерни з теплоносієм та бригаду працівників. Тривалість виконання однієї такої операції становить приблизно одну робочу зміну. Якщо врахувати, що періодичність теплових обробок у середньому складає 10–15 днів, а кількість нафтовидобувних свердловин дорівнює 14, то економічна недоцільність використання цього методу в умовах Бистрицького родовища стає очевидною. У зв’язку з цим виникла необхідність пошуку для Прикарпатських родовищ, що експлуатують високопарафінисту нафту, найбільш ефективних і рентабельних способів видалення парафінових відкладень у привибійній зоні продуктивних пластів. Такими способами можуть бути хімічні методи депарафінізації із застосуванням різних реагентів та композицій на їх основі. Практика використання цих методів на промислах країни підтвердила їх економічну доцільність і ефективність. Разом із тим індивідуальний підхід до вибору хімічних реагентів та композицій на їх основі

зумовлює необхідність більш глибокого й детального аналізу з метою визначення найефективніших із них.[2]

1.1.3 Методи ізоляції та обмеження припливу пластових вод у свердловини

Обмеження припливу пластових вод є складовою комплексу заходів, спрямованих на підвищення продуктивності свердловин та збільшення нафтовіддачі пластів.

Під час виконання робіт із обмеження водоприпливів ставляться такі основні завдання: зменшення обсягів попутно видобутої води, підвищення нафтового дебіту свердловин, а також регулювання процесу розробки родовища чи окремих його ділянок, зокрема шляхом покращення характеру витіснення нафти водою в зоні окремої свердловини або групи свердловин. Необхідно підкреслити, що кінцевий результат за всіма показниками безпосередньо залежить від якості проведення ізоляційних робіт, тобто від досягнутого рівня вибірковості. Так, наприклад, у НГДУ «Долінанафтогаз» ВАТ «Укрнафта» із п’яти операцій з обмеження водоприпливів, виконаних у 1990 році, успішними виявилися лише дві. У результаті за цими двома свердловинами вдалося скоротити приплив води на 13305 м3, що становило 0,6 % від загального обсягу попутно видобутої води по НГДУ. Загалом по ВАТ «Укрнафта» у 1990 р. роботи з обмеження водоприпливів були проведені на 44 свердловинах, що складало близько 2 % від діючого фонду. Додатковий видобуток нафти внаслідок виконаних заходів становив 20430 тонн, або 0,46 % річного обсягу видобутку.

Таким чином, як свідчить наведений аналіз, за нинішніх масштабів застосування заходів з обмеження водоприпливів та існуючих обсягів попутно видобутої води немає достатніх підстав очікувати, що ізоляційні роботи зможуть суттєво скоротити витрати на підйом води. Крім того, слід враховувати й те, що достовірно визначити свердловину, у якій обмеження припливу води забезпечить позитивний результат, досить складно.

Виходячи з цього, першочерговою метою проведення заходів з обмеження водоприпливів є підвищення нафтового дебіту свердловини після виконання ізоляційних робіт.

За умови якісного проведення робіт на їх ефективність впливають два основні фактори: ступінь зміни продуктивності свердловини та можливості підйомного обладнання.

Прогнозована зміна продуктивності свердловини після виконання ізоляційних робіт разом із характеристиками функціонування підземного обладнання повинна враховуватися під час обґрунтування доцільності проведення робіт на конкретній свердловині. Оскільки після ізоляційних робіт коефіцієнт продуктивності свердловини зменшується, точка спільної роботи пласта і підйомника зміщується у напрямку більших депресій на пласт. Залежно від ступеня зниження коефіцієнта продуктивності при незмінному підйомному обладнанні та режимі його експлуатації можливе істотне зменшення дебіту свердловини, якщо точка спільної роботи переходить у зону низької продуктивності підйомника. Якщо ж зміна продуктивності є такою, що точка спільної роботи переміщується в область незначної зміни продуктивності підйомника, то дебіт свердловини після ізоляційних робіт зміниться незначно. Для газліфтних свердловин можливе навіть збільшення дебіту по рідині у випадку, коли точка спільної роботи зміщується із зони оптимальної витрати робочого агента в область максимальної продуктивності. Тому, навіть допускаючи ймовірність зниження коефіцієнта продуктивності по нафті за умови значнішого його зниження по воді, найбільший приріст нафтового дебіту буде досягатися тоді, коли після ізоляційних робіт точка спільної роботи пласта і підйомника залишатиметься в області максимальної продуктивності. Менш сприятливими є умови, за яких збільшення депресії на пласт викликає різке зменшення продуктивності підйомника. У такому випадку падіння дебіту свердловини по рідині важко компенсувати зниженням обводненості продукції, а дебіт свердловини по нафті може виявитися нижчим, ніж до проведення ізоляційних робіт, навіть за умови збільшення частки нафти у продукції[2].

1.2 Аналітичний огляд існуючих конструкцій мобільних бурових установок для підземного ремонту свердловин

Для виконання підземного ремонту свердловин, які не оснащені стаціонарними буровими вежами, використовують підіймальні установки — агрегати, що являють собою комплекс обладнання, змонтований на транспортній базі. До їх складу входять лебідка, вишка з талевою системою, а також допоміжне обладнання та інструмент. За допомогою таких установок під час проведення підземного ремонту виконуються операції, пов'язані зі спуском і підйомом свердловинного експлуатаційного обладнання, розташованого всередині свердловини, а також різних технічних засобів, які застосовуються при здійсненні технологічних процесів. Агрегати, що використовуються для підземного ремонту, поділяються на установки для поточного та капітального ремонту свердловин. Установки для капітального ремонту характеризуються більшою вантажопідіймальністю і, крім обладнання, призначеного для поточного ремонту, можуть додатково комплектуватися промивочним насосом, ротором, вертлюгом та іншими пристроями, необхідними для обертання трубної колони.

Тракторна підіймальна установка УПТ-1-50 призначена для проведення спуско-підіймальних операцій з насосними штангами, насосно-компресорними та бурильними трубами під час виконання поточного і капітального ремонту свердловин, які не обладнані стаціонарними вежами.

Установка змонтована на базі трактора Т-130МГ-1 і включає телескопічну двосекційну вежу висотою 19 м та однобарабанний лебідковий блок, привід якого здійснюється від двигуна трактора.

Технічна характеристика:

- Вантажопідіймальність, т — 50;
- Потужність приводу, кВт — 117,6;
- Габаритні розміри, мм — 11100×2475×4090;
- Маса, кг — 24530.

Агрегат А-50У призначений для виконання спуско-підіймальних операцій при проведенні поточного та капітального ремонту свердловин глибиною до 3500 м з укладанням труб на містки, розбурюванням цементної пробки в колонах діаметром 141–168 мм та їх промиванням.

Таблиця 1.1 – Характеристика агрегату А-50У при оснащенні талевої системи 4×3

Швидкість	Швидкість каната, м/с	Швидкість талевого блоку, мм	Частота обертання вала барабана, об/хв	Вантажопідйомність, т
I	1,088	0,181	39,8	50,0
II	1,9	0,317	69,8	34,5
III	4,17	0,695	153,0	12,6
IV	7,8	1,215	268,0	7,5

Агрегат включає трансмісію, двобарабанну лебідку (підіймальний і тартальний барабани), телескопічну вежу з талевою системою, ротор із гідроприводом, компресор, гідродомкрати для підйому вежі, а також систему керування агрегатом і лебідкою. Вантажопідіймальність агрегату забезпечується при роботі підіймального барабана лебідки та оснащенні талевої системи 4×3.

Максимальне натягнення підіймального каната становить 100 кН, тартального — 73 кН; діаметр талевого каната дорівнює 25 мм, а тартального — 13 мм.

У робочому положенні телескопічна щогла має нахил 6°, а її висота до осі чотирироликового кронблока, обладнаного спеціальним роликом для тартального каната, становить 22 400 мм.

Керування механізмами агрегату, оснащеного обмежувачем підйому крюкоблока, здійснюється пневматично від компресора М-155-2. Гальма підіймального і тартального барабанів мають повітряне охолодження.

Привід навісного обладнання агрегату та промивного насоса виконується від ходового двигуна автомобіля КрАЗ-257 під час роботи на прямій передачі. Відбір потужності проводиться через розподільну коробку автомобіля.

Частота обертання вала та потужність ротора наведені нижче:

– Швидкість — I, II;

– Частота обертання, об/хв — 40, 70;

– Потужність гідравлічного двигуна М-20, кВт — 23,5; 44.

Максимальний тиск у гідросистемі приводу ротора становить 13 МПа, робочий — 8 МПа.

Промивний насос 9МГр змонтований на двовісному автопричепі 2ПН-2. Максимальний тиск насоса досягає 16 МПа при подачі 6,1 дм3/с. Найбільша подача становить 9,95 дм3/с і забезпечується за тиску 6 МПа.

Габаритні розміри агрегату (мм): довжина — 12 460, ширина — 2650, висота — 4160. Маса агрегату без насосного причепа становить 22 400 кг, маса насосного причепа — 4124 кг [1].

Агрегат АзІНМАШ-37А з максимальною вантажопідіймальністю 32 т, змонтований на шасі автомобіля КрАЗ-255Б, призначений для проведення поточного ремонту свердловин глибиною до 2900 м. Привід навісного обладнання лебідки здійснюється від тягового двигуна автомобіля ЯМЗ-238 потужністю 176 кВт при частоті обертання вала 2100 об/хв через коробку передач і розподільну коробку автомобіля.

Агрегат комплектується автоматом АПР-2ВБ або АПР-ГП з гідроприводом при використанні насосно-компресорних труб, а також автоматом АШК-Т — при роботі зі штангами.

Вежа є зварною, решітчастою, телескопічною, двосекційною конструкцією з відкритою передньою гранню. Вона обладнана обмежувачами підйому верхньої секції та крюкоблока. При досягненні крюкоблоком критичного верхнього положення обмежувач автоматично вимикає фрикціон лебідки та вмикає гальмо.

Талева система складається з одноосьового чотирироликового кронблока і крюкоблока 2КРБ2×28, до складу якого входять двохроликовий талевий блок і трирогий гак з амортизаційною пружиною.

Гідравлічна система забезпечує піднімання вежі та домкратів задньої опори, а також використовується як привід для лебідки висування верхньої секції вежі й автомата АПР-ГП, призначеного для згвинчування та розгвинчування насосно-компресорних труб.

Пневматична система служить для керування муфтами ввімкнення барабана, гідронасоса, дистанційного керування зчепленням двигуна, а також для

керування гальмом у разі спрацювання протизатягувального пристрою. Керування гальмівним механізмом лебідки здійснюється вручну з використанням пневматичного підсилювача від ножної педалі. Відстань від осі опорних домкратів до центра свердловини повинна становити 1500 мм. Оснащення талевої системи — 3×2, максимальний діаметр каната — 21,5 мм.

Габаритні розміри агрегату становлять 10180×2700×4000 мм, маса — 19 600 кг, у тому числі маса заправлення — 300 кг.

Освітлення агрегату, робочого майданчика та містків здійснюється вибухобезпечними світильниками ФВН-64-1 і ФВН-64-2 з подачею електроенергії від базового генератора або від мережі через трансформатор та випрямляч.

Установка для поточного і капітального ремонту свердловин КОРО-80 використовується при виконанні спуско-підіймальних операцій з насосно-компресорними та бурильними трубами, під час розбурювання цементних мостів, проведення ловильних робіт, фрезерування, нагнітання рідин у свердловину, а також при виконанні поточного та капітального ремонту свердловин глибиною до 5000 м.

Комплекс складається з трьох блоків: самохідної підіймальної установки УПА-80, змонтованої на чотиривісному автомобілі високої прохідності МАЗ-537, насосного блоку БНП-15Гр, змонтованого на двовісному причепі МАЗ-8926.[1]

КОРО-80 комплектується малогабаритним ротором Р-200, промивним вертлюгом ВП-80×200, механізованими ключами КгП з гідроприводом для бурильних труб діаметром 73 і 89 мм, механізованими ключами АПР-ГП для насосно-компресорних труб, а також комплектом інструменту для виконання спуско-підіймальних операцій.

Установка для ремонту свердловин TW 125 CA-A6-МАЗ 547 змонтована на автомобільному шасі МАЗ-547 з двигуном Caterpillar 3408 C-DITA потужністю 505 к.с. при 2000 об/хв і трансмісією Allison M/S 5000C з конвертором TC 6800.

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика агрегату АзІНМАШ-37А

Параметр	Значення
Номінальна вантажопідйомність, т	28
Максимальна вантажопідйомність, т	32
Діаметр бочки барабанам, мм	420
Довжина бочки барабана, мм	809
Діаметр гальмового шківа, мм	1000
Число гальмових шківів	1
Число гальмових стрічок	1
Ширина стрічки, мм	120
Охолодження гальма	Повітряне, примусове
Висота вишки від землі до осі кронблока, м	18
Висота підйому гака, м	12
Максимальна робоча вантажопідйомність на гаку (з відтяжними до шасі), тс	125
Статична вантажопідйомність вежі (з відтяжками до шасі), тс	150
Максимальна довжина підіймальних труб, м	18
Діаметр талевого канату, мм	25
Кількість передач на лебідці	5 + 1 R
Максимальна робоча глибина для підземного ремонту свердловини: НКТ 2 7/8′′, м	7100
НКТ 3 1/2′′, м	6700
НКТ 4 1/2′′, м	4800
ремонту свердловин з трубами 2 7/8′′, м	5200
ремонту свердловин з трубами 3 1/2′′, м	4800
ремонту свердловин з трубами 4 1/2′′, м	3500
Висота вежі, м	33,4
Максимальна швидкість вітру з максимальним: навантаженням на гаку, км/год	70
без навантаження на крюку, км/год	120
Рівні установки балкона верхнього робочого: рівень I, м	15,3
рівень II, м	16,5
рівень III, м	17,7
рівень IV, м	21,4
Ємність для складання свічок 18 м для: БТ 4 1/2′′, м	3000
БТ 3 1/2′′, м	4000
Робоча температура, °С	29 ÷ 49
Силовий блок установки	CAT 3408 C-PITA 505 к.с/2100 об/хв
Авто-шасі	МАЗ 547
двигун – тип	ЯМЗ
потужність	350 к.с/2100 об/хв
гідродинамічна трансмісія	8401/10-14
кількість швидкостей	4 + 2R
міжосьова відстань	2300
формула коліс	12х12

За наявності даного обладнання та інструменту установка дозволяє виконувати такі операції:

– підйом і спуск насосно-компресорних труб;

– підйом та спуск глибинних насосів;

– проведення фрезерувальних робіт;

– виконання буріння;

– нагнітання рідини у свердловину та здійснення робіт з капітального ремонту свердловин глибиною до 7100 м.

Установка УПА-60А (60×80) призначена для освоєння свердловин, а також проведення підземного і капітального ремонту. За допомогою цієї установки виконуються такі технологічні операції:

– розбурювання цементних пробок у трубах діаметром 146–168 мм (5–6′′);

– спуск та підйом насосно-компресорних і бурильних труб, а також промивання свердловин;

– монтаж експлуатаційного обладнання на усті свердловини;

– виконання ремонтних робіт та ліквідація аварійних ситуацій.

Усі механізми установки, за винятком промивного насоса, монтуються на шасі автомобіля КрАЗ-65101 [1].

1.3 Аналітичний огляд вибійних двигунів, що застосовуються при КРС

1.3.1 Турбобури

Турбобур являє собою вибійний гідравлічний двигун, оснащений багатоступеневою турбіною. Гідравлічна енергія потоку бурового розчину забезпечує обертання вала, який з’єднаний з валом шпінделя та долотом. Для різних умов буріння вітчизняною промисловістю випускаються турбобури, що відрізняються між собою діаметром, кількістю секцій, конструкцією і розташуванням опор, а також будовою турбінних апаратів. Уніфікована секція турбобура, яка застосовується для одно- та багатосекційних турбобурів, не має осьової опори, а осьові навантаження сприймаються опорою, що розміщується в секції шпінделя.

Уніфікована турбінна секція турбобура ЗТСШ-195 (рис. 1.1) складається з перевідника 1, який за допомогою конічної різьби з'єднується з корпусом 8. Усередині корпусу розташовані пакети статорів гідрогальма 7 і турбіни 10, що стискаються регулювальними кільцями 11 та фіксуються нижнім перевідником 12. Даний перевідник оснащений ніпелем з конічною замковою різьбою, до якого приєднується друга секція турбобура або секція шпінделя, а під час транспортування на нього нагвинчується захисний ковпак.

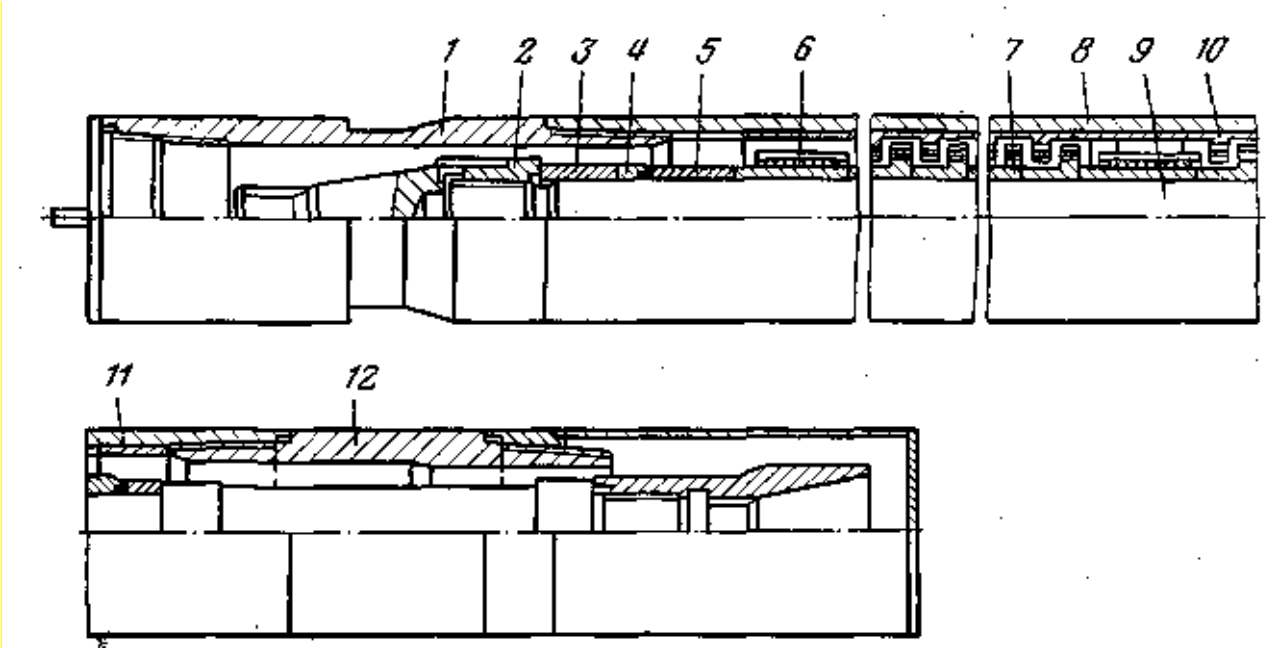


Рис. 1.1 – Уніфікована турбінна секція турбобура ЗТСШ-195

До групи деталей, що обертаються, належать регулювальне кільце 3, ущільнювальні втулки 4, розпірка 5, верхня та середня радіальні опори 6, а також пакети роторів гідрогальма 7 і турбіни 10, які закріплені на валу секції 9 за допомогою стягнутої напівмуфти 2.

У багатосекційних турбобурах з'єднання валів окремих секцій здійснюється за допомогою конічних або шліцьових муфт, установлених на різьбах з незначним кутом конусності.

Турбіна складається з великої кількості ступенів, число яких може досягати 370. Кожний ступінь (рис. 1.2) включає статор із зовнішнім 2 та внутрішнім 3 ободами, між якими розташовані лопатки 4, а також ротор, обід 1 якого оснащений лопатками 5. Лопатки статора і ротора розміщені під певним кутом

одна до одної, внаслідок чого потік рідини, що надходить із каналів статора на лопатки ротора, змінює напрямок руху та чинить тиск на них. У результаті виникають сили, які прагнуть повернути закріплений на валу ротор в один бік, а статор, закріплений у корпусі, — у протилежний.

Після цього потік бурового розчину з каналів ротора надходить на лопатки статора наступного, нижче розташованого ступеня, а далі — на лопатки його ротора, де знову відбувається зміна напряму потоку. На роторі другого ступеня також виникає крутний момент. Таким чином, буровий розчин під дією енергії тиску, створюваної буровим насосом на поверхні, проходить через усі ступені турбобура. У багатоступінчастій турбіні рух розчину здійснюється вздовж її осі. Активний крутний момент, який створюється кожним ротором, сумується на валу, а реактивний момент, рівний за величиною та протилежний за напрямом, що виникає на лопатках статора, передається на корпус турбобура.

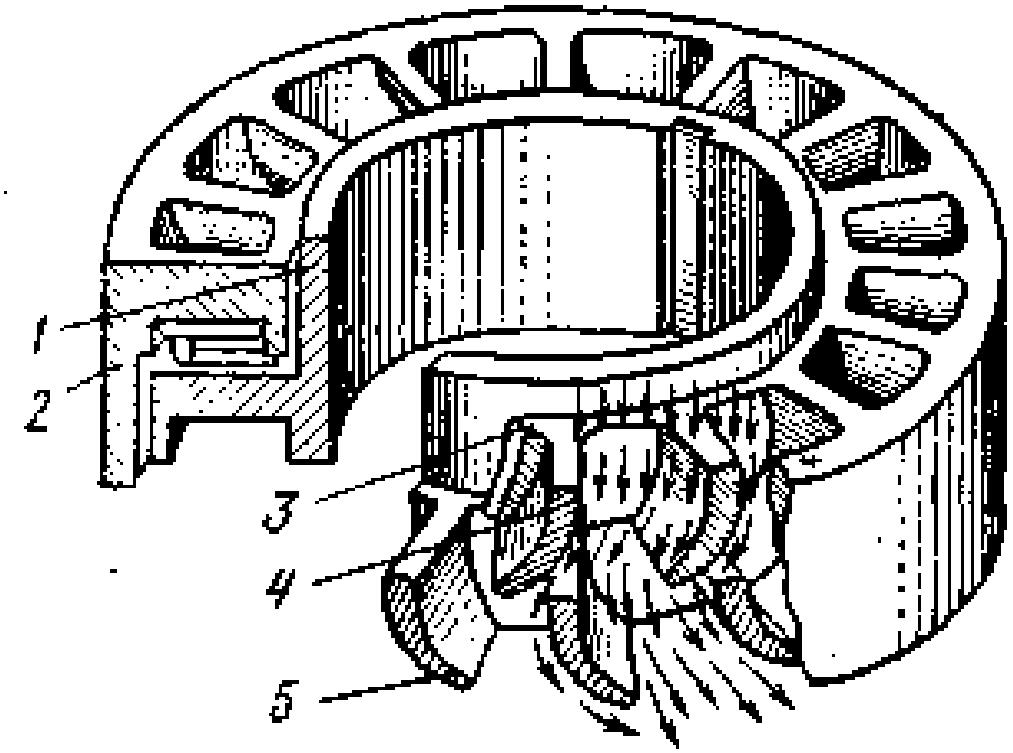


Рис. 1.2 – Ступінь секції турбобура.

Реактивний момент через корпус турбобура передається бурильній колоні, з’єднаній із ним, тоді як активний момент передається долоту. Для створення крутного моменту перепад тиску, що спрацьовується в турбобурі, становить від 3

до 7 МПа, а іноді й більше. Це є суттєвим недоліком турбобура, оскільки значна частина енергії, створеної насосом, витрачається на обертання долота, а не на очищення вибою та ефективне руйнування породи, що практично виключає можливість використання доліт-гідромоніторів.

1.3.2 Гвинтовий вибійний двигун

Гвинтовий вибійний двигун є забійним агрегатом (рис. 1.3), який працює на основі гідравлічного об’ємного двигуна. Його обертання забезпечується потоком бурового розчину, що подається з поверхні у бурильну колону насосами.

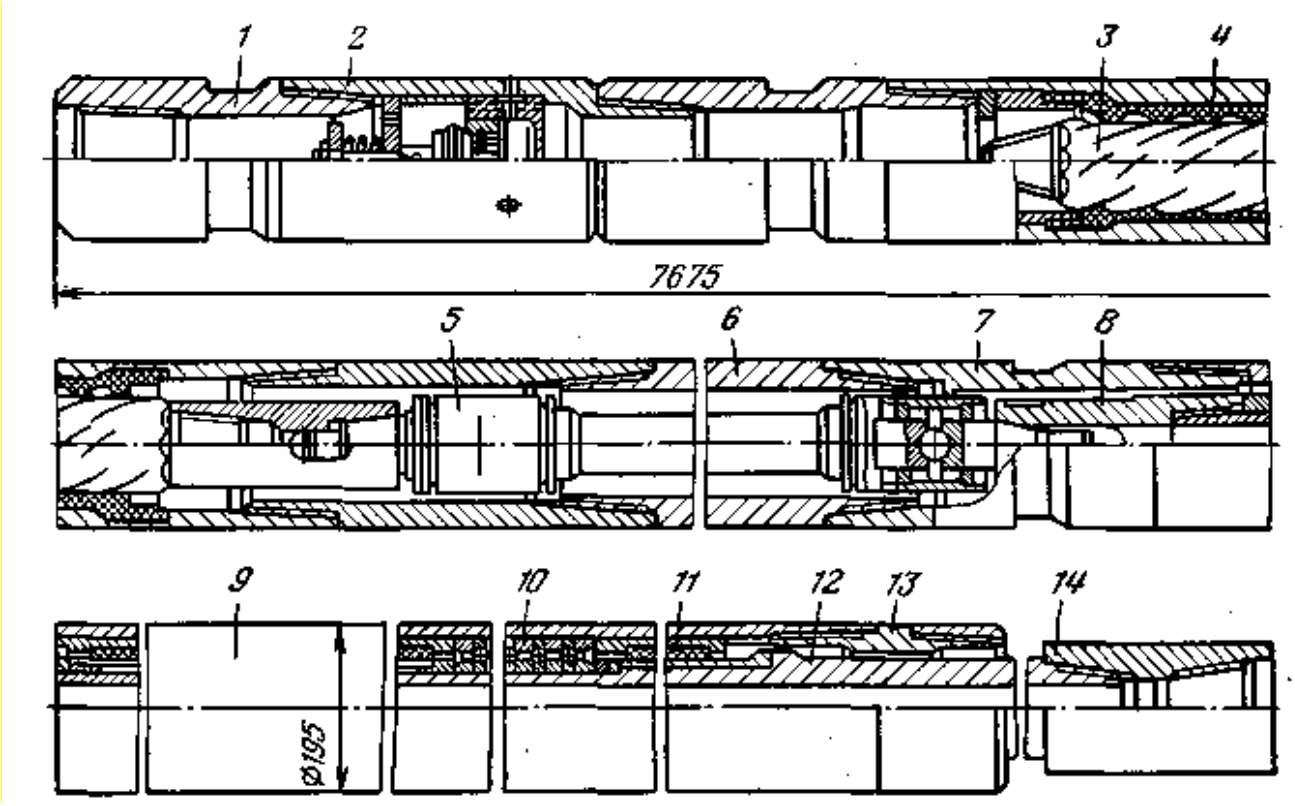


Рис. 1.3 – Гвинтовий вибійний двигун: 1, 6, 7 – верхній, середній і нижній перевідники; 2 – переливний клапан; 3 – ротор; 4 – статор; 5 – двошарнірне з’єднання; 8 – з’єднувальна муфта; 9 – корпус шпінделя; 10 – упорна багаторядна кульова опора; 11 – радіальний підшипник; 12 – вал шпінделя; 13 – ніпель; 14 – наддолотний перевідник.

Конструктивно гвинтовий двигун містить статор та ексцентрично розташований гвинтовий ротор. Їх взаємодія утворює пару із внутрішнім

зачепленням гвинтового типу. Кількість зубців статора перевищує кількість зубців ротора на одиницю, що забезпечує планетарний характер руху ротора, який ніби перекочується по внутрішній поверхні статора. При цьому вісь ротора описує коло з діаметром, що дорівнює подвійному значенню ексцентриситету е. Для передачі обертання від ротора до шпіндельного вала, який співвісний із корпусом, використовується двошарнірна кульова муфта, що компенсує ексцентричне зміщення.

Шпіндельна частина гвинтового двигуна за своєю конструкцією подібна до шпінделя турбобура. Вона встановлюється на радіальних резинометалевих підшипниках і оснащується кульовою п’ятою, яка сприймає осьові навантаження. Вал шпінделя виконується порожнистим; у верхній його частині передбачені канали для проходження промивальної рідини до долота, яке приєднується через перевідник до нижнього кінця вала двигуна. Корпус двигуна з’єднується з нижньою частиною бурильної колони через відповідний перевідник.

Гвинтові вибійні двигуни мають низку конструктивних і експлуатаційних переваг, що зумовило їх широке використання як гідравлічних забійних приводів:

– відсутність клапанних і золотникових механізмів керування потоком рідини;

– відсутність відносного ковзного переміщення основних елементів пари «ротор–статор»;

– безперервна зміна лінії контакту робочих поверхонь під час обертання ротора, що сприяє самовидаленню абразивних частинок із робочих камер і проточних каналів.

1.3.3 Електробури

Електробур використовується для забезпечення обертання бурового долота в процесі буріння. По суті, це забійний агрегат, який оснащений трифазним електродвигуном змінного струму. Живлення електроенергією подається з поверхні по силовому кабелю, що розміщується всередині бурильної колони труб.

Загальна структура бурової установки при застосуванні електробура в основному аналогічна тій, що використовується при роторному або турбінному бурінні. Електробурові системи дозволяють здійснювати буріння свердловин глибиною до 5000 м.

Водночас система електроживлення таких установок має специфічні особливості конструкції. Зазвичай застосовується силовий трансформатор потужністю 630 кВт із номінальним струмом 155 А, який має дві вторинні обмотки. Перша з них використовується для живлення електробура і забезпечує ступінчасте регулювання напруги (до 25 ступенів) у межах 1100–2300 В. Друга обмотка з напругою 525 В призначена для живлення електродвигунів приводу лебідки та ротора.

Крім силового обладнання, до складу установки входять елементи керування та захисту електробура, а також засоби контролю його режимів роботи. У цей комплекс входять станція керування, допоміжні електричні шафи, вимірювальні прилади (вольтметр і три амперметри), блок контролю опору ізоляції системи «струмопровід — електробур», а також кнопковий пульт для запуску та зупинки агрегату.

На рисунку 1.4(а) показано компоновку бурильної колони з електробуром, до складу якої входять асинхронний трифазний електродвигун 8 із короткозамкненим ротором, редуктор-вставка 9, призначений для зниження частоти обертання, та шпиндель 10, який сприймає осьові навантаження. До шпинделя приєднується бурове долото 11. Додатково електродвигун підключений до пристрою контролю ізоляції 7.

Бурильна колона також включає важкі бурильні труби (УБТ) 6, бурильні труби 5, зворотний клапан 4 та провідну трубу 3, всередині яких прокладено силовий кабель для підведення електроживлення до електробура. Живлення електровертлюга 2 здійснюється від силового трансформатора. У верхній частині колона з’єднується зі стандартним вертлюгом 1, який підвішений на гаку талевої системи бурової установки.

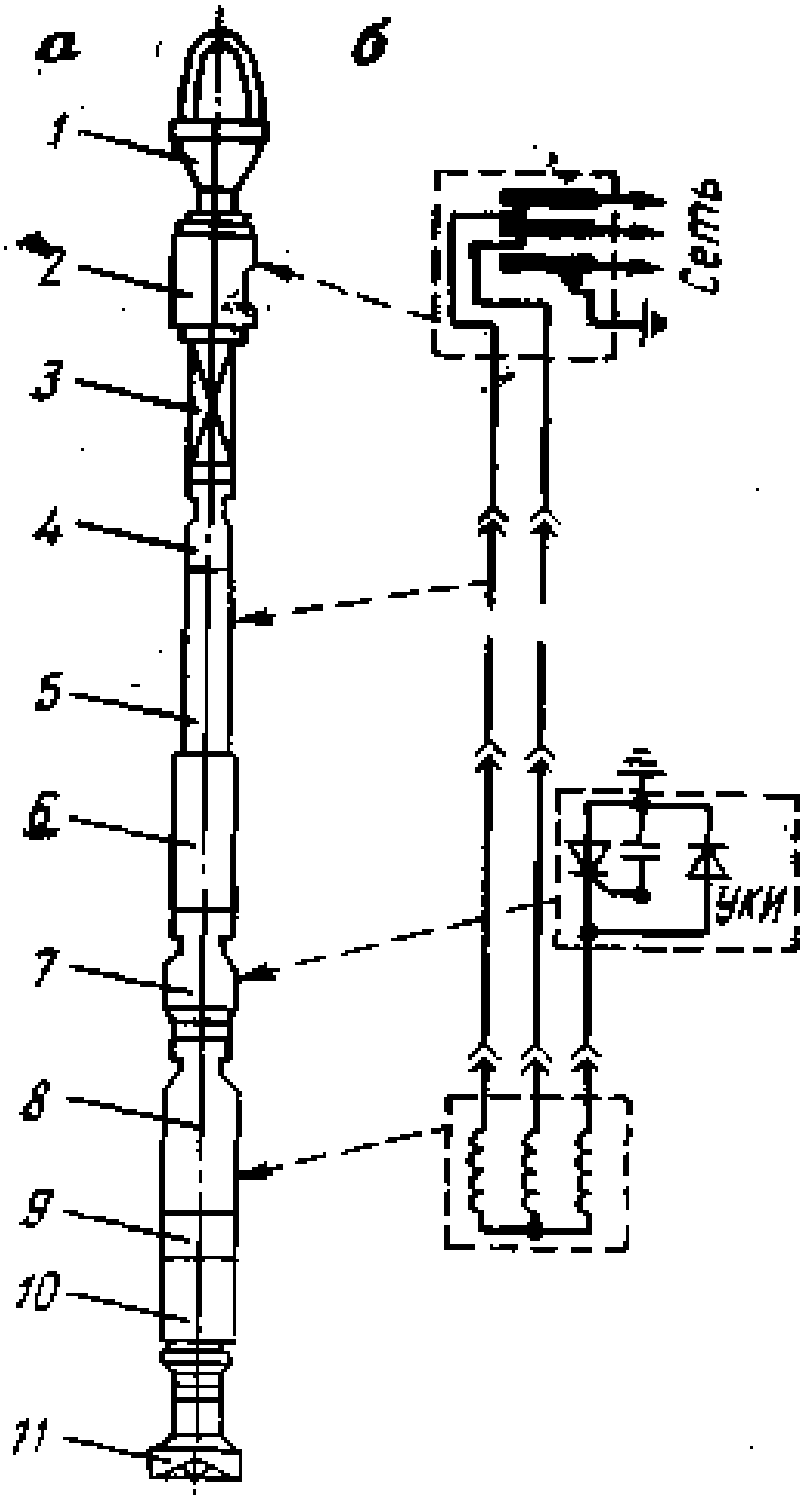


Рис 1.4 - Схема живлення електробура по системі два дроти – труба.

На рисунку 1.4(б) наведено схему подачі електроенергії до електробура за системою «два дроти — труба» (ДПТ), у якій третій провід електродвигуна електрично з’єднаний із бурильною колоною.

Осьове навантаження на долото, необхідне для руйнування гірської породи, формується аналогічно роторному способу буріння — за рахунок нижньої частини бурильної колони, яка одночасно сприймає реактивний крутний момент. Вибурена порода транспортується на поверхню за допомогою бурового розчину, що рухається в кільцевому просторі між стінками свердловини та бурильною колоною.

Буровий розчин, який нагнітається насосами через вертлюг у внутрішню порожнину труб із кабелем, надходить до електродвигуна, а далі через порожнистий вал і канали редуктора-вставки та шпинделя подається безпосередньо до долота. Електродвигун, редуктор і підшипникові вузли шпинделя заповнені мастильним середовищем і виконані як герметичні системи, що запобігають потраплянню бурового розчину всередину механізмів.

Перевагами електробурів порівняно з гідравлічними приводами є: незалежність частоти обертання від навантаження на долото, витрати та властивостей бурового розчину, а також від глибини свердловини; стабільність режиму обертання; висока здатність до перевантажень; можливість дистанційного контролю параметрів буріння та траєкторії свердловини з поверхні.

До недоліків електробурових систем відносять необхідність одночасного використання двох видів енергії — електричної та гідравлічної, а також підвищену складність конструкції обладнання.

РОЗДІЛ 2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ГВИНТОВОГО ВИБІЙНОГО ДВИГУНА

2.1 Область використання та призначення вибійного двигуна

Модульні турбогвинтові двигуни (рис. 2.1) складаються з трьох основних функціональних блоків: шпиндельного вузла 1, турбінної секції 2 та гвинтового модуля 3. Конструктивне виконання дозволяє комбінувати ці елементи в різних варіантах компоновки залежно від технологічних умов буріння. Можливі конфігурації включають: шпиндель із гвинтовим модулем, шпиндель із турбінною секцією або повну збірку з трьох модулів одночасно. Монтаж таких систем може виконуватися як у виробничих умовах, так і безпосередньо на свердловині.

Особливістю даного типу двигунів є поєднання стабільної енергетичної характеристики з високою жорсткістю передавання крутного моменту, що дозволяє покращити ефективність роботи породоруйнівного інструменту порівняно з класичними турбобурами та гвинтовими двигунами.

Заміна гвинтового модуля забезпечує ступінчасте регулювання частоти обертання в межах 80–270 об/хв, що дає можливість адаптувати двигун до різних умов буріння.

Ресурс роботи турбогвинтових двигунів перевищує показники гвинтових аналогів. За умов використання малоабразивних бурових розчинів напрацювання на відмову може досягати 400–500 годин.

Підвищена надійність конструкції досягається за рахунок застосування спеціальних технічних рішень, зокрема удосконалених вузлів з’єднання торсіона з ротором гвинтового модуля та валом турбінної секції, а також систем зменшення впливу дисбалансів обертових мас на опорні елементи. Робочі органи турбінної секції забезпечують ефективне перетворення енергії потоку в механічну роботу двигуна.

Турбогвинтові двигуни можуть працювати в умовах температур до 120°С та при використанні бурових розчинів густиною до 1700 кг/м³ із вмістом вуглеводневих компонентів до 5%. Вони застосовуються для буріння вертикальних свердловин як суцільним вибурюванням, так і з відбором керна. У

поєднанні зі шпинделем-відхилювачем обладнання використовується також для проходження викривлених інтервалів.

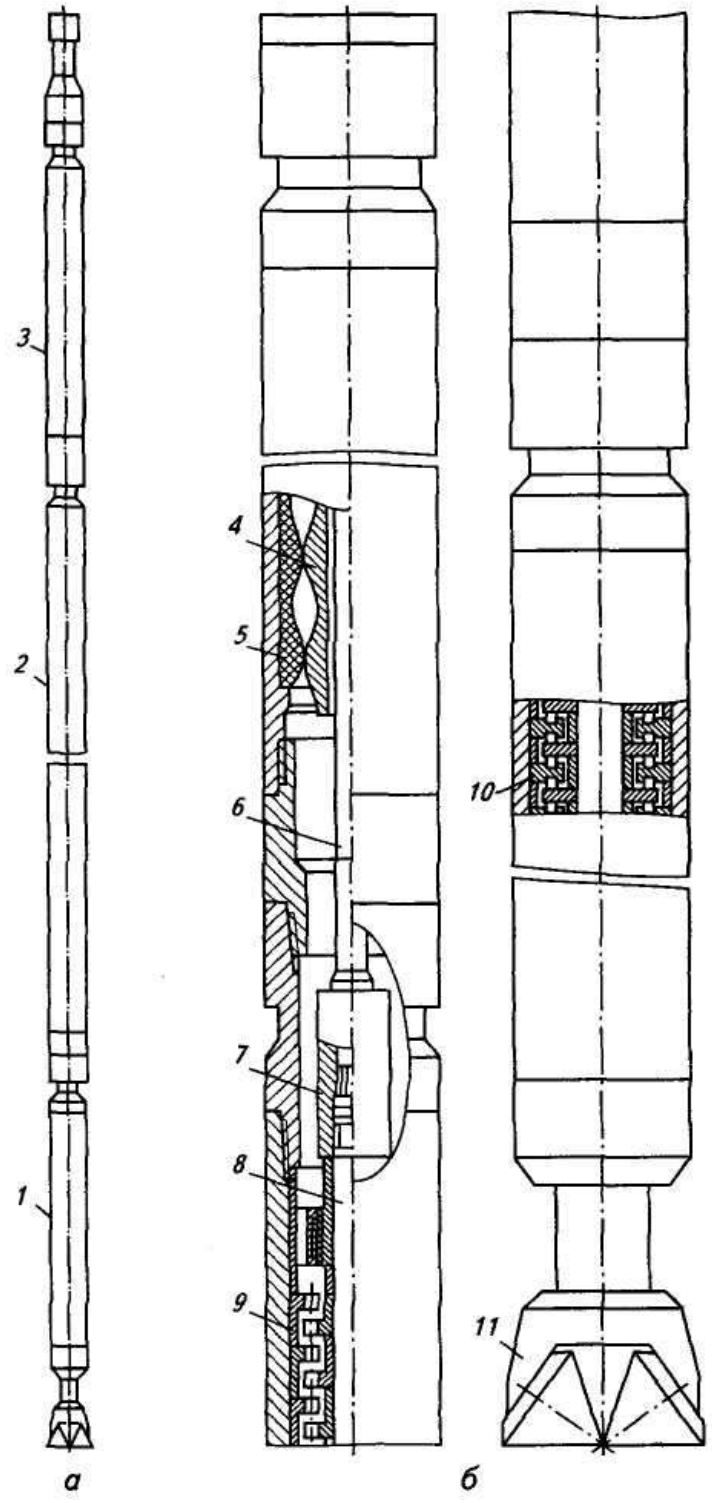


Рис 2.1 – Модульний турбогвинтовий двигун: а – загальний вигляд, б – схема. 1 – шпиндель; 2 – турбінна секція; 3 – гвинтовий модуль; 4, 5 – ротор і статор; 6 – торсіон; 7 – з’єднання торсіона з валом турбінної секції; 8 – вал турбінної секції; 9 – ступінь турбіни; 10 – осьова опора шпинделя; 11 – долото.

Ключовою особливістю є можливість реверсивної роботи гвинтової пари: перехід між режимом двигуна та насосним режимом здійснюється шляхом зміни напрямку перепаду тиску. У режимі двигуна енергія передається від бурового насоса, тоді як у насосному режимі енергія може передаватися від валу турбінної секції назад у систему. Дослідження, проведені М.Г. Ескіним, В.А. Литвяком і В.П. Шуміловим, підтверджують переваги таких двигунів порівняно з класичними турбобурами та гвинтовими системами.

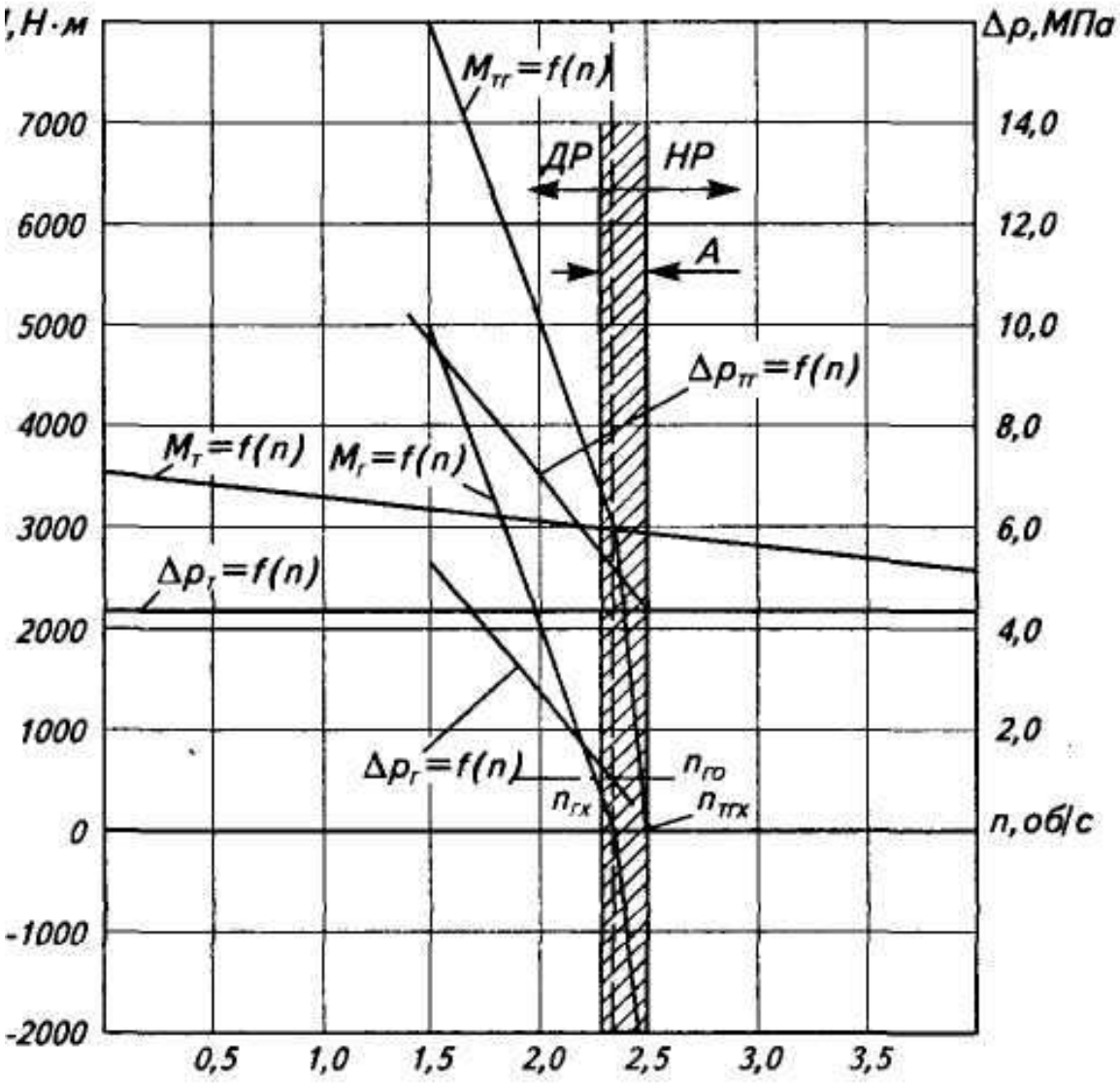


Рис 2.2 – Залежності моменту турбогвинтового двигуна: …

При роботі в області режимів, близьких до холостого ходу гвинтової пари, спостерігається поєднання переваг обох типів приводів, що позитивно впливає на стабільність роботи. Основне формування крутного моменту забезпечується

турбінною секцією, тоді як гвинтова пара працює в полегшеному режимі, що зменшує інтенсивність зношування і підвищує ресурс.

Для турбогвинтових двигунів характерна більш жорстка моментна характеристика порівняно з турбобурами, що забезпечує стійкість роботи в робочому діапазоні навантажень. Крім того, конструкція обмежує небажаний вихід у зону високих частот обертання, характерний для деяких інших типів вибійних двигунів.

У конструкціях допускається використання відпрацьованих гвинтових пар від гвинтових двигунів, які можуть виконувати функцію стабілізуючого елемента та обмежувати перехід у високошвидкісний режим. Практичні випробування показали, що оптимальна робота двигуна досягається при розміщенні гвинтового модуля між турбінними секціями.

Серед основних недоліків турбогвинтових двигунів слід відзначити збільшену довжину конструкції, що ускладнює їх застосування у горизонтальних і сильно викривлених свердловинах, а також відносно низький коефіцієнт корисної дії (0,2–0,3).

2.2 Конструктивні варіанти та їх порівняльний аналіз розглядуваного обладнання

Модульні турбогвинтові двигуни типу ТВД виготовляються діаметром 195 та 240 мм із максимальним використанням уніфікованих вузлів серійних турбобурів, високомоментних турбін А7ПЗ та стандартних гвинтових пар. Така конструктивна схема забезпечує отримання високого крутного моменту на валу при порівняно невеликій частоті обертання. У номінальному режимі роботи передбачено часткове розвантаження гвинтового модуля: він або збільшує, або сприймає крутний момент лише у випадках виникнення пікових навантажень на долото чи при його перевантаженні. Завдяки цьому підвищується надійність і довговічність роботи гвинтової пари.

Універсальні турбогвинтові двигуни типу ТПС-У з перетворювачами частоти обертання випускаються діаметром 172 та 195 мм. До складу таких

двигунів входять взаємозамінні дво- або трисекційні турбінні модулі з плаваючими статорами (ТПС), гвинтовий модуль, який виконує функцію перетворювача частоти обертання вихідного вала, а також шпиндельна секція з осьовою опорою.

Турбогвинтові двигуни ТПС-У забезпечують при незмінній подачі бурових насосів ступінчасте регулювання частоти обертання вихідного вала в межах 80–400 об/хв залежно від конструктивного виконання гвинтової пари. Конструкція двигуна дозволяє підтримувати практично стабільну частоту обертання вала навіть при значних змінах осьового навантаження на долото. Шпиндельна секція розрахована на роботу з гідромоніторними долотами при перепаді тиску в насадках 6–8 МПа.

Уніфіковані модульні турбогвинтові двигуни типу 2ТУ-240КД із покращеними енергетичними та експлуатаційними характеристиками комплектуються взаємозамінними уніфікованими модулями. Нижня секція виконана у вигляді односекційного турбобура ТУ-240К. Середня секція конструктивно аналогічна серійним моделям, однак оснащена турбінами зменшеної висоти точного лиття типу 37/11-240ТЛ. Верхня секція являє собою активний гальмівний модуль, у корпусі якого об’єднані турбінна частина та робочі органи гвинтового двигуна, що з’єднуються між собою за допомогою знімного торсіона. Важливою особливістю гальмівного модуля є його повна взаємозамінність із серійною секцією. Крім того, верхня секція також обладнана турбінами зменшеної висоти.

2.3 Техніко-організаційні заходи, що проводяться при бурінні свердловин

Регулювання турбінної секції. Рухомі та нерухомі елементи турбінної секції закріплюються за допомогою фрикційного способу. Необхідне зусилля стиснення, яке забезпечує опір провертанню деталей у корпусі та на валу, досягається шляхом згвинчування конічних різьбових з’єднань із заданим натягом та встановленням регулювальних кілець відповідної довжини. Закріплення деталей на валу здійснюється нагвинчуванням напівмуфти з утворенням натягу

між її внутрішнім торцем і торцем різьбової частини валу. Аналогічно монтажне зусилля для нерухомих елементів корпусу створюється при згвинчуванні корпуса з перевідником та правильному підборі довжини регулювального кільця.

У процесі складання турбіни виникають осьові деформації як рухомих внутрішніх деталей, так і нерухомих зовнішніх елементів секції та радіальних підшипників. Якщо величини деформацій рухомих і нерухомих деталей відрізняються між собою, змінюється відстань між вхідними кромками крайніх ступенів ротора та відповідними кромками ступенів статора. Це призводить до зменшення величини вільного осьового ходу вала турбінної секції. Під час монтажу необхідно забезпечити однакові деформації стиску для рухомих і нерухомих елементів, що дозволяє отримати максимальний люфт зібраного вала турбіни. На практиці така умова досягається регламентуванням величини натягу конічних різьбових з'єднань.

Застосування даного способу кріплення деталей турбіни одночасно забезпечує герметичність стиків між торцевими поверхнями елементів конструкції.

Регулювання секції шпінделя. Під час складання секції шпінделя деталі підшипникових вузлів, розташовані на роторі, закріплюються шляхом нагвинчування напівмуфти на вал. При цьому торцева поверхня напівмуфти створює осьове зусилля на деталі, змонтовані на валу. Напівмуфта та вал мають конічне різьблення, а величина натягу визначається за внутрішнім торцем різьби. Значення натягу встановлюється відстанню між зовнішніми торцями деталей після їх згвинчування до упору.

Регулювання шпіндельної секції полягає у забезпеченні необхідних деформацій багаторядного підшипника, а також правильного стикування шпінделя з турбінною секцією. Дані вимоги стосуються як конструкцій із кульковою осьовою опорою, так і систем із резинометалевою опорою, хоча для останнього варіанта допустимі відхилення є менш жорсткими.

Контроль правильності складання шпінделя здійснюється шляхом перевірки величини натягу конічних різьбових з'єднань: для напівмуфти — за внутрішнім торцем, який контактує з валом, а для перевідника — за зовнішнім торцем, що

взаємодіє з корпусом. Значення цих натягів визначаються розрахунками та повинні відповідати необхідним деформаціям і монтажним зусиллям внутрішніх та зовнішніх деталей підшипникового вузла.

2.4 Основні деталі розглядуваного обладнання, їх уніфікація, стандартизація та матеріали, з яких вони виготовлені

Модульний турбогвинтовий двигун належить до забійних агрегатів із гідравлічним об’ємним приводом, робота якого здійснюється за рахунок енергії потоку бурового розчину, що подається насосами з поверхні через бурильну колону.

Конструкція гвинтового двигуна включає статор та ексцентрично встановлений гвинтовий ротор, які утворюють своєрідну зубчасту пару з внутрішнім гвинтовим зачепленням. Кількість зубців статора на один перевищує кількість зубців ротора, завдяки чому ротор здійснює планетарний рух, перекочуючись по поверхні зубців статора. При цьому вісь ротора переміщується по колу, діаметр якого дорівнює подвоєному ексцентриситету е. Для передачі обертального руху від ротора до вала шпінделя, розташованого співвісно з корпусом, застосовується кульова двошарнірна муфта, що компенсує ексцентриситет.

Шпіндель гвинтового двигуна за своєю конструкцією подібний до шпінделя турбобура. Його встановлено на радіальних гумометалевих підшипниках, а для сприйняття осьових навантажень передбачено кульову п’яту. Вал шпінделя виконаний порожнистим і у верхній частині має канали для подачі промивальної рідини до долота, яке через перевідник приєднується до нижньої частини вала двигуна. Корпус двигуна за допомогою перевідника з’єднується з нижньою частиною бурильної колони.

За принципом роботи модульні турбогвинтові двигуни належать до об’ємних роторних машин. Основними елементами їх робочих органів є:

– статор — корпус із порожнинами, що сполучаються на кінцях із камерами високого та низького тиску;

– ведучий ротор — гвинт, який обертається та передає крутний момент на вал шпінделя.

Гвинтові поверхні ротора і статора розділяють робочий об’єм двигуна на декілька окремих порожнин. Порожнини, що з’єднані із зонами високого та низького тиску, називають камерами, а ізольовані порожнини — шлюзами. У поперечному перерізі утворюються камери, відокремлені одна від одної контактною лінією. Під час обертання ротора кожна камера почергово сполучається з областями високого і низького тиску та в певний момент функціонує як шлюз. Теоретично на довжині одного кроку відбувається розділення порожнин робочих органів, які розташовані вище та нижче.

Поверхні гвинтових зубців ротора і статора при взаємному перетині відокремлюють область високого тиску рідини від області низького тиску, перешкоджаючи її вільному перетіканню. Під впливом перепаду тиску на ведучому гвинті виникає крутний момент, який передається на вал шпінделя. Зі збільшенням перепаду тиску на двигуні відповідно зростає і величина крутного моменту. За принципом дії гвинтовий двигун можна порівняти з поршневим гідравлічним двигуном, у якому поршень переміщується вздовж осі ротора по гвинтовій траєкторії. Функцію поршня в даному випадку виконують відсікаючі поверхні гвинтового ротора.

Гвинтові двигуни та насоси мають низку переваг, завдяки яким вони отримали широке застосування як гідравлічні забійні двигуни:

– відсутність клапанних і золотникових пристроїв розподілу потоку рідини;
– відсутність взаємного ковзання деталей пари ротор — статор;
– постійна зміна положення контактної лінії робочих органів під час обертання ротора сприяє видаленню потоком бурового розчину абразивних частинок із камер і шлюзів.

2.5 Схема змащення обладнання і мастила, які для цього використовуються

Надійна робота резинометалевих опор забезпечується лише за умови наявності між поверхнями тертя рідкого мастильного середовища, в ролі якого застосовуються вода або водні розчини. Відомо, що жорсткі плоскопаралельні підшипники ковзання характеризуються невисокою вантажопідйомністю через складність утворення стабільного мастильного клина між поверхнями тертя. У випадку еластичних плоскопаралельних підшипників, що змащуються водою, висока несуча здатність досягається завдяки прояву еластогідродинамічного ефекту резинометалевої опори. Під дією гідродинамічного тиску еластична поверхня зазнає складної просторової деформації та набуває увігнутої бочкоподібної форми у перерізі, перпендикулярному до напрямку ковзання.

У результаті поверхні тертя займають таке взаємне положення, при якому формується зазор із мінімальним опором надходженню води та максимальним опором боковим витокам рідини. Завдяки цьому величина бокових витоків в еластичній парі тертя становить лише близько 2 % від гідродинамічного потоку мастила, тоді як у жорстких плоскопаралельних підшипниках втрати мастила можуть досягати 60–70 %. Незначні бокові витоки води забезпечують утворення мастильного шару достатньої товщини, що дозволяє еластичному підшипнику ефективно працювати в широкому діапазоні навантажень та швидкостей ковзання.

Разом із тим через низьку в’язкість води товщина мастильного шару часто є недостатньою для повного усунення контакту між мікронерівностями металевої та гумової поверхонь. Взаємодія мікровиступів у зоні тертя визначає умови виникнення граничного рідинного тертя та спричиняє додаткові втрати потужності.

Наявність у мастильному середовищі твердих абразивних частинок, що містяться в буровому розчині, значно погіршує умови роботи вузлів тертя. Розміри більшості таких частинок перевищують товщину водяного мастильного шару. Частинки, які потрапляють між поверхнями тертя, вдавлюються в гуму, перекочуються або ковзають між контактуючими елементами, викликаючи

руйнування як самих поверхонь, так і власне абразивних включень. Цей процес супроводжується додатковими енергетичними втратами.

Саме цим пояснюється збільшення втрат на тертя в опорах при використанні бурового розчину, недостатньо очищеного від вибуреної породи, у порівнянні з промиванням чистою водою. У ряді випадків недостатня очистка бурового розчину може призвести навіть до повної відмови турбобура в процесі роботи.

2.6 Гвинтовий вибійний двигун

Як прототип розглядається вибійний гвинтовий двигун Д1-95. Даний двигун належить до машин об'ємної (гідростатичної) дії. За принципом функціонування гвинтовий вибійний двигун є планетарно-роторною гідравлічною машиною об'ємного типу з внутрішнім косозубим зачепленням.

До складу двигуна входять ротор і статор, поперечний переріз яких наведений на рисунку. Усередині сталевого статора розташована привулканізована гумова обкладка з гвинтовими зубцями лівого напрямку. На поверхні сталевого ротора виконані зовнішні гвинтові зуби такого ж напрямку. Кількість зубців ротора на одиницю менша від кількості зубців статора, унаслідок чого для забезпечення зачеплення вісь ротора зміщується відносно осі статора на величину ексцентриситету, що дорівнює половині висоти зубця. Кроки гвинтових ліній ротора і статора прямо пропорційні кількості їх зубців. Спеціально сформований профіль зубців ротора та статора забезпечує безперервний контакт між ними, утворюючи вздовж кроку статора окремі робочі камери.

Промивальна рідина, яка подається в двигун насосами бурової установки, може надходити до долота лише за умови обертання ротора відносно статора. Таке обертання відбувається внаслідок дії неврівноважених гідравлічних сил, під впливом яких ротор перекочується по поверхні статора.

Під час роботи ротор виконує планетарний рух: його абсолютне обертання відбувається за годинниковою стрілкою, тоді як геометрична вісь ротора здійснює переносний рух навколо осі статора у протилежному напрямку.

У результаті різниці в кількості зубців ротора і статора переносний рух перетворюється в абсолютний із передаточним числом, що дорівнює кількості зубців ротора. Це забезпечує невелику частоту обертання та значний крутний момент на вихідному валу двигуна.

Загальний вигляд двигуна наведений на рисунку 2.3.

Гвинтовий вибійний двигун Д1-95 включає такі основні елементи.

Переливний клапан призначений для зливу промивальної рідини з бурильних труб при підйомі колони, оснащеної гвинтовим вибійним двигуном, а також для заповнення бурильної колони рідиною під час її спуску.

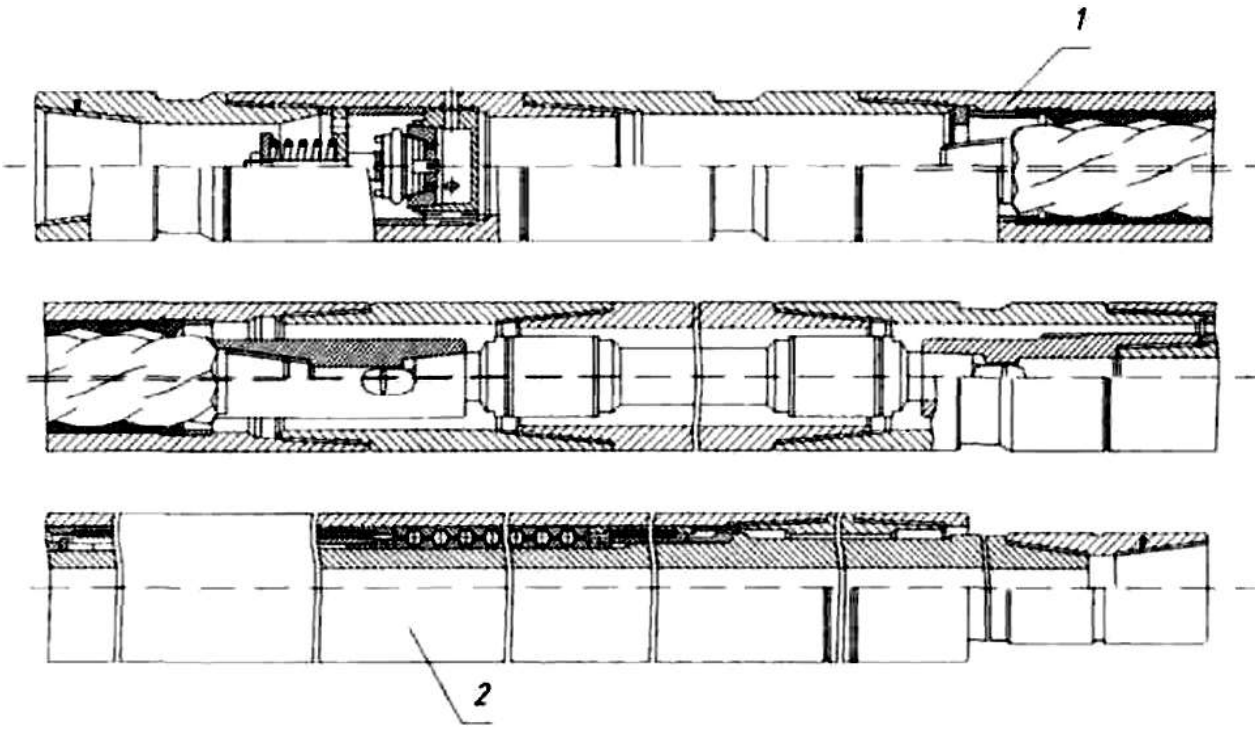


Рис. 2.3 - Двигун гвинтовий вибійний: 1 – секція двигуна, 2 – секція шпінделя

Клапан виконаний у вигляді окремого вузла та приєднується до секції двигуна за допомогою замкового різьблення 3-171 ГОСТ 5286-75. Конструкція клапана наведена на рис. 2.4.

У початковому положенні під дією пружини 13 клапан перебуває у відкритому стані, що забезпечує вільне перетікання промивальної рідини з бурильної колони в затрубний простір і у зворотному напрямку при вимкнених бурових насосах.

Після запуску насосів під впливом швидкісного напору рідини тарілка клапана разом із манжетою 12, долаючи зусилля пружини 13, переміщується вниз та перекриває клапан, відокремлюючи внутрішню порожнину бурильної колони від затрубного простору.

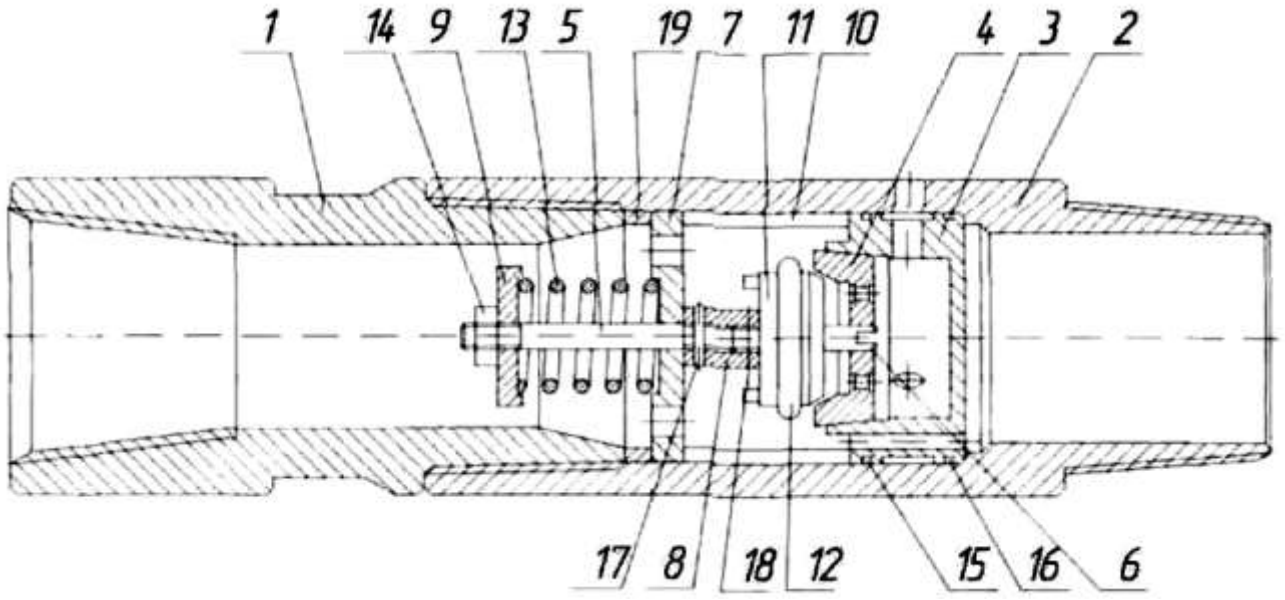


Рис. 2.4 - Переливний клапан: 1 - перевідник; 2 - корпус; 3 - камера; 4 - сідло; 5 - стержень; 6 - тарілка; 7 - фланець; 8 - гайка; 9 - упор; 10 - кільце регулювальне; 11 - шайба; 12 - манжета; 13 - пружина; 14 - гайка; 15 – кільце ущільнювальне; 16 - кільце ущільнювальне; 17 - штифт; 18 – дріт обв'язувальний; 19 - кільце регулювальне.

Далі промивальна рідина через отвори, виконані в камері 3, надходить у двигун. Після припинення подачі рідини насосами клапан під дією пружини 13 знову відкривається.

Карданний вал (рис. 2.5) призначений для передавання крутного моменту та осьового гідравлічного навантаження від ротора, який здійснює ексцентричний (планетарний) рух, до вала шпіндельної секції.

У торцевих частинах напівмуфт 1 та вала 9 виконані кільцеві канавки, в яких із певним зазором розташовані обойми 8. Ролики 6 встановлюються в радіальних отворах напівмуфт, обойм і вала також із визначеним зазором. Герметизація внутрішньої порожнини шарнірних з'єднань забезпечується манжетами 5 та гайками 2.

Осьове навантаження сприймається торцевими поверхнями напівмуфт і вала. Під час роботи двигуна осі напівмуфт виконують прецесійний рух відносно осі вала, а ролики при цьому перекочуються без ковзання по поверхнях отворів елементів карданного вала.

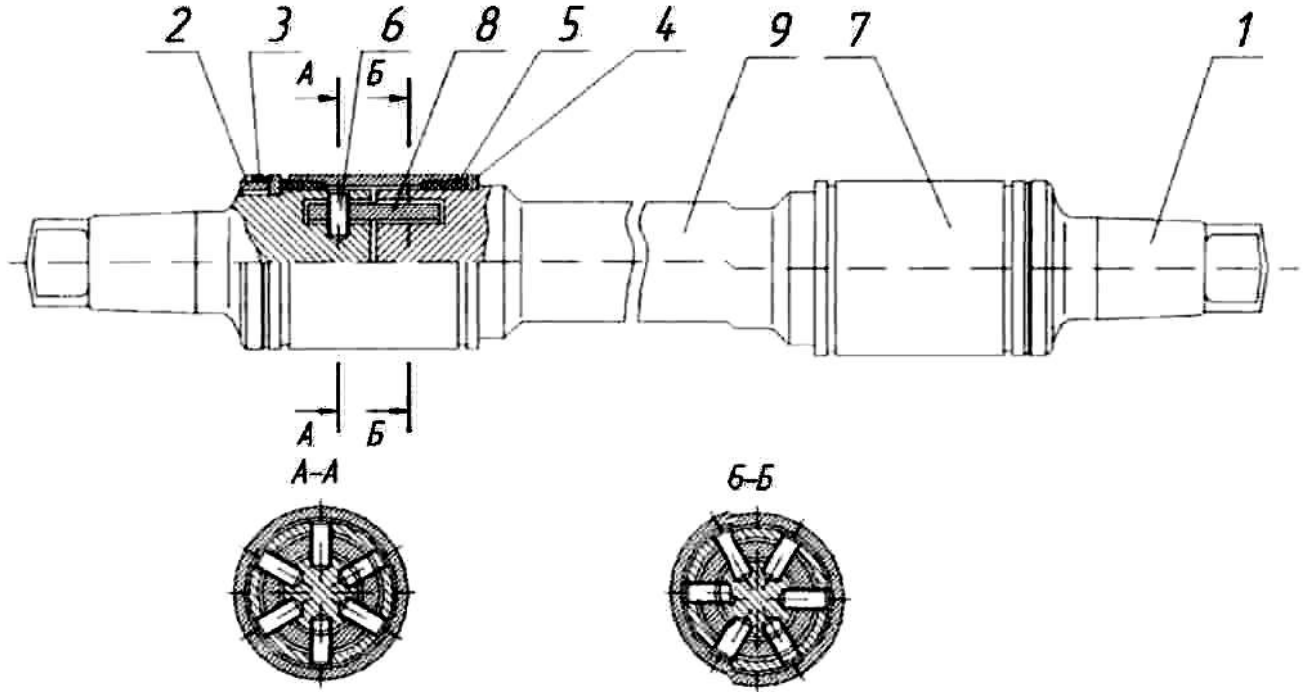


Рис. 2.5 – Карданний вал: 1 - напівмуфта; 2 - гайка; 3 - планка; 4 - кільце; 5 - манжета; 6 - ролик; 7 - втулка; 8 - обійма; 9 - вал.

Шпіндельна секція (рис. 2.6) призначена для передавання осьового навантаження від бурильної колони до долота та включає багаторядний упорно-радіальний кульковий підшипник, три радіальні гумометалеві опори, торцевий сальник (або сальник із гумовими кільцями), які змонтовані в корпусі, а також перевідники.

Багаторядний упорно-радіальний кульковий підшипник сприймає осьові та частково радіальні навантаження, тоді як радіальні гумометалеві опори забезпечують сприйняття радіальних зусиль.

Технічні параметри гвинтового вибійного двигуна Д1-195 наведені в таблиці 1.

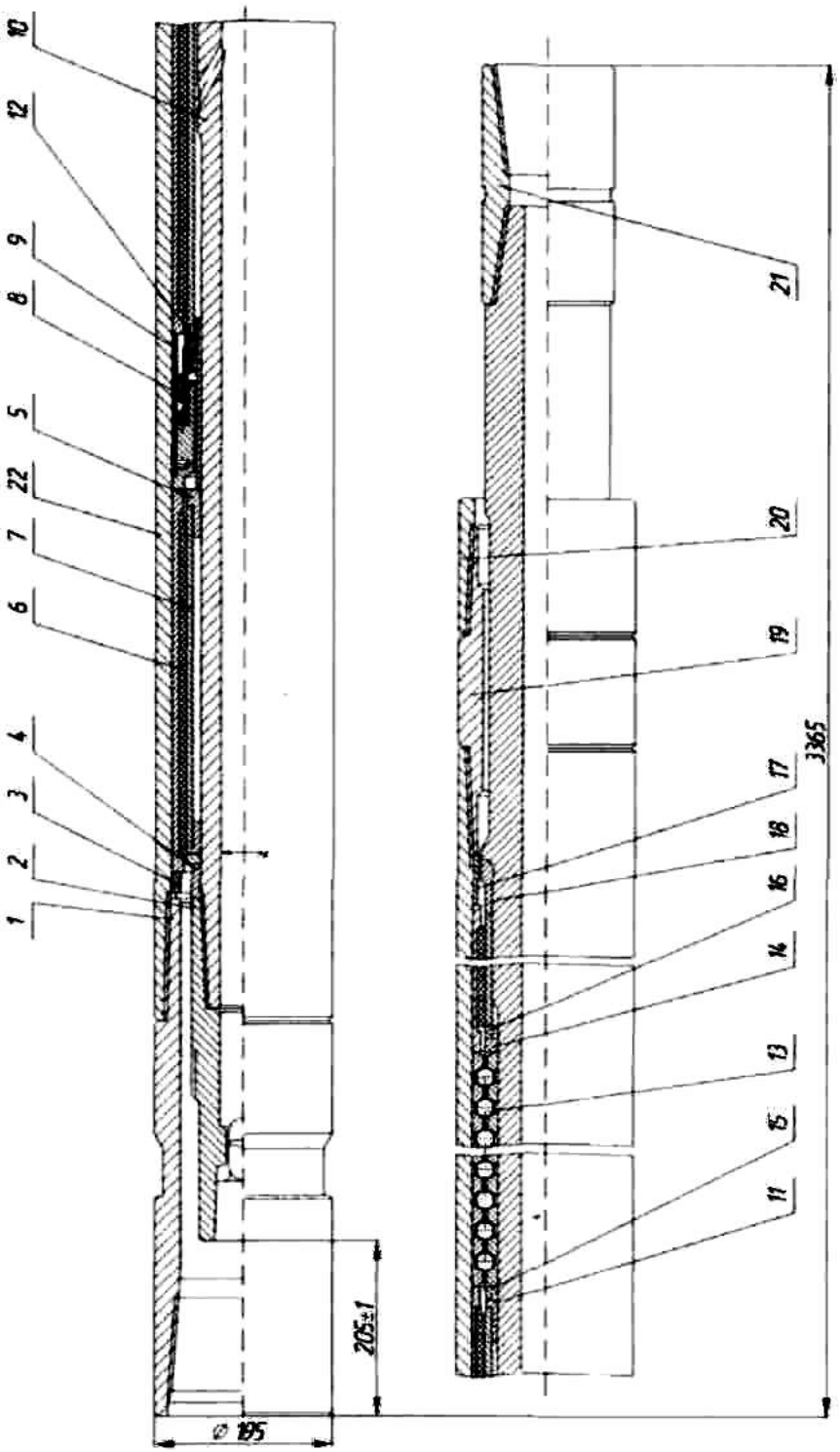


Рис 2.6 Секція шпинделя: 1 — перевідник нижньої секції; 2 — муфта; 3 — регулювальна втулка; 4 — регулювальне кільце; 5 — підкладна втулка; 6 —

нижня опора; 7 — втулка нижньої опори; 8 — торцевий сальник; 9 — кільце; 10 — вал шпинделя; 11 — підкладна втулка; 12 — кільце; 13 — пакет упорно-радіальних підшипників; 14 — упорна втулка; 15 — кільце; 16 — втулка ущільнювального кільця; 17 — регулювальна втулка; 18 — упорна втулка; 19 — перевідник; 20 — гайка; 21 — перевідник; 22 — корпус.

Торцевий сальник (рис. 2.7) використовується для недопущення перетікання промивальної рідини через осьову опору шпиндельної секції при значних перепадах тиску на долоті. Ущільнювальні елементи виконані у вигляді твердосплавних контактних кілець, які підтискаються одне до одного за допомогою пружин 4. Одне кільце закріплюється на валу, інше — у корпусі.

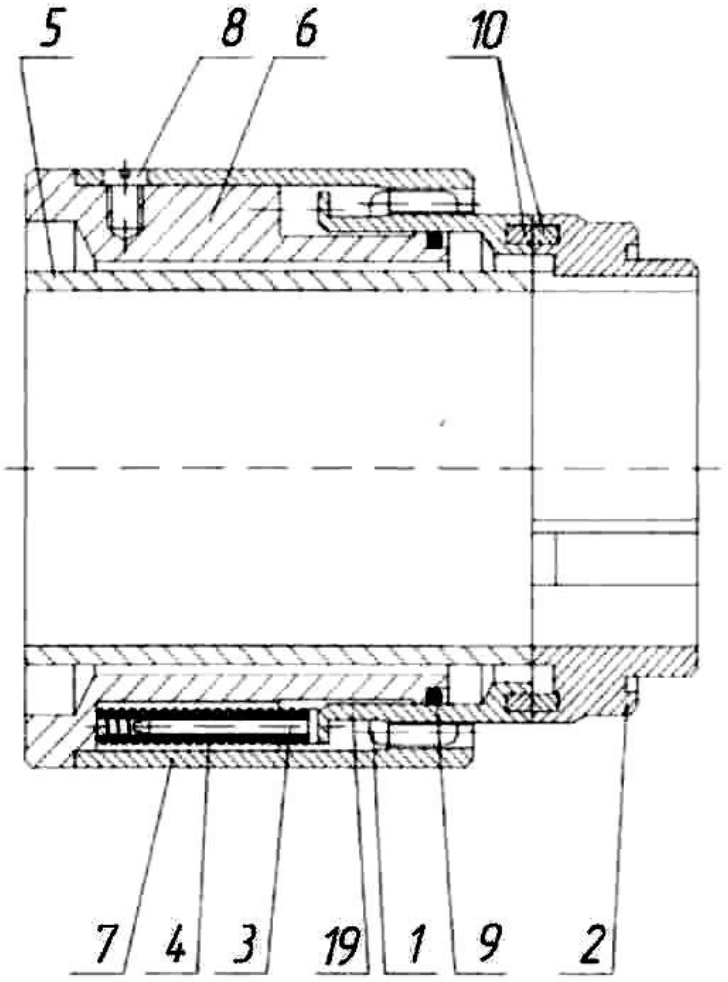


Рис. 2.7 — Торцевий сальник: 1 — втулка-шестерня; 2 — кільце; 3 — штифт; 4 — пружина; 5 — втулка; 6 — втулка; 7 — втулка; 8 — гвинт; 9 — ущільнювальне кільце.

Втулка 7 оснащена внутрішніми зубцями, що входять у зачеплення із зовнішніми зубами втулки-шестерні 1. Завдяки такій конструкції виключається взаємне провертання деталей та забезпечується можливість їх осьового зміщення, яке виникає внаслідок спрацювання підшипників шпиндельної секції і зношення твердосплавної торцевої пари сальника.

Центратор призначений для обмеження поперечних коливань нижньої частини шпиндельної секції та забезпечення стабільного напрямку роботи долота.

Таблиця 2.1 — Технічна характеристика гвинтового вибійного двигуна Д1-95

Параметр	Значення
Кінематичне відношення	9:10
Витрата бурового розчину, л/с	25...35
Частота обертання вала, с"[1]	1,5...1,9
Перепад тиску, МПа	4,3...6,7
Момент сили на валу, кНм	5,2...7,2
Максимальна потужність, кВт	50...85
Діаметр доліт, які використовуються, мм	215,9...244,5
Зовнішній діаметр, мм	95
Довжина, мм	6535
Маса, кг	1100
Приєднувальні різьби ГОСТ 5286-75:	
до бурильних труб	3-147
до долота	3-117

2.7 Установки для виконання КРС

Бурова установка УБВ-600 (рис. 2.7) використовується для спорудження структурно-пошукових свердловин обертальним способом із очищенням вибою шляхом промивання.

До складу установки входять три основні вузли: лебідково-щогловий блок, насосний блок та робочий майданчик, обладнаний містками і стелажами для труб. Лебідково-щогловий та насосний блоки змонтовані на базі автомобіля КрАЗ і приводяться в дію від його силового агрегату.

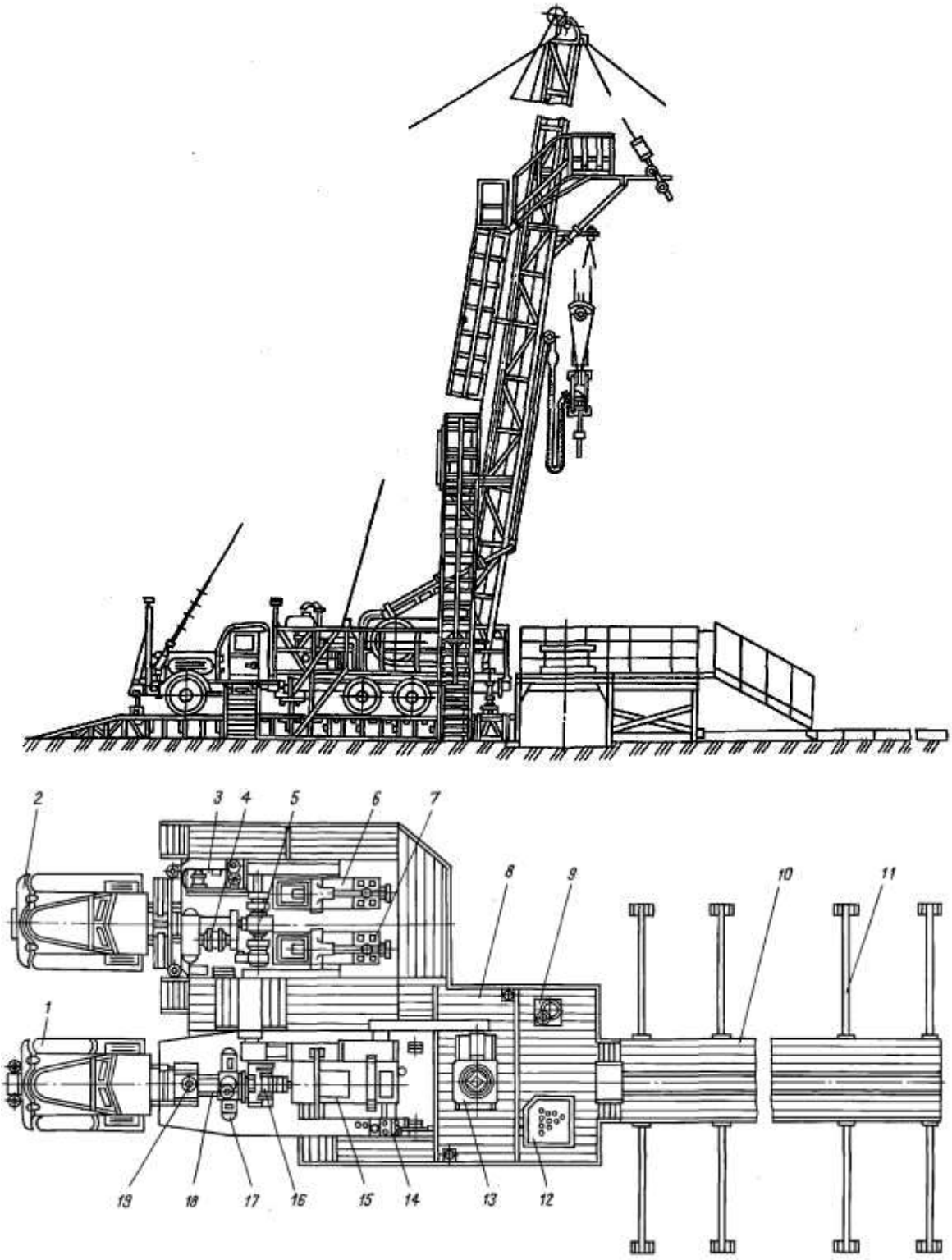


Рис. 2.7 — Бурова установка УБВ-600: 1 — лебідково-щогловий блок; 2 — насосний блок; 3 — компресор; 4 — генератор; 5 — трансмісія насосного блока;

6, 7 — бурові насоси; 8 — робочий майданчик; 9 — пристрій для забурювання шурфу; 10 — містки; 11 — стелажі для труб; 12 — підсвічник; 13 — ротор; 14 — пульт керування; 15 — бурова лебідка; 16 — допоміжна лебідка; 17 — компресор; 18 — трансмісія лебідково-щоглового блока; 19 — маслобак.

На рамі лебідково-щоглового блока розташовані щогла з помостами, бурова лебідка, роздавальний редуктор, трансмісія приводу лебідки, гідродомкрати для підйому щогли, компресор, а також гідравлічні й пневматичні системи.[3]

Передача потужності до механізмів лебідково-щоглового блока здійснюється від трансмісії автомобіля через коробку відбору потужності, яка з'єднана карданною передачею з роздавальним редуктором.

Компресор, маслонасос, що забезпечує роботу гідродомкратів підйому щогли, гідророзкріплювача та гідромотора пристрою для забурювання шурфу, приводяться в дію від роздавального редуктора. Привід лебідки здійснюється через карданний вал, трансмісію і ланцюгову передачу. Привід бурового ротора, встановленого на робочому майданчику, виконується від вала барабана лебідки через систему ланцюгових передач і проміжний вал.

На рамі насосного блока встановлено два бурові насоси з напірними та всмоктувальними магістралями, центральний і спарений редуктори, трансмісію, електрогенератор, резервний компресор, а також пневматичні системи керування та електрообладнання.

Передача потужності до механізмів насосного блока здійснюється від трансмісії автомобіля через коробку відбору потужності, з'єднану карданною передачею з центральним редуктором. Привід електрогенератора виконується від центрального редуктора за допомогою клинопасових передач. Спарений редуктор і трансмісія приводяться в дію від центрального редуктора через шинопневматичні муфти. Бурові насоси працюють через трансмісію та спарений редуктор із використанням клинопасової передачі. Резервний компресор має окремий електропривід.

Спарений редуктор через карданний вал з'єднаний із трансмісією лебідково-щоглового блока, що забезпечує можливість приводу всіх механізмів

бурової установки від будь-якого з двох двигунів у випадку відмови або профілактичної зупинки одного з них.

Під час буріння лебідково-щогловий і насосний блоки встановлюють на фермах. Висота підроторної основи дозволяє виконувати монтаж противикидного обладнання.

Барабан лебідки має чотири діапазони частоти обертання. Перехід між ними здійснюється введенням у зачеплення відповідної пари шестерень коробки відбору потужності та вмиканням потрібної шинопневматичної муфти лебідки. Ротор має п’ять швидкісних режимів: два робочих і три допоміжних. Робочі частоти змінюються шляхом введення в зачеплення відповідних шестерень коробки відбору потужності, а допоміжні — через коробку перемикання передач автомобіля.[15]

Електролебідка використовується під час монтажу бурової установки для підтягування та підіймання вантажів, а також у процесі буріння для згвинчування і розгвинчування різьбових з’єднань труб, переміщення труб на містки або подачі їх до ротора, відведення ротора від гирла свердловини при спуску обсадних колон великого діаметра та виконання інших допоміжних операцій.

Самохідність основних блоків і компактність допоміжного обладнання, яке може транспортуватися звичайним автотранспортом, забезпечують можливість перевезення бурової установки за один рейс.

Керування установкою здійснюється з пульта, на якому розміщені органи оперативного керування та прилади контролю технологічного процесу і режимів роботи механізмів установки.

Таблиця 2.2 — Технічна характеристика установки:

Шифр	УБВ – 600Н
Тип	Самохідний
Вантажопідйомність, тс	
максимальна	50
номінальна	32
Глибина буріння, м	2000
Діаметр буріння, мм	
початковий	346
кінцевий	118
Транспортна база лебідко-щоглового та насосного блоків	Автомобіль КрАЗ – 250
Привід механізмів	Двигун базового автомобіля КрАЗ, потужністю 240 лс при 2100 об/хв.; ЯМЗ-238

Продовження табл 2.2.

Потужність силового приводу (розрахункова), лс	
лебідко – щоглового блоку	170
насосного блоку	170
Довжина свічі, м	12
Швидкість підйому, м/сек.	
мінімальна	0,181
максимальна	1,215
Лебідка	Однобарабанна з ланцюговим приводом двострічковим гальмом.
Натяг каната (максимальний), то	9,8
Оснастка талевої системи	3х4
Висота щогли до осі кронблока, м	22,4
Кронблок	Чотирьох роликовий
Ротор	Р 360
Частота обертання стола ротора, об/хв.	
робоча	105 та 183
допоміжна	30,54 та 254
Потужність, що передається ротором, л.с.	120
Прохідний отвір стола, мм	360
Промивний насос	УНБ – 125
Кількість наосів	2
Робоча площадка	Двосекційна, зварна з профільного прокату
Габарити площадки, мм:	
довжина	5000
ширина	4400
висота	2200
Містки із стелажами	Двосекційні, зварні з профільного прокату
Полати	Консольні, зварні з профільного прокату
Кількість магазинів для труб, шт	2
Діаметр труб, мм	73 – 89
Джерело енергії для освітлення допоміжного обладнання	Сінхроний електрогенератор ЕСС-5-83-6-МІОІ
Потужність генератора, кВа	30
Напруга, вольт	400/230
Частота обертання ротора	1000
Габаритні розміри лебідко-щоглового блоку в транспортному положенні, мм	
довжина	13000
ширина	2650
висота	4160

Продовження табл 2.2.

Містки із стелажами	Двосекційні, зварні з профільного прокату
Полати	Консольні, зварні з профільного прокату
Кількість магазинів для труб, шт	2
Діаметр труб, мм	73 – 89
Джерело енергії для освітлення допоміжного обладнання	Сінхроний електрогенератор ЕСС-5-83-6-МІОІ
Потужність генератора, кВа	30
Напруга, вольт	400/230
Частота обертання ротора	1000
Габаритні розміри лебідко-щоглового блоку в транспортному положенні, мм	
довжина	13000
ширина	2650
висота	4160
Габаритні розміри насосного блоку в транспортному положенні, мм	
довжина	10000
ширина	3000
висота	3250
Маса лебідко-щоглового блоку в транспортному положенні, кг	22610
Навантаження на передню вісь, повне	4720
Навантаження на задню теліжку, повне	17890
Маса насосного блоку в транспортному положенні, кг	20880
Навантаження на передню вісь, повне	4310
Навантаження на задню теліжку, повне	16570
Маса комплекту з пристосуваннями та запчастинами, кг	70500

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ГВИНТОВОГО ВИБІЙНОГО ДВИГУНА Д-195

3.1. Визначення основних параметрів робочого обладнання

Вихідними параметрами для розрахунку гвинтових двигунів є:

- Діаметр свердловини D=195 мм;
- Витрата бурового розчину Q=26 л/с;
- Частота обертання долота n = 1,5 $с^{-1}$;
- Перепад тиску $\Delta p = 5\,МПа$;
- Крутний момент на валу М = 5000 Нм.

Діаметр двигуна задають з умови забезпечення необхідного коефіцієнта просвіту:

$$D = (0,8-0,92)\cdot D_{скв} = (0,8-0,92)\cdot 195 = 179 \text{ мм} \quad (1)$$

Контурний діаметр статора (за западинами зубів):

$$D_k = D - 2\cdot(\delta_м + \delta_р) = 179 - 2\cdot(12,53 + 7,16) = 140\,мм \quad (2)$$

де $\delta_м$ - товщина металевої стінки статора, приймаючи в межах (0,07-0,1)D; $\delta_р$ - Мінімальна товщина гумової обкладки статора повинна бути не менше (0,04-0,07)D.

Для вибору кінематичного відношення гвинтового героторного механізму керуються таким:

Якщо за умовами експлуатації потрібен двигун з малою швидкістю обертання і великим крутним моментом, доцільно прийняти кінематичне відношення:

$$i = \frac{z_2}{z_1}.$$

$$i = \frac{7}{8};\ i = \frac{8}{9};\ i = \frac{9}{10}.\text{і більше.}$$

Приймаємо $i = \frac{8}{9}$.

З двох можливих зачеплень (гіпоциклоїдна та епіциклоїдна) перевага надається гіпоциклоїдному зачепленню.

Ексцентриситет гіпоциклойдного зачеплення:

$$e = \frac{D_k}{2\left[c_0\left(z_2 - 1\right) + 1 + c_e\right]} = \frac{140}{2\left[1{,}1\left(8 - 1\right) + 1 + 1{,}6\right]} = 6{,}8\,\text{мм} \qquad (3)$$

де c_0 - коефіцієнт позацентроїдності, що приймається виходячи з умов забезпечення максимальної плавності профілю в межах 1,1 - 1,5; c_e - коефіцієнт, що сприяє забезпеченню мінімуму контактного тиску в парі ротор - статор, приймають 1,6-2,5.

Приймаємо $c_0 = 1{,}1;\ c_e = 1{,}6$

Орієнтовне значення площі живого перерізу робочої камери:

$$S = \pi \cdot e \cdot \left(D_k - 2 \cdot e\right) = 3{,}14 \cdot 6{,}8 \cdot \left(140 - 2 \cdot 6{,}8\right) = 2698\,\text{мм}^2 \qquad (4)$$

Крок гвинтової поверхні статора

$$T = \frac{Q}{S \cdot n \cdot z_2} = \frac{0{,}026 \cdot 10^9}{2698 \cdot 1{,}5 \cdot 8} = 800\,\text{мм} \qquad (5)$$

де z_2 - число заходів ротора.

Отримана за формулою (5) величина повинна бути в межах: $T = (4{,}5 - 6{,}5) \cdot D_к$ і не перевищувати 1000мм (за умовами технології виготовлення). Тобто в цьому випадку перебувати в межах $630 < T < 910$.

При виборі кроку статора необхідно визначити швидкість руху рідини у каналах:

$$V = T \cdot n \cdot z_2 = 0{,}8 \cdot 1{,}5 \cdot 8 = 9{,}6\,\text{м/с} \qquad (6)$$

Швидкість руху рідини в каналах не повинна перевищувати 15 м/с.

Крок гвинтової поверхні ротора:

$$t = T \cdot \frac{z_1}{z_2} = 0{,}8 \cdot \frac{9}{8} = 0{,}9\,\text{м} \qquad (7)$$

Діаметр статора за виступами:

$$D_e = D_k - 4 \cdot e = 140 - 4 \cdot 6{,}8 = 112{,}8\,\text{мм} \qquad (8)$$

Діаметр ротора по западинах:

$$d_i = D_e - 2 \cdot e + \delta = 112{,}8 - 2 \cdot 6{,}8 + 0{,}006 \cdot 140 = 100{,}04\,\text{мм} \qquad (9)$$

де δ - діаметральний натяг, рівний (0,005-0,007) D_k.

Довжина робочої поверхні обкладки статора:

$$L = T \cdot K_1 \tag{10}$$

де K_l - число кроків статора, визначається за формулою:

$$K_1 = \frac{p}{[p]} = \frac{5}{2} = 2,5 \tag{11}$$

де $[p]$- припустимий перепад тиску на один крок, що приймається при твердості гуми 75 - 80 ум. од., рівним 2 - 3 МПа. Найменше значення допустимого тиску набувають при застосуванні абразивної рідини, а більше – при використанні рідини з невеликим вмістом механічних домішок.

Тоді залежно (10):

$$L = 800 \cdot 2,5 = 2000 мм \tag{12}$$

Величина робочого об'єму двигуна:

$$V_0 = S \cdot T \cdot z_2 = 0,0187 \cdot 0,8 \cdot 8 = 0,12 м^3 \tag{13}$$

У цій залежності S, $м^2$ – площа перерізу шлюзу. Для гвинтових двигунів з гіпоциклоїдним центроїдним зачепленням площа перерізу шлюзу:

$$S = 2\pi \cdot e^2 \cdot \left(z_2^2 - 1\right) + \delta \cdot e \cdot r = 2 \cdot 3,14 \cdot 6,8^2 \cdot \left(8^2 - 1\right) + 0,84 \cdot 6,8 \cdot 68,25 = 18684 мм^2 \tag{14}$$

Швидкість обертання ротора:

$$n = n_0 \frac{Q \cdot \eta_{об} \cdot 60}{e^2 T} \tag{15}$$

де $\eta_{об}$ - об'ємний ККД, що приймається $\eta_{об}$ = (0,75-0,8).

Тут питома швидкість обертання ротора:

$$n_0 = \frac{1}{\left[2\pi \cdot \left(z_2 - 1\right) + \frac{8}{c_e}\right] z_2} = \frac{1}{\left[2 \cdot 3,14 \cdot \left(8 - 1\right) + \frac{8}{1,6}\right] 8} = 0,0026 \tag{16}$$

Тоді за формулою (15):

$$n = 0,0026 \frac{0,026 \cdot 0,8 \cdot 60}{0,0068^2 \cdot 0,8} = 88 об / мин \tag{17}$$

Момент гвинтового двигуна:

$$M = M_0 \cdot p \cdot D \cdot e \cdot t \tag{18}$$

Питомий момент гвинтового двигуна:

$$M_0 = \frac{z_2 - 1}{2} + \frac{2}{\pi \cdot c_e} = \frac{8 - 1}{2} + \frac{2}{3,14 \cdot 1,6} = 4 \tag{19}$$

Отже:

$$\mathrm{M} = 4 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 0{,}179 \cdot 0{,}0068 \cdot 0{,}9 = 21{,}9\text{кН} \cdot \text{м} \qquad (20)$$

Для розрахунку осьової опори двигуна обчислюють осьове гідравлічне навантаження, що діє на ротор:

$$\mathrm{F_{ос}} = \frac{\pi \cdot \mathrm{p} \cdot \left(\mathrm{D_k} - 4\mathrm{e}\right)^2}{4} + \frac{2 \cdot \pi \cdot \mathrm{M}}{\mathrm{T}} = \\ = \frac{3{,}14 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot \left(0{,}14 - 4 \cdot 0{,}0068\right)^2}{4} + \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 21900}{0{,}8} = 221{,}86\text{кН} \qquad (21)$$

3.2 Розрахунок геометричних та енергетичних параметрів двигуна

Розрахунок діаметра контуру робочих органів (діаметр статора в порожнинах зубів). [5]

Розрахунок ексцентриситету муфти:

$$e = \frac{D_k}{2 \cdot [C_0 \cdot (Z_1 - 1) + 1 + C_e]} = \frac{136{,}5}{2 \cdot [1{,}3 \cdot (10 - 1) + 1 + 2]} = 4{,}64 \textit{мм},$$

де C_e=2 - коефіцієнт форми зуба; C_0=1,3 - коефіцієнт ексцентриситету; Z_1=10 - кількість зубів статора.

Розрахунок площі перерізу, де розташовані робочі органи.

Визначення кроку поверхні гвинта:

$$\mathrm{T} = \frac{Q}{SnZ_2} = \frac{1{,}8}{0{,}001853 \cdot 102 \cdot 9} = 0{,}6349\ м,$$

де Q = 1,8 м3/хв - витрата рідини; n = 102 об/хв - швидкість обертання вала шпинделя; Z_2 = 9 - кількість зубів ротора.

Розрахунок осьового гідравлічного навантаження:

$$F_{ос} = \frac{\pi \cdot p(D_к - 4 \cdot e)^2}{4} + \frac{2\pi \cdot \mathrm{M}}{\mathrm{T}} = \frac{3{,}14 \cdot 7 \cdot 10^6 (0{,}1365 - 4 \cdot 0{,}00464)^2}{4} + \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 8 \cdot 10^3}{0{,}6349} = 155565{,}47\text{Н}.$$

Розрахунок обертання гвинта РКТ-177 на міцність.

Визначення натягу гвинтової обмотки:

$$\tau_{ср} = \frac{F_{общ}}{\mathrm{A}_{ср}} = \frac{F_{общ}}{\pi \cdot d_1 \cdot P \cdot \mathrm{K_П} \cdot \mathrm{Z_Р} \cdot \mathrm{K_Н}} = \frac{166155}{3{,}14 \cdot 170{,}612 \cdot 3 \cdot 0{,}65 \cdot 35{,}6 \cdot 0{,}085} = 52{,}6 \textit{МПа},$$

де d_1 - внутрішній діаметр гвинта РКТ-177; Р - крок гвинта; K_p - коефіцієнт повноти гвинта; K_n – коефіцієнт, що враховує нерівномірний розподіл навантаження між обмотками.

Таблиця – 3.1 Статичний ряд

Інтервал, год	Середнє значення інтервалу, t_i, год	Частота n_i	Експериментальна ймовірність $p_i=n_i/n$	$F(t)=\Sigma(n_i/n)$	$f(t)=p_i/\Delta t$
1-11	6	17	0,1259	0,1259	0,0114
11-22	17	23	0,1703	0,2962	0,0154
22-33	28	20	0,1481	0,4443	0,0134
33-44	39	17	0,1259	0,5702	0,0114
44-55	50	16	0,1185	0,6887	0,0107
55-66	61	10	0,0740	0,7627	0,0067
66-77	72	12	0,0888	0,8515	0,0080
77-88	83	7	0,0518	0,9033	0,0047
88-110	99	8	0,592	0,9625	0,0053
110-132	121	5	0,0375	1	0,0033

Визначення середнього значення статичного ряду:

$$\bar{t} = \sum_{1}^{k} t_i p_i = (6 \cdot 0{,}129) + (17 \cdot 0{,}1703) + (28 \cdot 0{,}1481) + (39 \cdot 0{,}1259) + (50 \cdot 0{,}1185) +$$

$$+ (61 \cdot 0{,}740) + (72 \cdot 0{,}0888) + (83 \cdot 0{,}0518) + (99 \cdot 0{,}0592) + (121 \cdot 0{,}0370) = 44{,}1772$$

Визначення середньоквадратичного відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{1}^{k} (t_i - \bar{t}) \cdot p_i};$$

$$\sigma = \sqrt{\begin{array}{l}(6-44{,}177)^2 \cdot 0{,}1259 + (17-44{,}177)^2 \cdot 0{,}1703 + (28-44{,}177)^2 \cdot 0{,}1481 + \\ + (39-44{,}177)^2 \cdot 0{,}1259 + (50-44{,}177)^2 \cdot 0{,}1185 + (61-44{,}177)^2 \cdot 0{,}0740 + \\ + (72-44{,}177)^2 \cdot 0{,}888 + (83-44{,}177)^2 \cdot 0{,}0518 + (99-44{,}177)^2 \cdot 0{,}0592 + \\ + (121-44{,}177)^2 \cdot 0{,}0370\end{array}} = 30{,}322;$$

3.3 Параметр розподілу Вейбулла

Визначення коефіцієнта варіації:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t}} = \frac{30{,}322}{44{,}177} = 0{,}6863.$$

Знаючи коефіцієнт варіації, можна визначити параметр розподілу Вейбулла – b та K_b [] b=1,48; K_b=0,904.

$$a = \frac{\bar{t}}{K_b} = \frac{44{,}177}{0{,}904} = 48{,}87.$$

Рекомендується спочатку апроксимувати розподіл Вейбулла з V>0,5. У нашому випадку V = 0,686. Ми припускаємо розподіл Вейбулла.

Будуємо криві теоретичної функції щільності розподілу за часом f(t), теоретичної ймовірності стабільної роботи P(t), функції розподілу відмов F(t) та функції інтенсивності відмов λ (t).

3.3.1 Розрахунок інтенсивності відмов

Обчислюємо значення функції щільності розподілу за часом f(t):

$$f(t) = \frac{b}{a}\left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^{b}\right] = \frac{1{,}48}{48{,}87} \cdot \left(\frac{t}{48{,}87}\right)^{1{,}48} \exp\left[-\left(\frac{t}{48{,}87}\right)^{1{,}48}\right].$$

Таблиця 3.2 – Функція щільності розподілу за часом (t)

t	11	22	33	44	55	66	77	88	110	132
(t)	0.0132	0.015	0.014	0.012	0.009	0.007	0.005	0.003	0.001	0.0006

Обчислюємо значення теоретичної ймовірності стабільної роботи P(t) у кожному інтервалі за формулою:

$$p(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^{b}\right] = \exp\left[-\left(\frac{t}{48{,}87}\right)^{1{,}48}\right].$$

Таблиця 3.3 – Теоретична ймовірність стабільної роботи P(t)

t	11	22	33	44	55	66	77	88	110	132
(t)	0,8958	0,7357	0,5716	0,4248	0,3038	0,2101	0,1408	0,0918	0,0360	0,0128

Обчислюємо функцію розподілу відмов F(t) за такою формулою:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^{b}\right] = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{48{,}87}\right)^{1{,}48}\right].$$

Таблиця 3.4 - Функція розподілу відмов F(t)

t	11	22	33	44	55	66	77	88	110	132
(t)	0,1042	0,2643	0,4284	0,5752	0,6962	0,7899	0,8592	0,9082	0,964	0,9872

Значення функції інтенсивності відмов розраховується за такою формулою:

$$\lambda = \frac{f(t)}{p(t)}.$$

Таблиця 3.5 - Функція інтенсивності відмов λ (t)

t	11	22	33	44	55	66	77	88	110	132
(t)	0,001	0,0203	0,0244	0,0284	0,031	0,0342	0,0369	0,0392	0,0416	0,046

Перевіряємо справедливість обраного закону гіпотези згідно з критерієм узгодженості.

Критерій Пірсона:

$$\chi^2 = \sum_1^k \frac{(n_i - n \cdot p_i)}{n \cdot p_i},$$

де k – номер інтервалу статичного ряду; n_i – частота в і-му інтервалі; n – загальна кількість значень випадкової величини; p_i – теоретична ймовірність появи випадкової величини в і-му інтервалі:

$$p_i = p_{ін} - p_{ik},$$

де $p_{ін}$ та p_{ik} – функції ймовірності в кінці та на початку і-го інтервалу.

$$\chi^2 = \frac{(17 - 135 \cdot 0{,}104)^2}{135 \cdot 0{,}104} + \frac{(23 - 135 \cdot 0{,}160)^2}{135 \cdot 0{,}160} + \frac{(20 - 135 \cdot 0{,}164)^2}{135 \cdot 0{,}164} + \frac{(17 - 135 \cdot 0{,}145)^2}{135 \cdot 0{,}145} +$$
$$+ \frac{(16 - 135 \cdot 0{,}122)^2}{135 \cdot 0{,}122} + \frac{(10 - 135 \cdot 0{,}093)^2}{135 \cdot 0{,}093} + \frac{(7 - 135 \cdot 0{,}049)^2}{135 \cdot 0{,}049} + \frac{(12 - 135 \cdot 0{,}069)^2}{135 \cdot 0{,}069} +$$
$$+ \frac{(8 - 135 \cdot 0{,}055)^2}{135 \cdot 0{,}055} + \frac{(5 - 135 \cdot 0{,}023)^2}{135 \cdot 0{,}023} = 3{,}913.$$

Кількість ступенів свободи r = k – s = 10 – 3 = 7. При r = 7 та χ^2 = 3,913 ймовірність збігу теоретичного та статистичного розподілів становить P = 0,7 ≥ 0,1, що підтверджує прийняту нами гіпотезу про розподіл часу до відмови гвинтового двигуна Д-195 за законом Вейбулла.

Критерій Колмогорова. Ймовірність появи випадкової величини становить 2,6 - показано в таблиці.

З таблиці 3.6, Dmax=0,0319, тоді параметр розподілу λ=Dmax $\sqrt{n}$ = 0,37. З таблиці 3.6 знаходимо P(t)=1 і гіпотеза розподілу Вейбулла є правильною.

Висновок: закон розподілу Вейбулла, формально вибраний за зовнішніми ознаками, а саме формою кривої, був правильним. Це підтверджує ймовірності, знайдені за критеріями Пірсона та Колмогорова.

Ймовірність, знайдена за критерієм Пірсона, становить P=0,7≥0,1, що не спростовує вибрану гіпотезу.

Таблиця 3.6 – Ймовірність появи випадкової величини

t, z	$P(t)^{теор}$	P_i	$F(t)^{теор}$	$F(t)^{тек}$	$\|D\| = F(t)^т - F(t)^о$
0	1	0	0	0	0
11	0,8958	0,1042	0,1042	0,1259	0,0217
22	0,7357	0,1601	0,2643	0,2962	0,0319
33	0,5716	0,1644	0,4284	0,4443	0,0159
44	0,4248	0,1458	0,5752	0,5702	0,005
55	0,3038	0,122	0,6962	0,6887	0,0082
66	0,2101	0,0937	0,7899	0,7627	0,0272
77	0,1408	0,0693	0,8592	0,8515	0,0077
88	0,0918	0,049	0,9082	0,9033	0,0049
110	0,0360	0,0558	0,964	0,9625	0,0012
132	0,0128	0,0232	0,09872	1	0,0126

Ймовірність, знайдена за критерієм Колмогорова для n=132, становить $P(\lambda)=1$, що не суперечить експериментальним даним.

Отже, гіпотеза приймається для перевірки правильності вибраного закону за вищезазначеними критеріями. Ми знайшли нормальний робочий інтервал на графіку щільності розподілу f(t). З графіка ймовірності сталого режиму роботи (7 годин) знаходимо задане значення P(t)=0,96, а для гарантованого (11 годин) ресурсу P(t)=0,9. З таблиці інтенсивності відмов знаходимо задані значення та гарантований (11-годинний) ресурс. З таблиці інтенсивності відмов видно, що обладнання виходить з ладу через втому λ (t). Після 11 годин роботи двигун необхідно обслужити.

Характеристики гвинтового двигуна відрізняються від характеристик турбобура. Його теоретична швидкість обертання прямо пропорційна витраті бурового розчину та не залежить від крутного моменту. Зі збільшенням крутного моменту падіння тиску збільшується:

$$M = \frac{\Delta p_{айн} q \eta}{2\pi \cdot n},$$

де q – об’єм порожнин гвинтового двигуна; η – коефіцієнт корисної дії приводу – і.

На практиці значне тертя двигуна та зменшення крутного моменту не прямо пропорційні зменшенню тиску, а швидкість обертання зі збільшенням крутного моменту зменшується дещо, але значно менше, ніж у турбобурі.

У гвинтовому двигуні енергія втрачається на подолання гідравлічних опорів, тертя ротор-статор, знос шпинделя, деформацію гуми статора (до складу якої входить ротор з певним зазором для надійної герметизації порожнин статора). Тому максимальний коефіцієнт корисної дії ККД становить 25-35%, а термін служби статора в середньому 30-50 годин. У міру зносу статора опір зменшується і між ротором і статором з'являється зазор, що призводить до зменшення крутного моменту до 2 разів. Тому ККД втрачає здатність приймати навантаження від бура.

Для боротьби з цим явищем був розроблений двосекційний турбобур, що складається з двох двигунів і загальної секції шпинделя, подібний до секційного турбобура. Поділ на секції дозволяє зберегти характеристики крутного моменту турбобура, значно збільшує швидкість зносу статора та його продуктивність. Потужність гвинтового двигуна залежить від витрати та перепаду тиску бурового розчину:

$$N = \Delta p_{айн} \cdot Q \cdot \eta.$$

Кінематичне співвідношення відіграє дуже важливу роль – співвідношення кількості входів (виходів) ротора та статора. Воно визначає M та n долота відповідно за інших рівних умов.

При бурінні з ГВД пропускна здатність долота у твердих породах збільшується в 2 рази, а в м'яких породах на 20–50% порівняно з турбобуром, в обох випадках однакова механічна швидкість буріння становить 20–50%. Однак на глибинах свердловин понад 1500–2000 м ГВД ефективно забезпечує високу швидкість переміщення, що є інтегральним показником ефективності механічного буріння.

ГВД має просту конструкцію та значно меншу довжину та вагу, ніж турбобур. Мала довжина особливо ефективна при бурінні горизонтальних та похилих свердловин, оскільки дозволяє мінімізувати радіус кривизни вала та, відповідно, його довжину.

При бурінні з ГВД є можливість контролювати тиск долота та випробування циркуляційної системи (стаціонарної). Падіння тиску в двигуні прямо пропорційне крутному моменту, споживаному долотом.

3.4 Розрахунок допустимого радіуса кривизни

Рекомендується розраховувати допустимий нижній радіус кривизни в найжорсткішій частині системи "долото - вибійний двигун" у випадку проникності криволінійної ділянки свердловини:

$$R_{\min 1} = \frac{0{,}125 \cdot L_{зд}^2}{0{,}74 \cdot (D_0 - d_{зд}) - k},$$

де $L_{зд}$ - довжина вибійного двигуна з долотом, м; D_0, $d_{зд}$ - діаметри відповідно до долота та вибійного двигуна, м. k - зазор між свердловиною та вибійним двигуном, м. У м'яких породах k = 0, у твердих породах k = 3 - 6 мм.

При зменшенні діаметра вибійного двигуна та збільшенні його довжини рекомендується враховувати вплив його прогину:

$$R_{\min 1} = \frac{0{,}125 \cdot 23{,}5^2}{0{,}74 \cdot (0{,}2953 - 0{,}240) - 0{,}006} = 148{,}6 м.$$

де f - стрілка прогину вибійного двигуна, м.

$$f = \frac{0{,}13 \cdot 10^5 \cdot q \cdot L_{зд}^2}{E \cdot J},$$

де q - вага 1 метра вибійного двигуна, Н/м; $L_{зд}$ - довжина вибійного двигуна, м; Е – модуль пружності, Е = $2{,}1 \cdot 10^{11}$ Н/м^2; J – момент інерції поперечного перерізу головної передачі, м^4.

$$J = 0{,}049 \cdot d_{зд}^4.$$

$$J = 0{,}049 \cdot 0{,}195^4 = 7{,}085 \cdot 10^{-5}.$$

Тоді

$$\sigma_p = \frac{640 \cdot 10^3}{33{,}4 \cdot 10^{-4}} = 191{,}6 МПа,$$

Тобто,

$$f = \frac{0{,}13 \cdot 10^5 \cdot 185 \cdot 9{,}81 \cdot 23{,}5^2}{2{,}1 \cdot 10^{11} \cdot 7{,}085 \cdot 10^{-5}} = 10{,}6 мм.$$

3.4.1 Розрахунок мінімального радіуса кривизни бурильної труби за нормальних умов експлуатації

Для верхньої частини свердловини вертикальний переріз з Rmin визначається в точці його з'єднання з встановленою ділянкою, оскільки в цій ділянці напруження згину доповнюється навантаженнями розтягу:

$$R_{\min 3} = \frac{E \cdot d}{2 \cdot (\sigma_r - \sigma_p)}$$

де d - зовнішній діаметр труби, м; σ_r - межа текучості, Н/м^2; σ_p - напруження розтягу, Н/м^2.

$$\sigma_p = \frac{P}{F},$$

де P - максимальне навантаження розтягу в цій ділянці, Н; F - площа поперечного перерізу труби, м^2.

Тоді:

$$R_{\min 3} = \frac{2{,}1 \cdot 10^{11} \cdot 0{,}127}{2 \cdot (373 \cdot 10^6 - 191{,}6 \cdot 10^6)} = 73{,}5 м.$$

Для нижньої ділянки свердловини, наприклад, ділянки 4, R_{min4} визначається за такою формулою, враховуючи можливу концентрацію локальних напружень у малому гвинті:

$$R_{\min 4} = \frac{E \cdot d \cdot \alpha_к}{2 \cdot \sigma_p},$$

де $\alpha_к$ - коефіцієнт концентрації локальних напружень; Для сталевих груп твердості D та E α_k становить 1,84 та 1,99 відповідно. [8]

Замки бурильної колони не повинні створювати надмірного тиску на стінку свердловини для запобігання інтенсивному зносу: під час операцій підйому та опускання, різання тощо. У цьому випадку R_{min} розраховується за такою формулою (при довжині свічки 25 м):

$$R_{\min 5} = \frac{12{,}5 \cdot P}{T_д},$$

де P - осьова сила, Н; T_d - допустима сила замка, що взаємодіє зі стінкою свердловини, Н; T_d повинна становити 20-30 кН для ділянок, що складаються з м'яких порід, та 40-50 кН для твердих та твердих порід.

Тоді для твердих порід:

$$R_{\min 5} = \frac{12{,}5 \cdot 200 \cdot 10^3}{50 \cdot 10^3} = 53{,}75 м.$$

Для м'яких та середніх порід:

$$R_{\min 5} = \frac{12{,}5 \cdot 200 \cdot 10^3}{20 \cdot 10^3} = 134{,}4 м.$$

Визначити мінімальний радіус кривизни обсадних труб, що опускаються у свердловину.

Обсадні труби, що опускаються у свердловину, згинаються подібно до осі свердловини.

Мінімально допустимий радіус кривизни становить:

$$R_{\min 6} = \frac{E \cdot d}{2 \cdot [\sigma_{из}]},$$

де $[\sigma_{из}]$ – допустиме напруження згину (для сталі групи міцності D, $[\sigma_{из}] \approx 200$ МПа).

Таким чином, ми знайшли всі мінімально допустимі радіуси кривизни.

Таблиця 3.7 – Мінімально допустимий радіус кривизни свердловини

$R_{min\ 1}$	$R_{min\ 2}$	$R_{min\ 3}$	$R_{min\ 4}$	$R_{min\ 5}$	$R_{min\ 6}$
148,6	154	73.5	128	134.4	128.6

Для всіх випадків $R_{min} < R_1 = 441$ м, тобто похиле розміщення свердловини здійснюється в нормальних умовах.

3.5 Гідравлічний розрахунок промивання свердловини

Спочатку розраховуємо параметри φ та $\sum(\Delta P_{КП})$.

Для ГВД: Vм = 9.8 м/с; Q = 0.025 $м^3$/с.

Значення φ розраховується за наступною формулою.

Для буріння з ГВД:

$$\varphi = \frac{0,04}{\frac{\pi}{4} \cdot 2,59 \cdot 10^5 \cdot 0,280^2 + 0,04} = 0,996 \approx 1.$$

Наявність осаду в потоці становить (1- φ) ≈ 0.

Визначення фактичного числа Рейнольдса Rекп у кільцевому просторі для ГВД:

$$\mathrm{Re}_{кп} = \frac{4 \cdot 1805 \cdot 0,04}{3,14 \cdot (0,28 + 0,195) \cdot 0,001} = 113711.$$

Якщо критичне число Рейнольдса $\mathrm{Re}_{кп}$ для технічної води в однорідних областях кільцевого каналу становить $\tau_0 = 0$, то для ГВД: $\mathrm{Re}_{кп} = 2100$.

Таким чином, режим потоку рідини для ГВД у кільцевому каналі є турбулентним.

Втрата тиску в кільцевому просторі визначається формулою Дарсі-Вайсбаха:

$$\Delta P_{КП} = \lambda_{КП} \frac{\rho \cdot V_{КП}^2}{(d_в - d_н)} \cdot c,$$

$$\lambda_{КП} = 0,107 \left(\frac{1,46 \cdot к}{d_в - d_н} + \frac{100}{\mathrm{Re}_{КП}} \right)^{0,25}.$$

Для ГВД обчислюємо коефіцієнт λкп за формулою:

$$\lambda_{КП} = 0,107 \left(\frac{1,46 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{0,280 - 0,195} + \frac{100}{113711} \right)^{0,25} = 0,051.$$

Визначаємо швидкість потоку рідини в однорідних областях кільцевого каналу:

$$V_{кп} = \frac{4 \cdot 0,04}{\pi (0,280^2 - 0,195^2)} = 1,26 м/с$$

3.5.1 Розрахунок втрати тиску

Розраховуємо втрату тиску:

$$\Delta P_{КП} = \frac{0{,}051 \cdot 1160 \cdot 1{,}26^2}{2 \cdot (0{,}280 - 0{,}195)} \cdot 6{,}9 = 0{,}003 \cdot 10^6 \, Па$$

Втрати від локального шлюзу ЗП-127 у кільцевому просторі

Для буріння з ГВД:

$$\Delta P_{мк} = \frac{1170}{12} \cdot \left(\frac{0{,}280^2 - 0{,}127^2}{0{,}280^2 - 0{,}170^2} - 1 \right)^2 \cdot 2055 \cdot 0{,}82^2 = 0{,}004 \cdot 10^6 \, Па$$

Для буріння з ГВД визначаємо $\rho_{кр}$:

$$\rho_{кр} = \frac{17{,}2 \cdot 10^6 - 0{,}159 \cdot 10^6}{1 \cdot 9{,}81 \cdot 1160} = 1484 кг / м^3$$

Оскільки $\rho_{кр} > \rho$, умова запобігання гідровтрат виконана.

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВИБІЙНОГО ДВИГУНА

4.1. Транспортування і монтаж.

Вибійний двигун відповідно до замовлення транспортується вантажним автомобільним або заліжничним транспотом у розібраному стані. Розвантаження електровоза проводиться за допомогою підйомних засобів вантажопідйомністю не менше 2т.

Монтаж двигуна проводиться на буробій установці, обладнаній вантажопідйомними засобами.

4.2. Використання вибійного двигуна за призначенням

Знаходячись в процесі буріння на забої свердловини турбіна турбобура використовує технічну воду або глинистий розчин як робочу рідину.

Характеристика турбіни при роботі на глинистих розчинах відмінна від характеристики при роботі на воді і залежить в першу чергу від його питомої ваги.

Робоча рідина при недостатньому її очищенні, як це досить часто має місце в практиці буріння, може містити значну кількість піску (до 6—8% за об'ємом).

Такий високий зміст абразиву приводить до швидкого зносу проточної частини при великих швидкостях потоку. У зв'язку з цим в сучасних турбінах швидкості руху рідини обмежена 10—12 м/с. Це збільшило їх стійкість до 300-500 ч.

Турбіна турбобура працює на примусовому потоці промивальної рідини, створюваному буровими насосами. Тому зростання опору проточної частини турбіни викликає збільшення тиску на насосах.

На відміну від більшості турбін, вживаних в різного роду енергетичних установках, турбіна забійного двигуна є нерегульованою. Тому швидкість обертання і обертовий момент на валу турбобура можуть змінюватися в

широких межах, залежно від величини навантаження на долото, безпосередньо пов'язаного з валом.

Навантаження двигуна здійснюється шляхом створення осьового зусилля на долото через систему бурильних труб. В результаті нерівномірності подачі інструменту навантаження це міняється в значній мірі. У зв'язку з цим виникає необхідність забезпечення достатньо високої ефективності турбіни в широких межах зміни режиму роботи.

Недостатнє очищення робочої рідини приводить до забивання турбіни шламом і різними сторонніми предметами, слідством чого є зупинка двигуна. Тому однією з основних вимог до проточної частини турбіни забійного двигуна є необхідність забезпечення достатньо широких міжлопаткових каналів, що зменшують можливість зашламування турбін.

Особливості роботи опор.

Значні статичні і динамічні навантаження, прикладені до турбобура, наявність в технологічній промивальній рідині абразивних частинок і украй обмежені діаметральні габарити корінним чином відрізняють умови роботи турбобура від умов, в яких використовуються будь-які поверхневі гідравлічні двигуни. Ці умови створюють серйозні труднощі для роботи деталей тертя, і, в першу чергу, для опор турбобура.

Динамічні навантаження, діючі на опори турбобура одночасно із статичними навантаженнями, обумовлені рядом чинників, органічно властивих процесу механічного руйнування порід за наявності пружної системи бурильних труб.

При роботі турбобура з опорами кочення останні самі можуть з'явитися збудниками подовжніх коливань низу бурильного інструменту. По своєму характеру цей процес близький до процесу кінематичного збудження, що викликається роботою долота на забої. Він виявляється тим більше, чим вище неоднорідність робочих поверхонь підшипника в результаті його зносу.

Крім динамічних навантажень, що визначаються механізмом роботи шарошечного долота, на турбобур діють навантаження, що виникають унаслідок пружних подовжніх коливань колони бурильних труб.

Зміна осьового навантаження на долоті викликає коливання моменту турбобура, що накладає крутильні коливання на бурильний інструмент.

Відсутність жорсткого напряму системи «турбобур — долото» в стовбурі свердловини приводить до додаткових поперечних переміщень, пов'язаних як з роботою неврівноважених мас турбобура, що обертаються, так і із зміною характеру прохідних порід, викривленням свердловини і рядом інших причин, які можуть створити на валу турбобура змінні по величині і напряму поперечні сили.

4.3. Технічне обслуговування вибійного двигуна

Форми і методи проведення ремонтів машини

Система планово-запобіжного ремонту включає:

а) внутрішньосистемне обслуговування;

б) профілактичні огляди і перевірки;

в) планові поточні ремонти;

г) капітальні ремонти.

Планування ремонтів устаткування

У практиці експлуатації машин в гірничої промисловості існують два види планування ремонтів – річне і поточне.

У основу планування ремонтів покладені заходи, передбачені в положенні про планово-запобіжні ремонти ПЗР механічного устаткування підприємствах чорної металургії.

Річне планування ремонтів є найбільш обширним і є переліком практично всього парку машин і устаткування, згрупованих по типах і включає план ремонту, графіки ремонтів, заявки на змінні деталі і вузли, заявки на матеріали і інструменти, штатний розклад ремонтних робіт. При річному плануванні в обов'язковому порядку указуються спосіб ведення ремонту, складність, тривалість і орієнтовна вартість. Вартість встановлюється на підставі затвердженого цінника на ремонтному підприємстві.

Планування річного ремонту здійснюється на підставі розробленої документації, яка включає річний графік планово-запобіжних ремонтів машин і графік постачання в капітальний ремонт.

Початковою інформацією для планування ремонтів є: інструкції по технічному обслуговуванню, керівництво по експлуатації, ремонтні нормативи, результати визначення фактичного технічного стану частин устаткування.

Ремонт планується проводити в основному силами самих виробничих підприємств.

Річне планування ремонтів конусної дробарки представляється у формі ПЗР, яке розробляється енергетичною службою підприємства, підписується головним механіком підприємства і затверджується головним механіком об'єднання. Заявки на запчастини і вузли, матеріали і інструменти зазвичай складають за 7-8 місяців до настання планованого календарного року.

Місячні графіки ремонтів складаються на підставі річного графіка для устаткування цехів механіками цеху, для устаткування всього підприємства – відділом головного механіка підприємства і затверджується головним механіком. При складанні місячних графіків ремонту уточнюють дати почала і закінчення ремонту машини в планований місяць. У графік можуть бути включені при необхідності роботи, проведення яких не передбачене річним графіком або навпаки, терміни ремонту деяких машин можуть бути віднесені на пізній термін при хорошому стані машини. У місячних графіках ПЗР передбачаються записи планових термінів зупинки устаткування на ремонт і їх тривалість, а також наголошуються дані про фактично виконані роботи по ремонту.

Подальшим етапом конкретного планування ремонтних робіт є складання ремонтних відомостей до поточного ремонту дробарки з метою встановлення: об'єму робіт, що підлягають виконанню при зупинці машини на поточний ремонт, потреби в робочій силі для виконання передбаченого об'єму робіт, раціонального розподілу ремонтних робіт між виконавцями.

Правильний вибір типу і розміру турбобура для конкретних умов буріння визначає ефективне використання турбінного способу проходки свердловин.

Зовнішній діаметр турбобура підбирають відповідно до діаметра бурового долота.

Тип турбобура та кількість його секцій визначаються залежно від умов буріння свердловини. При роботі на значних глибинах, особливо під час проходження пластичних порід, коли зростає моментоємність процесу буріння, необхідно збільшувати кількість секцій турбобура. У подібних умовах доцільно використовувати тихохідні (низькообертові) турбобури, оснащені турбінами точного лиття.

Вимоги до характеристик турбіни формуються виходячи з необхідності забезпечення оптимального режиму роботи бурового долота.

Ефективність турбінного способу буріння значною мірою визначається величиною гідравлічної потужності, що подається на турбобур. У зв'язку з цим турбінне буріння висуває підвищені вимоги до бурового обладнання та інструменту, насамперед до бурових насосів і бурильних труб.

Оскільки продуктивність насосів задається технологічно необхідною витратою промивальної рідини, збільшення потужності, що підводиться до турбобура, досягається шляхом підвищення робочого тиску на виході насосів. Практика турбінного буріння підтверджує ефективність роботи при тиску 200—250 кгс/см2, особливо зі збільшенням глибини свердловин, використанням обважнених бурових розчинів і застосуванням гідромоніторних доліт.

Рекомендується використовувати тонкостінні бурильні труби з висадженими назовні кінцями та привареними замками, що мають збільшений прохідний переріз з урахуванням глибини свердловини та геологічних умов буріння.

Для забезпечення довготривалої та безвідмовної експлуатації турбобура бурова установка обов'язково повинна комплектуватися вібраційними ситами та гідроциклонними установками для очищення бурового розчину.

Під час транспортування турбобура на бурову необхідно забезпечити його надійне збереження. Щоб запобігти засміченню турбіни та пошкодженню різьбових з'єднань, турбобур транспортують із захисними пробками та

ковпаками. Забороняється транспортування волоком або скидання обладнання під час розвантаження, оскільки це може призвести до деформації корпусу чи вала (вигинів, вм'ятин тощо).

Перед виконанням складання (з'єднання) секцій турбобура проводять його попередній контроль. До експлуатації не допускаються турбобури, що мають зовнішні пошкодження: тріщини або вм'ятини на корпусних деталях, а також задири чи пошкодження на різьбових поверхнях перевідників корпусу та валу.

Турбобур, який надходить із турбінного цеху, вважається придатним до роботи за виконання таких вимог.

Значення осьового люфту не повинно перевищувати 2,0 мм для турбобурів, обладнаних резинометалевою п'ятою, і 0,4 мм — для турбобурів із кульковою осьовою опорою.

Величина підйому валу верхніх секцій повинна відповідати встановленим допустимим параметрам.

Визначення підйому валу у верхніх секціях шпиндельних та секційних турбобурів виконують таким чином. Вал секції, що приєднується, переводять у крайнє нижнє положення, після чого вимірюють відстань від верхнього торця корпусу (або перевідника) до торця валу чи з'єднувальної напівмуфти. Після монтажу секції проводять повторний вимір тієї ж відстані. Різниця між отриманими значеннями характеризує величину підйому валу приєднуваної секції.

Перепад тиску в турбобурі повинен орієнтовно відповідати робочим параметрам турбіни, наведеним у паспортній документації.

Усі різьбові з'єднання мають забезпечувати герметичність при витраті промивальної рідини, що вказана у паспорті турбобура.

Якщо очікується значне розширення стовбура свердловини або планується буріння при обмеженому навантаженні на долото (наприклад, у похило-скерованих свердловинах чи при проходженні пластичних в'язких порід на значних глибинах), коли запуск турбобура на вибої може бути ускладнений і не виключається холостий рейс, не рекомендується відмовлятися від додаткової перевірки турбобура на робочій трубі перед його спуском у свердловину.

Для недопущення засмічення турбобура після спуску інструмента на верхню муфту бурильних труб (під ведучу трубу) необхідно встановлювати фільтр.

Після спуску інструменту долото залишають вище вибою приблизно на довжину ведучої труби. Роботу турбобуром розпочинають із промивання свердловини. Промивка виконується одним буровим насосом доти, поки тиск на його викиді не досягне значення, достатнього для підключення другого насоса.

Полегшення запуску турбобура на вибої досягається обертанням бурильної колони ротором із поступовим збільшенням навантаження на долото. Ефективним способом також є посадка турбобура з долотом на вибій із незначним ударним навантаженням. Якщо запуск у нерозширеній частині стовбура ускладнений, рекомендується обертати бурильні труби або перемістити долото в інтервал стовбура з повним діаметром.

Початок роботи з турбобуром рекомендується виконувати при мінімальному навантаженні, прикладеному до долота.

У випадку раптової зупинки агрегату через перевантаження необхідно підняти бурильний інструмент, після чого знову обережно опустити долото до вибою і, поступово підвищуючи навантаження, вийти на оптимальний режим буріння, що забезпечує максимальну швидкість проходки.

Щоб уникнути забруднення турбобура перед операціями нарощування бурильної колони або підйомом інструменту для заміни долота, спочатку виконують промивання свердловини в зоні вибою. Далі інструмент піднімають над вибійною поверхнею приблизно на 10–12 м, після чого припиняють роботу насосів і відкривають пускову засувку.

Під час експлуатації на буровій установці необхідно регулярно контролювати працездатність турбобура для подальшого використання. Інтервали перевірок визначаються практичним досвідом конкретного бурового підприємства. Турбобур вважається придатним до подальшої роботи за умови виконання таких вимог.

Осьовий люфт не повинен перевищувати 5 мм для конструкцій із резинометалевою п’ятою та 6 мм для варіантів із кульковою осьовою опорою.

Запуск турбобура здійснюється при тиску, який не перевищує початкові

значення, отримані під час випробувань.

Відсутні витоки робочої рідини через різьбові з'єднання.

Усі різьбові стики затягнуті до повного упору по торцевих поверхнях.

Величина затягування в циліндричних різьбових з'єднаннях ніпеля та сполучного перевідника залишається незмінною порівняно з паспортними даними турбобура.

Різьба для приєднання долота знаходиться у справному стані (без задирів, вм'ятин та ерозійних пошкоджень на торцях).

У разі перевищення допустимого осьового люфту, ускладненого запуску, появи підтікання у різьбових з'єднаннях або інших несправностей турбобур підлягає направленню на ремонт.

Нижче наведено основні типові відмови та порушення нормальної роботи турбобура, їх можливі причини, а також заходи для усунення виявлених несправностей.

Зупинка турбобура під час процесу буріння. Однією з найчастіших причин припинення обертання турбобура є його перевантаження в зоні вибою. У такій ситуації рекомендується підняти долото на невелику відстань від вибійної поверхні та продовжити роботу при зниженому осьовому навантаженні. Якщо після корекції режиму агрегат не відновлює обертання, його необхідно підняти на поверхню для проведення перевірки на приводній трубі.

Другою причиною зупинки може бути істотне зменшення подачі промивальної рідини в турбобур. Це зазвичай пов'язано з несправностями насосного обладнання або витоками в бурильній колоні. Ознакою такої ситуації є падіння тиску, яке фіксується манометром. Для усунення проблеми виконують діагностику насосів і перевірку герметичності різьбових з'єднань труб. Якщо після цього робота не нормалізується, турбобур підлягає підйому та контролю на приводній трубі.

Ще одним фактором раптового зупинення (або ускладненого запуску) може бути ослаблення різьбових з'єднань роторних гайок, корпусних перевідників або ніпельних елементів. Це призводить до порушення

регулювання вузлів, можливого контакту ротора зі статором і розбалансування внутрішніх елементів конструкції.

Причиною відмови також можуть бути пошкодження гумових елементів опор або їх набухання, що погіршує умови роботи підшипникових вузлів і здатне спричинити різку зупинку агрегату.

Факт виходу турбобура з ладу через порушення кріплення вузлів або деградацію гумових деталей встановлюється під час перевірки на приводній трубі, після чого агрегат зазвичай направляють на заміну.

Турбобур не сприймає навантаження (не навантажується). Основною причиною зниження навантажувальної здатності турбобура найчастіше є його забруднення частинками вибуреної породи. Потрапляння шламу в робочі канали може відбуватися двома основними шляхами. У першому випадку дрібнодисперсні частинки, які не затрималися системою фільтрації, осідають у турбобурі після зупинки циркуляції, а при повторному запуску насоса ущільнюються та блокують проточні канали турбінного механізму. У другому випадку під час зупинки насосів тверді частинки, що знаходяться в кільцевому просторі, осідають у зоні вибою. При різкому відкритті пускової засувки виникає зворотний рух рідини (ефект «сифона»), внаслідок чого осад може проникати в долото та турбінну частину, особливо якщо інструмент не піднято над вибоєм.

У разі засмічення турбобур піднімають на поверхню і виконують промивання протягом 10–15 хвилин. При цьому закриття засувки здійснюють поступово, контролюючи зміну тиску за показаннями манометра. Якщо промивання не відновлює працездатність агрегату, турбобур підлягає заміні.

Різке зниження тиску в нагнітальній магістралі. Раптове падіння тиску в системі зазвичай пояснюється тим, що турбобур залишається на вибої через аварійне руйнування бурильних труб або зрив різьбових з’єднань корпусних елементів і перевідників. У подібній ситуації бурильний інструмент необхідно підняти на поверхню для подальшої діагностики.

Турбобур, який підлягає відновленню, на буровій установці розбирають на окремі секційні блоки. Роз’єднання виконують у порядку, зворотному до процесу

складання. Після розбирання різьбові поверхні обов’язково захищають спеціальними ковпаками та запобіжними пробками для недопущення пошкоджень.

У системі планово-попереджувального обслуговування залежно від обсягу та складності відновлювальних операцій розрізняють дрібний, середній та капітальний ремонт.

Дрібний ремонт є найпростішим видом планового обслуговування, який спрямований на підтримання обладнання в робочому стані. Він виконується без демонтажу складних вузлів, як правило, безпосередньо на місці експлуатації у встановлені терміни. Під час таких робіт перевіряють загальний технічний стан, замінюють елементи з інтенсивним зношуванням, оновлюють мастильні матеріали та усувають несправності, що не потребують розбирання агрегатів. Складні дефекти, які неможливо усунути силами обслуговуючого персоналу, ліквідуються виїзними ремонтними підрозділами. Перелік операцій регламентується відповідними ремонтними класифікаторами. Після завершення дрібного ремонту проводять контрольну перевірку роботи, а також регулювання механізмів і вузлів.

Середній ремонт передбачає часткове розбирання обладнання, відновлення або заміну окремих вузлів, оновлення зношених деталей, а також подальше складання, налаштування та випробування під навантаженням. Як правило, заміні підлягають елементи, ресурс яких менший за міжремонтний інтервал. Обсяг робіт також визначається чинними ремонтними нормативами.

Такий вид ремонту для великогабаритного обладнання виконується безпосередньо на місці експлуатації із застосуванням змінних вузлів, тоді як для більш простих механізмів доцільне виконання в ремонтних цехах. Середній ремонт включає весь перелік операцій дрібного обслуговування, а також додаткові роботи згідно з нормативною документацією.

Капітальний ремонт є найбільш об’ємним і складним видом відновлення, що передбачає повне розбирання агрегату, детальну дефектацію, заміну або відновлення всіх зношених вузлів і деталей, а також виконання всіх операцій, характерних для дрібного та середнього ремонту.

У результаті виконання капітального ремонту відбувається повне відновлення початкових техніко-експлуатаційних параметрів обладнання.

Капітальні ремонтні роботи зазвичай здійснюються на спеціалізованих ремонтних підприємствах, однак у виняткових випадках їх можуть виконувати ремонтні дільниці або майстерні підприємства-експлуатанта. Направлення обладнання на капітальний ремонт проводиться згідно з затвердженим графіком, а також з урахуванням фактичного технічного стану агрегату. Після завершення відновлення обладнання проходить обов'язкові випробування як у режимі холостого ходу, так і під робочим навантаженням.

Позаплановий ремонт є відновлювальним заходом, що виникає внаслідок аварійних ситуацій або виконується поза затвердженим графіком технічного обслуговування. За умов правильно організованої системи планово-попереджувальних ремонтів виникнення таких робіт має бути мінімальним або повністю виключеним.

Незалежно від категорії ремонту (дрібний, середній чи капітальний), а також способу його організації (агрегатний, вузловий або індивідуальний), процес відновлення техніки включає комплекс типових технологічних операцій. Тривалість виконання кожної операції залежить від виду ремонту, тоді як їхня послідовність визначається обраною ремонтною технологією.

Будь-які ремонтні роботи починаються з етапу підготовки обладнання. На цьому етапі виконують відключення електроживлення, припинення подачі палива та води, злив робочих рідин із систем, очищення картерів та загальне миття агрегату. Якість підготовчих операцій безпосередньо впливає на результати ремонту, а також на безпеку виконання робіт, які мають проводитися в очищених та безпечних умовах.

Наступним етапом є демонтаж машини або розбирання її на окремі вузли та блоки, що залежить від типу та обсягу ремонтних робіт.

Уся технічна система будь-якого обладнання складається з елементів різного рівня складності: деталей, вузлів і блоків. Деталь є базовим елементом і не містить роз'ємних з'єднань. Вузол являє собою поєднання двох або більше деталей, яке може бути розібране та зібране окремо від основної конструкції.

Блоки, у свою чергу, складаються з кількох вузлів і допоміжних елементів та утворюють укрупнені функціональні частини машини.

Після демонтажу всі вузли та деталі проходять ретельне очищення. Цей етап є важливим, оскільки передує дефектації, оцінці зносу та сортуванню елементів на групи: придатні до подальшої експлуатації, такі, що підлягають відновленню, та ті, що підлягають списанню.

Після відновлення зношених елементів і заміни непридатних деталей новими запасними частинами здійснюють зворотне складання обладнання.

Завершальними етапами ремонтного процесу є обкатка механізмів, проведення випробувань для перевірки якості виконаних робіт, а також фінальне фарбування обладнання.

Висновки до частини І

1. У бакалаврській роботі виконано аналіз конструкції та умов експлуатації гвинтового вибійного двигуна Д-195, що застосовується при проведенні капітального ремонту свердловин, а також досліджено технологічні особливості його використання в умовах нафтогазовидобувної промисловості.
2. У результаті дослідження встановлено, що застосування сучасних методів підвищення продуктивності пластів, зокрема фізико-хімічного впливу на привибійну зону, боротьби з парафінистими відкладеннями та ізоляції пластових вод, є важливим фактором забезпечення стабільної роботи свердловин та підвищення ефективності видобутку нафти і газу.
3. Проведений аналітичний огляд мобільних бурових установок для підземного ремонту свердловин дозволив визначити їх конструктивні особливості, переваги та область застосування. Встановлено, що ефективність виконання капітального ремонту свердловин значною мірою залежить від правильного вибору бурового обладнання та вибійних двигунів.
4. У роботі виконано порівняльний аналіз основних типів вибійних двигунів, що використовуються при КРС: турбобурів, гвинтових вибійних двигунів та електробурів. Встановлено, що гвинтові вибійні двигуни характеризуються високою надійністю, достатнім крутним моментом, компактністю та ефективністю роботи в складних умовах буріння, що обґрунтовує доцільність використання двигуна Д-195.
5. Детально розглянуто конструкцію гвинтового вибійного двигуна, його призначення, умови роботи, основні вузли та матеріали виготовлення. Визначено особливості конструктивного виконання ротора, статора, шпиндельної секції та системи змащення. Проведено аналіз техніко-організаційних заходів, що здійснюються при бурінні свердловин та експлуатації вибійного обладнання.

6. У процесі роботи виконано розрахунок основних геометричних та енергетичних параметрів двигуна Д-195. Визначено робочі характеристики обладнання, проведено розрахунок допустимого радіуса кривизни бурильної труби, а також виконано гідравлічний розрахунок промивання свердловини та втрат тиску. Отримані результати підтверджують працездатність та відповідність двигуна заданим умовам експлуатації.
7. Проведено оцінку надійності роботи двигуна із застосуванням параметра розподілу Вейбулла та розрахунку інтенсивності відмов. Встановлено, що своєчасне технічне обслуговування та дотримання режимів експлуатації дозволяють суттєво підвищити довговічність вибійного двигуна та знизити ймовірність аварійних ситуацій.
8. У роботі також розглянуто питання транспортування, монтажу, використання за призначенням та технічного обслуговування гвинтового вибійного двигуна. Встановлено, що правильна організація експлуатації обладнання забезпечує стабільність технологічного процесу буріння, зменшення простоїв та підвищення ефективності ремонтних робіт.

Частина ІІ: «Розробка технології ремонту гвинтового забійного двигуна типу Д-195»

РОЗДІЛ 5. РЕМОНТ ГВИНТОВОГО ВИБІЙНОГО ДВИГУНА

5.1. Розробка технологічної схеми ремонту гвинтового вибійного двигуна

Підготовка до капітального ремонту устаткування. Під час виконання капітального ремонту машин і обладнання значна увага приділяється етапу підготовчих робіт, оскільки саме він визначає якість, організованість та ефективність подальшого ремонту.

Підготовчий етап включає комплекс організаційно-технічних заходів. Зокрема, здійснюється формування попередньої дефектної відомості на основі результатів останніх оглядів, експлуатаційних даних та накопиченої інформації про стан машини. Паралельно готується повний комплект технічної документації, який може включати робочі креслення ремонтованого обладнання, технічні умови на проведення ремонту, альбоми карт дефектації та інші нормативні матеріали.

Крім того, виконується розробка проєкту організації ремонтних робіт, а також формуються заявки на необхідні запасні частини, матеріали та інструмент із подальшим забезпеченням їх постачання на ремонтне підприємство. У межах проєкту організації робіт визначаються технологічні методи виконання ремонту, засоби механізації, потреба в обладнанні, пристосуваннях, чисельність та розміщення ремонтного персоналу.

Розробка технологічного процесу ремонту. Проєктування технології ремонту включає детальну розробку послідовності виконання робіт, формування технічних умов для кожної операції та визначення їх логічного порядку. Окремо складаються схеми розбирання та складання машини із зазначенням застосовуваних засобів механізації.

Також формуються специфікації деталей для складальних технологічних карт, виконується нормування трудових витрат, готуються технічні завдання на розробку спеціального обладнання та оснащення, а також визначаються методи і засоби контролю якості виконаних робіт.

Технічна документація та модернізація. Робочі креслення, технічні умови на ремонт та альбоми дефектних карт, як правило, надаються заводом-

виробником обладнання. У випадку їх відсутності необхідні ескізи деталей, що підлягають виготовленню або відновленню, виконуються безпосередньо з натури.

Якщо під час капітального ремонту передбачається модернізація обладнання, додатково розробляються креслення модернізованих вузлів і деталей, організовується їх виготовлення та впровадження у конструкцію машини.

Опис технологічного процесу ремонту гвинтового вибійного двигуна приведений в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Технологічний процес ремонту гвинтового вибійного двигуна

п/п	Операція	Устаткування та інструмент
1	Очищення двигуна від бруду і мастила	
2	Розбирання двигуна	Ключі, молотки, знімачі і тому подібне
3	Очищення двигуна від старої фарби	Ванна із спецрозчином
4	Миття і сушка деталей	Ванна для миття або мийна машина
5	Контроль і сортування	Інструмент для перевірки геометричних розмірів, прилади для ультразвукового, рентгенівського і іншого контролю
6	Ремонт деталей двигуна	Устаткування для зварювання, наплавлення, металізації, гальванічні ванни та ін.
7	Складання і регуляція двигуна	Ключі, преси, молотки, скоби, індикатори і тому подібне
8	Змазування двигуна	
9	Випробування двигуна	Електроприлади, прилади для визначення температури, тиску і ін.
10	Фарбування двигуна	Краскопульт, сушильна піч
11	Сушка двигуна	Сушильна камера

5.2. Розбирання гвинтового вибійного двигуна

У виробничому процесі капітального ремонту машин важливе місце займає процес розбирання, що становить 10-15 % всього об'єму ремонтних робіт і дає ремонтному підприємству близько 70 % деталей для повторного використання.

Розбирання - розчленовування виробу на складові частини, включаючи виконання при необхідності демонтажних робіт.

Перш ніж приступити до розбирання машини, проводиться зовнішнє миття і попередній огляд, під час орієнтовно встановлюється технічний стан машини, що оформляється приймально-здаточним актом.

Розбирання ведуть в розбірних цехах або на спеціальних ділянках ремонтних цехів, які оснащені вантажопідйомними засобами, стелажами, відповідними інструментами і пристосуваннями. В процесі розбирання машини відокремлюються на агрегати, вузли, а останні - на деталі.

Під агрегатом слід розуміти сукупність ряду вузлів і деталей, що виконують певну функцію в машині (наприклад, привід робочого органу машини складається з двигуна і редуктора). Вузлом називається частина машини, що є з'єднанням декількох деталей (наприклад, редуктор приводу).

Розбирання машини виконують в послідовності, передбаченій технологічними картами і графіками, в яких указуються порядок виконання операцій і прийоми роботи, вживане устаткування, пристосування і інструмент, норми часу, а також технічні умови на розбирання. Машину можна розбирати послідовним або комбінованим методом. При послідовному методі розбирають послідовно кожен вузол. Комбінований метод передбачає одночасне розбирання декількох вузлів, що скорочує терміни ремонту машини. Процес розбирання починається з тих агрегатів або вузлів, які можуть перешкоджати зняттю інших агрегатів і вузлів, або тих агрегатів, які за умовами техніки безпеки слід зняти з машини в першу чергу.

Не дивлячись на широке застосування знеособленого методу ремонту гірничих машин, не всі деталі знеособлюються. Не рекомендується розукомплектовувати деталі, які взаємно збалансовані (наприклад, маховик і колінчастий вал), або мають взаємно фіксоване положення (наприклад, кришки роз'ємних підшипникових гнізд, роз'ємні корпуси і ін.). Не знеособлюється базовий елемент машини (рама), а також зубчаті колеса, що сполучаються, якщо вони визнані придатними до подальшої роботи без ремонту. Деталі, що не підлягають знеособленню, поступають на збирання в тому ж комплекті, в якому вони працювали в машині до розбирання. Перед розбиранням взаємне положення таких деталей фіксують кернуванням або фарбою, що дозволяє при збиранні встановлювати зв'язані деталі в первинне положення, відповідне їх взаємному

припрацювання. Найбільш поширеними з'єднаннями в конструкції більшості гірничих машин є різьбові, розбирання яких проводять за допомогою ручного (ключів) і механізованого інструменту, а також на спеціальних стендах. Конструкція ключів вельми різноманітна. У практиці ремонту широко застосовують ріжкові, торцеві і спеціальні ключі, а також різні типи викруток. Механізований інструмент (гайковерти) по виду енергії, яку використовують може бути електричним, пневматичним або гідравлічним. При розбиранні нерухомих з'єднань, утворених за рахунок натягу, а також шпонах, шліцьових, конусних і інших розбірних з'єднань (зняття шарикопідшипників, муфт, зубчатих коліс, випресування втулок) використовують знімачів, преси і різні пристосування, що центрують деталь відносно базової, що знімається, і рівномірно розподіляють зусилля розпресування. Розбірні роботи вимагають не тільки роз'єднання машини на агрегати, вузли і деталі, але і підйом, і транспортування цих елементів. Роблять це за допомогою підйомно-транспортного устаткування, яке включає різні крани (мостові, козлові, кран-балки), лебідки, талі, підйомники та ін. Укладання і транспортування знятих з машин деталей необхідно проводити обережно, не наносячи пошкоджень їх поверхням. Особливу акуратність необхідно дотримувати при знятті, укладанні і транспортуванні підшипників кочення, тонкостінних деталей з чисто обробленими поверхнями, а також вузлів і деталей гідравлічних приводів.

Правила техніки безпеки під час монтажу та демонтажу. Для забезпечення безпечного виконання монтажно-демонтажних робіт необхідно дотримуватися встановлених вимог охорони праці та техніки безпеки.

У процесі виконання робіт слід керуватися затвердженою інструкцією з монтажу, яка обов’язково повинна містити технологічну схему виконання операцій, а також дані щодо типу і технічних характеристик застосовуваних вантажопідіймальних засобів.

Усі працівники, залучені до монтажних або демонтажних робіт, зобов’язані пройти спеціальний інструктаж з техніки безпеки перед початком виконання завдань.

При прийманні обладнання від заводу-виробника необхідно перевіряти комплектність постачання, а також вимагати підтвердження проведення на підприємстві-виробнику контрольного складання та попередньої обкатки устаткування.

Усі вантажопідіймальні пристрої (траверси, гаки, коромисла, захвати, стропи тощо) повинні відповідати вимогам міцності, бути перевіреними згідно з нормами державного технічного нагляду, а також виготовленими з матеріалів, що мають відповідні сертифікати якості.

При підвісці на крюк вантажопідйомного механізму змонтованого вузла повинна бути забезпечена його надійна строповка, а також перевірена стійкість вантажу, що піднімається, на ваги. Стропи не повинні мати скручувань і вузлів (всі гострі ребра деталей машин, що охоплюються канатами, закривають дерев'яними або металевими прокладками, що забезпечують створення плавних переходів); категорично забороняється при демонтажі машин скидати окремі вузли на землю, незалежно від заходів, що проводять для забезпечення збереження устаткування і безпеки робочих; при монтажі дозволяється затягування болтів діаметром до 30мм ключами нормальної довжини. При більшому діаметрі болтів обов'язкове застосування надставок для гайкових ключів якщо при монтажі проводяться зварювальні роботи, то слід керуватися відповідними технічними умовами (зварювання проводиться згідно правил, розробленим і затвердженим органами Держміськтехнагляду). Майданчик, на якому ведуться монтажні роботи, повинен бути звільнений від всіх непотрібних для виробництва монтажу предметів і розчищений. Всі підйомні операції, пов'язані з монтажем машин, дозволяється проводити тільки за допомогою справного устаткування, що піддається щоденному контролю. Забороняється використовувати різного роду важелі, підставки та інше устаткування. При горизонтальному транспортуванні громіздких і важких вузлів машин необхідно користуватися транспортними засобами відповідної вантажопідйомності. Особливу увагу слід приділяти надійному закріпленню вузлів, які переміщують на деяку відстань. Для безпечного проведення технічного обслуговування

особливе значення має чистота машини, застосування спеціальних пристроїв, що забезпечують безпечний і зручний доступ до обслуговуваних частин машини.

Пристрої ремонтних майстерень висота приміщень, площа, освітленість, розміри проходів, санітарно-технічні пристрої, фундаменти, вантажопідйомні засоби і інші подібні пристрої повинні відповідати правилам технічної безпеки. При технічному обслуговуванні безпека роботи значною мірою залежить від технічного стану робочого інструменту, визначуваного спеціально призначеною особою, і уміння робочих з ним звертатися. Тому до роботи з механізованим інструментом допускаються робочі, що пройшли спеціальне навчання. Забороняється користуватися механізованим інструментом, знаходячись на приставних сходах. Слюсарний інструмент повинен бути надійно закріплений в рукоятках, а його робочі поверхні не повинні мати пошкоджень. Дозволяється користуватися тільки стандартними гайковими ключами, які повинні суворо відповідати розмірам гайок. Забороняється бити молотком по ключу, а також нарощувати ключ обрізаннями труб або іншим ключем. При роботі з інструментами для рубки металів робочі зобов'язані користуватися запобіжними окулярами і захисними екранами. Спецодяг робочих повинен бути чистим, міцним, добре висушеним, таким, що щільно облягає фігуру. На голову обов'язково повинна бути надіта каска необхідного розміру (працювати без каски забороняється). Крім того, кожен робочий зобов'язаний мати індивідуальну переносну лампу і до початку ремонтних робіт необхідно забезпечити добре освітлення робочого місця, а також підготувати весь необхідний інструмент і пристосування.

5.3. Миття гвинтового вибійного двигуна

Після демонтажу машин виконують очищення деталей, які можуть бути забруднені пилом, мастилом, продуктами корозії та іншими відкладеннями. Для цього застосовують різні мийні розчини, зокрема водні розчини каустичної та кальцинованої соди, а також синтетичні мийні засоби.

Розчини на основі каустичної соди використовуються переважно для знежирення та очищення сталевих і чавунних деталей. Типовий склад таких розчинів включає 50–80 г/л каустичної соди та 8–10 г/л господарського мила. Процес миття проводять при температурі 80–90 °С, після чого деталі додатково промивають водою, підігрітою до 50–60 °С. Такі розчини ефективно видаляють як масляні, так і тверді забруднення, однак мають токсичні властивості та можуть спричиняти корозію металу. Використання каустичної соди для алюмінієвих деталей не допускається, оскільки вона викликає їх руйнування.

Для очищення деталей з алюмінієвих сплавів застосовують інші склади, зокрема водні розчини кальцинованої соди (10–15 г/л), тринатрійфосфату (25–30 г/л) та рідкого скла (10–15 г/л). Температура таких розчинів також становить 80–90 °С.

Синтетичні мийні засоби (СМЗ) характеризуються підвищеною мийною здатністю порівняно з лужними розчинами, не викликають корозійного впливу на метал та є менш токсичними. Вони придатні для очищення як чорних, так і алюмінієвих сплавів і зазвичай не потребують додаткового промивання після знежирення. У практиці ремонтного виробництва широко використовуються засоби типу МЛ-51, МС-5, МС-6, МС-8, Лабомід-101.

Очищення деталей із застосуванням мийних засобів здійснюється методами занурення у розчин або струминної обробки.

Струминне очищення деталей. Струминне миття є одним із найбільш ефективних та поширених способів очищення деталей у ремонтному виробництві. Його особливість полягає в тому, що видалення забруднень відбувається не лише за рахунок хімічної дії мийного середовища, але й завдяки кінетичній енергії удару струменів рідини по поверхні деталей.

Струминне очищення виконується у спеціальних мийних установках періодичної або безперервної дії. Установки періодичної дії зазвичай є однокамерними, тоді як безперервні можуть мати одну, дві або три камери. На великих ремонтних підприємствах найчастіше застосовують двокамерні мийні машини безперервної дії (рис. 3.2), де в першій камері виконується миття мийним розчином, а в другій — ополіскування гарячою водою.

Душовий пристрій таких машин виконується у вигляді колектора 1 з насадками, через які насосами 2 подаються мийний розчин і гаряча вода з відповідних баків 3. Підігрів мийного розчину здійснюється за допомогою змійовика 4. Деталі 6 переміщуються через установку пластинчастим конвеєром 5 зі швидкістю 0,2–1,3 м/хв, що забезпечує ефективне видалення забруднень під час проходження через мийну зону.

При очищенні зануренням деталі, що очищаються, укладають ванни різних конструкцій, наповнені миючим розчинів і витримують в них певний час. Простий пристрій для очищення деталей даним способом - виварочна вана, що є баком, забезпечена пристроєм для підігріву миючого розчину і витяжною вентиляцією. Час знаходження деталей і вузлів у виварювальній ванні 6—20 год залежно від забруднення.

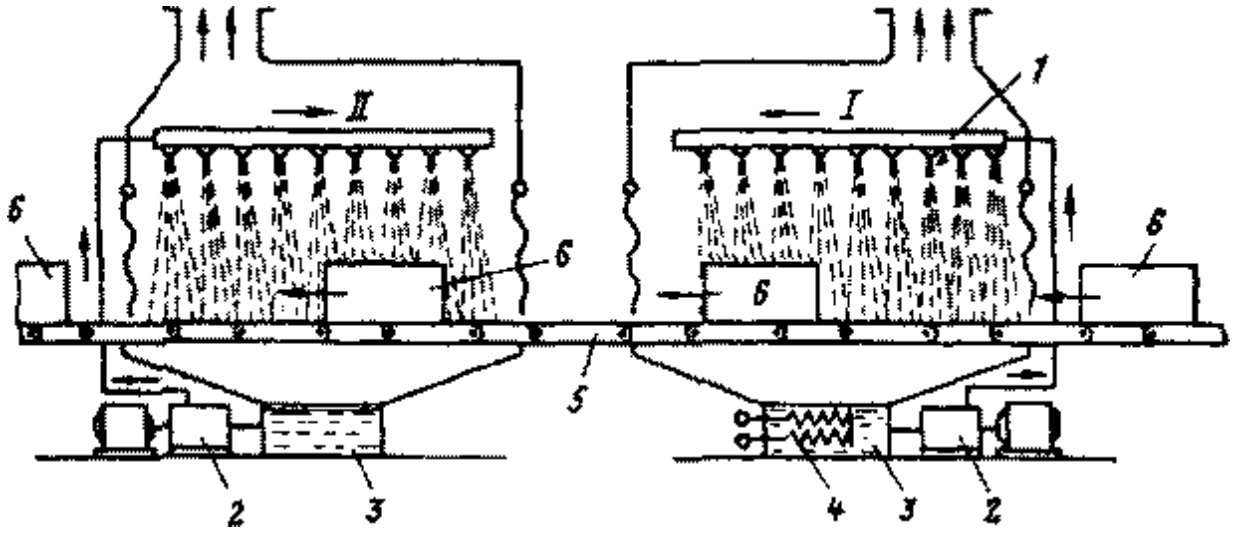


Рис. 5.2 – Схема двокамерної мийної машина

Після виварювання деталі миють в гарячій воді. При митті деталей необхідно дотримуватися наступних заходів безпеки: миття агрегатів і деталей проводити в спеціальному мийному відділенні з твердою підлогою і ухилом для стоку миючих розчинів; мийні ванни повинні бути обладнані витяжними зондами, а все приміщення — примусово-витяжною вентиляцією; враховуючи, що миючі розчини токсичні, персонал, що працює на митті повинний бути одягнений в гумові чоботи і рукавички, мати гумові фартухи і захисні окуляри, шкіра рук повинна бути захищена спеціальними пастами.

Основні процеси миття гвинтового вибійного двигуна, описані в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Технологічний процес миття гвинтового вибійного двигуна

п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструменти
1	Навісити окремі елементи двигуна на конвеєр, і включити мийну машина	Таль електрична ТЗ 00, стропи.
2	Промити їх в мийній машині при робочій температурі розчину	Мийна машина ОМ-4267 або інша
3	Перевірити якість миття після проходження його через мийну машину	
	Технічні умови	
	На поверхні елементів двигуна забруднення не допускаються; якщо воно є - направити на повторне миття	
4	Обдути елементи двигуна стислим повітрям до повного видалення вологи	Пістолет 199-ГАРО або ін.
5	Контроль ВТК. Перевірити якість миття двигуна і направити його до ділянки розбирання	
	Миття деталей	
6	Розкласти деталі в сітчасті кошики, піраміди і начепити на підвісний конвеєр мийної машина, великі деталі	Сітчасті кошики, піраміди, ловців, стропи, мийна машина ОМ-4267, електрична таль ТЗ 05
7	Промити деталі в мийній машині при робочій температурі розчину	Мийна машина ОМ-4267
8	Зняти деталі з конвеєра і обдути стислим повітрям до повного видалення вологи	Таль електрична ТЗ 00, стропи
	Миття підшипників кочення	
12	Завантажити підшипники на лотки, включити установку і подати мийну рідину. Термін миття - один оборот столу	Механізована установка. Таль електрична ТЗ 05, стропи
13	Вивантажити підшипники, обдути стислим повітрям до повного висихання	Таль електрична, стропи, кошики сітчасті, пістолет 199-ГАРО
14	Контроль БТК. Перевірити якість миття і направити вироби на ділянку дефектації	Таль електрична, стропи, кошики сітчасті, пістолет 199-ГАРО

5.4. Дефектація гвинтового вибійного двигуна

Дефектація та сортування деталей після миття. Після завершення процесу миття деталі машин піддають дефектації та сортуванню. Основною метою дефектації є визначення фактичного технічного стану кожної деталі та

оцінка можливості її подальшого використання в експлуатації або ремонті. Оцінювання виконується на основі технічних вимог, які оформлюються у вигляді дефектаційних карт для кожної номенклатурної позиції.

У процесі дефектації всі деталі поділяють на три основні групи:

- придатні, геометричні розміри яких знаходяться в межах допустимих відхилень; вони направляються на складання або склад готових деталей;
- такі, що підлягають відновленню, тобто деталі із зношенням або пошкодженнями, які можуть бути усунені ремонтними методами; після визначення технологічного маршруту вони передаються на відповідні відновлювальні дільниці або на склад очікування ремонту;
- непридатні, відновлення яких технічно неможливе або економічно недоцільне; такі деталі направляються на утилізацію (склад брухту).

Для запобігання змішуванню деталей різних категорій застосовують маркування фарбою: придатні зазвичай позначають зеленою або жовтою фарбою, такі що підлягають ремонту — білою або синьою, а непридатні — червоною.

Методи контролю та виявлення дефектів. Відповідальні деталі перевіряють на наявність прихованих дефектів (тріщин, раковин, шлакових включень тощо). Контроль геометричних параметрів і розмірів здійснюють за допомогою універсальних вимірювальних інструментів (штангенциркулі, мікрометри, нутроміри, штангенрейсмуси), а також спеціальних калібрів, шаблонів і контрольних пристроїв.

Викривлення деталей визначають на контрольних плитах із використанням щупів або в центрах токарного верстата, а також на призмах за допомогою індикаторів годинникового типу. Для виявлення прихованих дефектів застосовують різні методи неруйнівного контролю: кольоровий, люмінесцентний, магнітний та ультразвуковий.

Кольоровий метод контролю. Кольоровий метод є простим і широко застосовуваним у ремонтній практиці. Перед контролем поверхню деталі ретельно знежирюють (наприклад, бензином), після чого наносять спеціальний

проникний розчин, що містить близько 65 % гасу, 30 % трансформаторної оливи та 5 % скипидару з додаванням барвника.

Розчин проникає у поверхневі мікротріщини. Через 5–10 хвилин його видаляють, а поверхню покривають адсорбуючим шаром білої глини або фарби. Після висихання на поверхні проявляється контрастний малюнок, який відображає розташування дефектів.

Метод дозволяє виявляти поверхневі тріщини шириною від 20–30 мкм у деталях з різних матеріалів, як магнітних, так і немагнітних.

Люмінесцентний метод. Люмінесцентний контроль базується на здатності певних речовин світитися під дією ультрафіолетового випромінювання. Деталь занурюють у флюоресцентний розчин (суміш гасу, бензину та трансформаторної оливи з додаванням спеціального індикатора), після чого її промивають, висушують і наносять адсорбуючий шар.

Після опромінення ультрафіолетом ділянки, де накопичилася флюоресцентна рідина, починають світитися, що дозволяє чітко визначити контури тріщин. Метод застосовується для виявлення дефектів шириною понад 10 мкм у деталях з кольорових металів і неметалевих матеріалів.

Магнітний метод контролю. Магнітний метод використовується для деталей із феромагнітних матеріалів. Спочатку деталь намагнічують. У місцях дефектів (тріщин або раковин) порушується рівномірність магнітного поля, утворюються зони розсіювання, що дозволяє виявити дефект.

Після намагнічування деталь занурюють у суспензію, що містить магнітний порошок (оксид заліза) у суміші гасу та трансформаторної оливи. Частинки порошку накопичуються в зоні дефекту, чітко окреслюючи його межі. Метод дозволяє виявляти дуже дрібні тріщини (до 1–5 мкм).

Ультразвуковий метод. Ультразвукова дефектоскопія базується на властивості ультразвукових хвиль проникати в метал і відбиватися від меж середовищ або дефектів.

Існують два основні способи контролю: метод просвічування та імпульсний метод.

Метод просвічування передбачає розміщення випромінювача і приймача з різних боків деталі. За відсутності дефектів сигнал досягає приймача, а при наявності тріщини утворюється «звукова тінь», і сигнал не фіксується.

Імпульсний метод використовує один перетворювач, який одночасно випромінює та приймає сигнал. Відбиті імпульси відображаються на екрані приладу у вигляді сигналів; поява додаткового імпульсу між основним і донним сигналом свідчить про наявність дефекту. Глибина контролю сучасними приладами може досягати приблизно 3 м.

Ультразвуковий метод є одним із найчутливіших і широко застосовується для виявлення внутрішніх дефектів, таких як тріщини, раковини та шлакові включення.Опис технологічного процесу дефектації гвинтового вибійного двигуна наведено в таблиці 5.3.

Складаємо дефектну карту на гвинтовоий вибійний двигун.

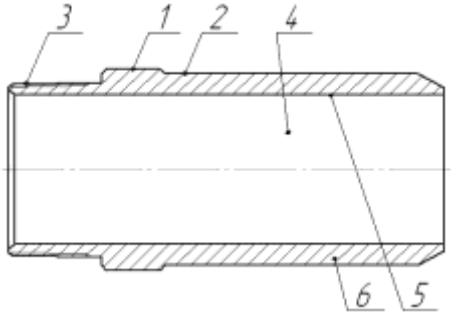
Таблиця 3.5 – Технологічний процес дефектації гвинтового вибійного двигуна

п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструмент
1	Покласти деталі двигуна на майданчик для дефектації	Таль електрична, стропи, стіл
2	Зовнішнім оглядом виявити такі дефекти: видимі тріщини, як, скручування, спрацювання поверхонь, зриви різьби	Лупа, крейда, банка з гасом ганчірки
3	Підготувати деталі двигуна для визначення захованих дефектів. Обшліфувати наждачним папером риски і подряпини	Наждачний папір, ганчір'я
5	Перевірити місця кріплення на спрацювання	Мікрометр, штангенциркуль
6	Перевірити розміри отворів кріплення	Мікрометр, штангенциркуль
7	На принципах контролю маркірувати деталь відповідно до групи спрацювання	банка з фарбою
8	Заповнити відомість дефектів	
9	Доставити придатні деталі двигуна до відділення комплектації, деталі двигуна які підлягають ремонту, на ділянку ремонту, браковані - на склад металобрухту	Таль електрична, стропи, ящиків тара

5.5. Комплектування деталей гвинтового забійного двигуна

Комплект — два і більше вироби, не сполучених на підприємстві-виготівнику складальними операціями і виробів, що представляють набір, мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру. Наприклад, комплект запасних частин, комплект різців виконавчого органу.

Таблиця 5.5 – Дефектна карта

КТУ, кафедра гірничих машин і обладнання			Дефектна карта			
			Ніпель ДП.7.090216.01.100 Гвинтовий забійний двигун ДП.7.090216.01.110 1 У середовищі інертних газів Hrc 45.50			
№ поз	Найменування дефекту	Спосіб встановлення дефекту і вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб ремонту
			Номінальний	Без ремонту	З ремонтом	
1.	Спрацювання по діаметру 172 e7 мм	Вимір, скоба $172\left(_{-1,75}\right)$	172	170,32	172,25	Відновлення наплавленням під шаром флюсу
2.	Спрацювання по діаметру 165 e7 мм	Вимір, пробка $165\left(_{-1,75}\right)$	165	163,32	165,25	Відновлення наплавленням під шаром флюсу
3.	Спрацювання конічного різьблення М147 мм	Вимір, шаблон	147	145,32	147,25	Відновлення наплавленням під шаром флюсу
4.	Згин осі	Візуальний огляд, вимір штангельциркуль				Маркирувати як брак
5.	Спрацювання по діаметру 126 H8 мм	Вимір, пробка 126 N9 $\left(^{+0,052}\right)$	126	127,2	125,94	Відновлення у середовищі інертних газах
6.	Тріщини	Візуальний огляд				Маркирувати як брак

Залежно від наявності у виробі складових частин розрізняють не специфіковані вироби, які не мають складових частин, і специфіковані вироби, в які входять дві і більш складові частини. До не специфікованих виробів відносять деталі, до специфікованих — складальні одиниці, комплекси, комплекти.

Крім того, розрізняють куплені вироби, вироби, що отримують по кооперації, комплектуючі вироби. Куплені вироби не виготовляються на даному

підприємстві, їх підприємство отримує готовими. До виробів, що отримуються в порядку кооперації, відносять складові частини виробу, що розробляються, іншим підприємством по конструкторській документації, що входить в комплект документів виробу, який розробляється. До куплених виробів, як правило, відносять деталі загальнопромислового застосування: підшипники кочення, тягові ланцюги, уніфіковане кріплення і так далі

Комплектуючі вироби — вироби підприємства-постачальника, вживані як складові частини виробу, що випускається іншим підприємством-виготівником продукції.

При розробці конструкції і організації виробництва гірничих машин необхідно прагнути до того, щоб в загальній номенклатурі виробів на рівні деталей, складальних одиниць переважали типові вироби.

Послідовність операцій комплектування необхідно провести на складальній ділянці перед початком збирання приведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Технологічний процес комплектування складання

п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструмент
	Підготовка	
1	Оглянути деталі, які поступили до комплектації відділення	
	Технічні умови	
	До комплектації відділення необхідно щоб приходили тільки ті деталі, які мають білий і синій колір маркірування, деталі і складові частини, які пройшли ремонт і мають клеймо БТК ремонтного заводу	
2	Провести прогін різьблення і зачистку	Гайкорізи ручні, плашки задирка в деталях круглі, напилки, шабери
3	Внести деталі, які поступили в журнал обліку руху деталей і складових частин	Журнал
4	Розкласти деталі на стелажі і в корзини	
	Технічні умови	
	Деталі укладати згідно з номерами, вказаними у відділеннях стелажів; великі деталі розміщувати в нижніх відділеннях стелажів	
	Комплектування	
5	Відібрати деталі за номенклатурою і кількістю відповідно до комплектації відомістю для кожної складальної одиниці, покласти їх в комплектації корзини	Корзини комплектації
	Технічні умови	
	Відібрані деталі повинні мати в з'єднанні зазор або натяг згідно таблиць з'єднань	1
6	Відправити підібрані комплекти до ділянки складання	Візок комплектації
7	Відзначити в журналі обліку руху деталей і складених частин про відправлені комплекти	

5.6. Збирання гвинтового забійного двигуна

Збирання машин і основні складальні операції. Збиранням називають сукупність технологічних операцій, спрямованих на отримання готової машини з окремих деталей. У загальному випадку процес починається з формування підвузлів, далі підвузли об’єднують у вузли, після чого здійснюється остаточне складання машини. Обсяг складальних робіт є значним і зазвичай становить близько 20–40% загальної трудомісткості ремонту. При цьому якість складання безпосередньо визначає працездатність, надійність та довговічність відремонтованої техніки.

Організаційна форма складання вибирається залежно від виробничої програми, конструктивних особливостей машини та її трудомісткості.

У разі одиничного та дрібносерійного виробництва всі операції виконуються однією складальною бригадою високої кваліфікації на одному робочому місці. Така форма характеризується відносно великою тривалістю процесу і застосовується переважно в невеликих ремонтних майстернях.

У серійному виробництві окремі вузли та агрегати збираються паралельно різними спеціалізованими бригадами, після чого подаються на загальне складання. Це дозволяє істотно скоротити тривалість циклу та знизити собівартість робіт.

Для встановлення послідовності складання розробляють технологічні схеми монтажу, які формуються як для загального складання машини, так і окремо для кожного вузла або підвузла.

Особливості складання з'єднань. Різьбові з'єднання становлять приблизно 25–30% усіх з'єднань деталей машини. Під час їх монтажу необхідно забезпечити співвісність болтів, шпильок і різьбових отворів, а також правильну посадку без перекосів. Перекіс головки болта або гайки відносно поверхні деталі є однією з основних причин руйнування різьбових елементів.

Також важливо дотримуватися встановленої послідовності затягування та рівномірності зусиль у групових з'єднаннях. Для монтажу використовують ключі відповідного типу і розміру, а величина моменту затягування регламентується технічною документацією.

З'єднання з натягом. З'єднання з натягом отримують кількома способами: нагріванням охоплювальної деталі, охолодженням охоплюваної або шляхом механічного запресування.

Нагрівання застосовується переважно для великогабаритних деталей (бандажі, кільця, вінці). Під час нагріву отвір деталі розширюється, що дозволяє виконати посадку без значних зусиль. Нагрів здійснюють у гарячій воді, маслі, електропечах або газовими пальниками. Температура не повинна перевищувати 450–500 °С, щоб уникнути зміни фізико-механічних властивостей матеріалу.

У випадках, коли нагрівання недоцільне, застосовують охолодження охоплюваних деталей (втулок, валів). Для цього використовують рідкий азот,

кисень або повітря, а також сухий лід, що забезпечує значне зниження температури та необхідний монтажний зазор.

Запресування виконується за допомогою пресів або ударного інструменту. Ударне посадження застосовують лише для з'єднань з невеликим натягом, тоді як пресове — при значних зусиллях.

Монтаж підшипників. Під час встановлення підшипників кочення їх попередньо очищають, промивають у гасі або слабких масляних розчинах бензину, після чого висушують і змащують. Зазвичай використовується занурення у підігрітий технічний вазелін (55–60 °С). Далі підшипники монтують за допомогою пресів або, в окремих випадках, легкими ударами через м'які оправки.

Зусилля при монтажі повинно прикладатися лише до того кільця підшипника, яке встановлюється на відповідну базову деталь. При одночасному монтажі на вал і в корпус навантаження розподіляється рівномірно на обидва кільця.

Для полегшення установки підшипники можуть нагріватися в маслі до 80–100 °С або охолоджуватися до низьких температур. Після складання перевіряють легкість обертання — вал повинен обертатися рівномірно, без заїдань і стороннього шуму.

Складання зубчастих передач. Монтаж зубчастих передач включає встановлення коліс на вали, монтаж валів у корпус та подальше регулювання зачеплення.

Колеса встановлюють пресовим способом або вручну із застосуванням м'яких оправок (для малих термічно не оброблених коліс). Під час монтажу важливо забезпечити правильні бічні та радіальні зазори між зубами, що необхідні для компенсації похибок виготовлення, теплових деформацій і забезпечення нормального змащування.

У разі невідповідності зазорів або порушення плавності роботи вузол розбирають, проводять підбір пари коліс або їх припрацювання і виконують повторне складання.

Таблиця 5.7 – Технологічна карта збирання гвинтового забійного двигуна.

Номер операції	Технологічна карта збирання	Найменування вузла: гвинтовий вибійний двигун				
		Цех	Ділянка	Місце складання	Кільк. вузлів	Номер вузла
					1	1080.02.00 СБ
	Зміст операції	Деталі, які беруть участь у складанні		Засоби виробництва		
		Номер деталі	Кількість деталей	Найменування		Кількість
1		21	1			
2	Вставити	20	1			
3	Вставити	19	1			
4	Закрутити	18	1			
5	Вставити	17	1	Ключі гайкові		2
6	Вставити	16	1			
7	Вставити	15	1			
8	Закрутити	12	1	Ключі гайкові		2
9	Вставити	14	1			
10	Закрутити	13	1	Ключі гайкові		2
11	Вставити	9	1			
12	Вставити	10	1			
13	Вставити	11	1			
14	Вставити	1	1			
15	Вставити	4	1			
16	Вставити	3	1			
17	Закрутити	2	2	Ключі гайкові		2
18	Вставити	6	2			
19	Вставити	7	2			
20	Вставити	8	2			
21	Закрутити	5	4	Ключі гайкові		2

РОЗДІЛ 6. ВІДНОВЛЕННЯ НИПЕЛЮ ВІБІЙНОГО ДВИГУНА

6.1. Базовий спосіб відновлення нипелю вібійного двигуна

Базовим способом відновлення ніпеля вибійного двигуна є наплавлення під шаром флюсу.

Суть наплавлення під шаром флюсу відноситься до електродугових методів відновлення і полягає в тому, що дуговий проміжок та ванна розплавленого металу ізолюються від шкідливого впливу повітря шаром розплавленого флюсу. До електрода (сталевого дроту або стрічки) і деталі підводиться напруга від джерела живлення, внаслідок чого між ними виникає електрична дуга. За допомогою роликового механізму дріт безперервно подається в зону дуги, а з бункера подається гранульований флюс шаром 30–50 мм.

Електрична дуга частково розплавляє флюс і горить у газовому міхурі, який утворюється захисною шлаковою оболонкою. Ця оболонка захищає розплавлений метал від впливу кисню та азоту повітря, зменшує розбризкування, а також покращує формування наплавленого шва.

У процесі наплавлення деталь обертається, а наплавлювальна головка переміщується вздовж її осі, що забезпечує формування наплавленого шару по гвинтовій лінії. Для запобігання стіканню металу при наплавленні циліндричних деталей електрод зміщують відносно осі обертання валу на певну величину у напрямку, протилежному обертанню.

У практиці ремонту гірничих машин автоматичне наплавлення під шаром флюсу широко застосовується для відновлення великогабаритних деталей (діаметром понад 60 мм) із значним зносом: валів, барабанів лебідок, шківів тощо.

Основними перевагами автоматичного наплавлення під шаром флюсу є висока продуктивність процесу завдяки застосуванню струмів великої щільності; висока якість наплавленого металу внаслідок надійного захисту зони дуги; стабільність процесу завдяки автоматизації; можливість отримання шару значної товщини; зменшення втрат електродного металу та електроенергії; можливість легування наплавленого металу для підвищення його фізико-механічних властивостей; а також покращення умов праці оператора.

Водночас даний спосіб має і певні недоліки: підвищений тепловий вплив, що може призводити до зміни структури та властивостей основного металу; складність наплавлення деталей малого діаметра (менше 60 мм) через стікання розплавленого металу і флюсу; використання дорогих флюсів і зварювальних матеріалів, що підвищує вартість відновлення; а також технологічні труднощі при наплавленні внутрішніх циліндричних поверхонь діаметром 120–150 мм.

Хоча зовнішню посадкову поверхню цапфи з урахуванням умов експлуатації доцільно відновлювати методом хромування, у практиці ремонту цей спосіб не застосовується з огляду на його економічну недоцільність та складність технологічного процесу.

6.2. Запропонований спосіб відновлення нипелю вибійного двигуна

Враховуючи недоліки базового способу відновлення, запропоновано проводити відновлення нипелю вибійного двигуна за допомогою високошвидкісного напилення HVOF.

Протягом більш ніж 70 років хромовані покриття залишалися незамінними для захисту компонентів авіації, промислових і споживчих виробів від зносу, ударного навантаження і корозії. Проте останніми роками недоліки хромованих поверхонь змусили інженерне співтовариство шукати дешевші і ефективніші способи захисту поверхонь як у військовому і цивільному авіаційному секторі, так і в промисловості. Кращою альтернативою хромуванню сьогодні вважається високошвидкісне газополум’яне напилення (HVOF) карбіду вольфраму. Випробування і збільшення кількості успішних промислових застосувань HVOF покриттів карбіду вольфраму для різних компонентів авіаційних двигунів доводять їх перевагу. Ці покриття застосовуються на шасі літаків, гідравлічних циліндрах, підшипниках реактивних двигунів і корпусах підшипників, валах турбін і навіть на таких елементах, як ланцюг приводу вертольота і вузлах пропелера. Що забезпечують кращий захист від зносу, ударного навантаження і втоми, кращий або аналогічний захист від корозії, ці покриття поступово замінюють хромування.

Крім того, що HVOF покриття карбіду вольфраму мають перевагу при роботі в тяжких умовах, ці покриття набагато легше наносяться у порівнянні з традиційними електролітичними ваннами з хромом. Дійсно, велику кількість опублікованих технологічних оцінок (як військовою так і цивільній спрямованості) доводять спроможність HVOF покриттів для заміни хромування. На сьогоднішній день велика кількість лабораторних і досвідчених випробувань, комерційній експлуатації продемонстрували переваги HVOF покриттів в захисті від зносу, корозії і перегріву; трудомісткості нанесення; родолжительности життєвого циклу; економічній ефективності.

Високошвидкісне напилення HVOF є заміною гальванічного хромування. Високошвидкісне газополум'яне напилення вважається найбільш сучасною з технологій напилення. У країнах Європи і Північної Америки високошвидкісне напилення практично витіснило гальванічні і методи вакуумного напилення в багатьох галузях. Твердосплавні покриття, нанесені методами високошвидкісного напилення, за усіма параметрами перевершують гальванічні покриття, процес створення яких визнаний надзвичайно канцерогенним.

HVOF покриття наносяться за допомогою газотермічного напилення. В ході цього процесу горючий газ і кисень перемішуються і під високим тиском подаються в камеру згорання, де відбувається горіння і утворюється газовий потік високого тиску. Частинки порошку карбіду вольфраму автоматично подаються безпосередньо в область горіння. Високошвидкісний газовий потік, що містить розплавлені частинки порошку, прямує у бік підкладки, удар і осадження частинок на поверхні утворюють щільне покриття з пористістю менше ніж 1%, змістом оксидів менше ніж 1% і міцністю зчеплення більш ніж 80 МПа. HVOF покриття наносяться в спеціальних роботизованих шумозахисних камерах**.**

На початку 80-х років з'явилися установки високошвидкісного напилення, простіші по конструкції і засновані на класичній схемі ЖРД, із швидкістю газового потоку більше 2000 м/с. Щільність покриттів досягає 99%. Як матеріал, що наноситься, використовують порошки карбідів, металлокарбідів, сплавів на основі Ni, Cu та ін. Для збільшення швидкості частинок, збільшують швидкість витікання продуктів згоряння шляхом підвищення тиску в камері згорання до

1,0...1,5 МПа, а у конструкцію соплового апарату вводять сопло Лаваля. На рис.4.1 представлено схему розпилювача системи ВСН. Нанесення HVOF покриття відбувається швидше в порівнянні із стандартним хромуванням. Зазвичай процес напилення карбіду вольфраму на шток займає 1-2 години, тоді як хромування - більше доби.

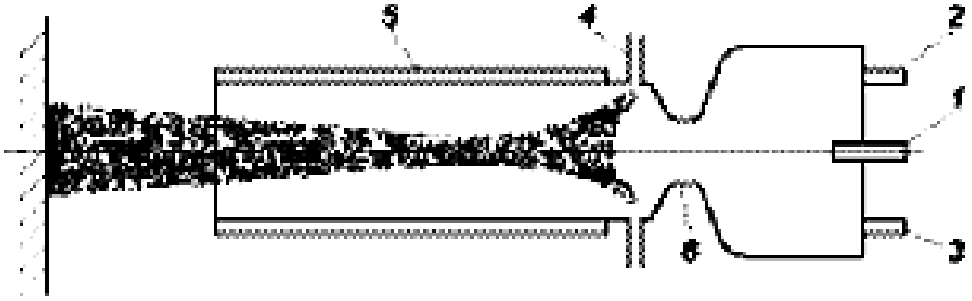


Рис.6.1 – Схема високошвидкісного порошкового напилювача: 1 - подача порошка (осьова); 2 - подача кисня; 3 - подача палива; 4 - подача порошка (радиальна); 5 - ствол.

До того ж, на відміну від хромування, HVOF покриття карбіду вольфраму не схильні до водневого окрихчування. Всі ці робочі чинники в тандемі із зменшенням частоти ремонту і скороченням часу на відновлення дозволяють скоротити час простою деталей в експлуатації і збільшити життєвий цикл важливих компонентів промислових двигунів і елементів авіації.

При газополум'яному дротяному напиленні в покритті міститься менше оксидів, чим при порошковому напиленні. Це має особливо важливе значення для отримання щільних корозійностійких покриттів. Проте відносно мала швидкість частинок при газополум'яному напиленні не забезпечує щільного формування покриттів. Поверхня частинок встигає окислюватися. Особливість конструкції дротяного ВСН-розпилювача полягає в тому, що камера згорання наближена до вихідного отвору сопла (рис. 6.2).

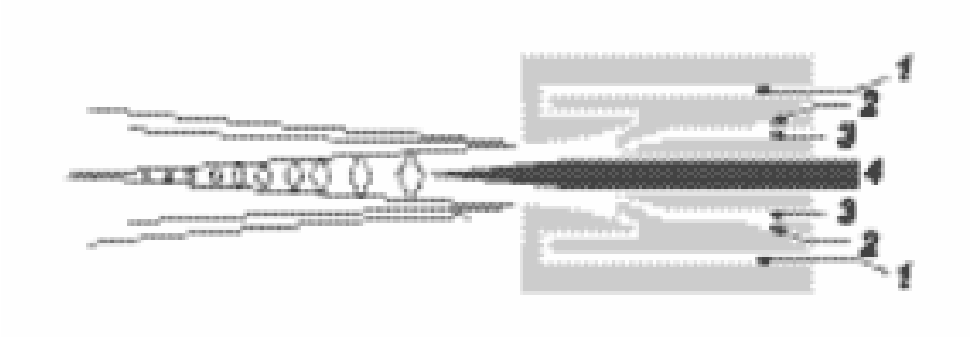


Рис. 6.2 – Схема високошвидкісного дротяного напилювача: 1 –стиснене повітря;2 - паливо; 3 - кисень; 4 - дріт; 5 - ствол.

Збільшення швидкості частинок при меншій їх температурі дозволило понизити рівень окисленності частинок і підвищити щільність порошкового покриття. У порошкових розпилювачах ВСН першого і другого поколінь використовувалося циліндрове сопло (рис.6.3, а).

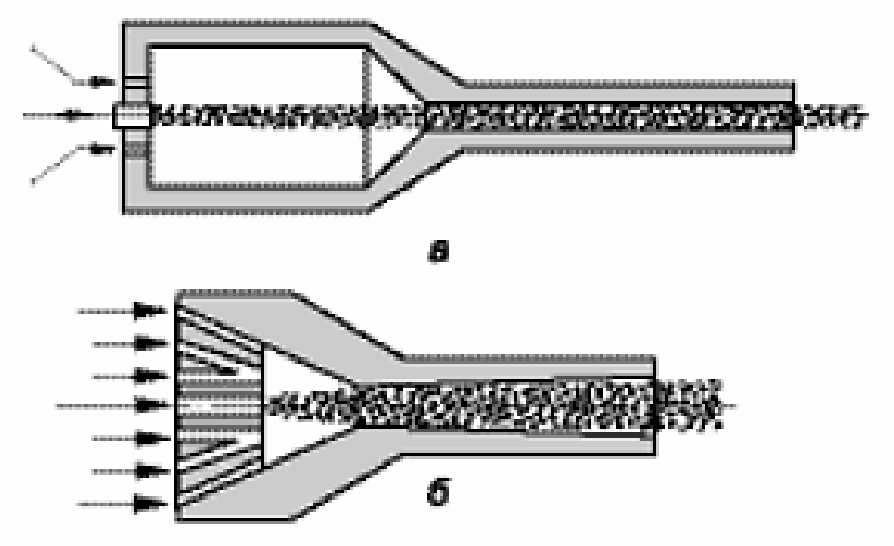


Рис. 6.3 – Сопла, що використовуються у системах ВСН: а - циліндричне; б - розширююче (сопло Лаваля).

Для систем першого покоління тиск в камері згоряння складав 0,3...0,5 МПа, швидкість частинок - 450 м/с для WC-Co (83-17) грануляцією 10.45 мкм. До таких систем відносилися Jet Cote, CDS, Top Gun 6, Diamond Jet і ін. Для систем другого покоління тиск в камері згорання складав 0,6...1,0 МПа, швидкість частинок – 600...650 м/с для WC-Co (83-17) грануляцією 10.45 мкм. Витрата порошку - 10 кг/год. У системах третього покоління застосовувалися профільні

сопла Лаваля, що розширюються (див.рис. 6.3, б). До таких систем відносяться установки високошвидкісного напилення ТСЗП-HVOFGTV K2 і ін. Витрата порошку складає до 18 кг/год.

Як видно з таблиці 6.1, значення мікротвердості покриттів карбіду вольфраму перевищує 70 Rc, тоді як хромовані покриття дають твердість 60-70 Rc. Значення мікротвердості HVOF покриття карбіду вольфраму і хромованого покриття по Віккерсу складають відповідно 1050 для HVOF і 750-850 для хромування.

Таблиця 6.1 – Характеристики покриттів.

Властивість	HVOF покриття з карбіду вольфраму	Гальванічний хром
Мікротвердість, HRC	>70	60-70
Мікротвердість, DPH 300	>1050	750-850
Міцність зчеплення, Мпа	>80	41
Пористість	<1%	-
Товщина покриття, мм	>0,08	<0,13
Шорсткість, Ra	<4	<4
Тест на корозійну стійкість (ASM B117), годинник	720	55
Жаростійкість °С	550	400

Як відмічено вище, високі показники міцності зчеплення і низька пористість так само доводять перевагу HVOF покриттів. З таблиці 6.1 можна відмітити перевагу HVOF покриття в порівнянні з хромуванням по антикорозійних властивостях температурної витривалості.

HVOF покриття карбіду вольфраму вже наносяться на різний елементи літаків і шасі. Наприклад, компанія Engelhard застосовує HVOF покриття на літаках як цивільною так і військовій авіації, включаючи шасі і силові приводи.

6.3. Розрахунок припусків на технологічні операції відновлення

Розрахунок межопераційних розмірів проводимо для зовнішньої поверхні нипелю за допомогою програми MathCAD.

Розрахунок межопераційних розмірів

Вихідні дані

- з'єднання з зазором
- деталь типу вал

- номінальний діаметр відновлюваної поверхні, мм	$d_н := 165$
- верхнє відхилення діаметру, мм	$es := -0.085$
- нижнє відхилення діаметру, мм	$ei := -0.125$
- число одиниць допуску на ремонт	$\alpha_р := 5$
- шорсткість зношеної поверхні, мм	$R_{z.з.} := 0.030$
- дефектний шар зношеної поверхні, мм	$T_з := 0.45$
- шорсткість поверхні після чорнової обробки відновленої деталі, мм	$R_{z.ч.о.} := 0.15$
- дефектний шар після чорнової обробки відновленої деталі, мм	$T_{ч.о.} := 0.25$
- вид відновлювальних робіт	напилення
- шорсткість поверхні відновлюваної деталі, мм	$R_{z.в} := 0.8$
- дефектний шар відновлюваної деталі, мм	$T_в := 0.5$

1. Граничні розміри деталі, яка підлягає ремонту, мм

$$d_з := \left(d_н + es\right) - \alpha_р \cdot ei = 165.54$$

2. Припуски та розміри деталі після попередньої механічної обробки перед відновленням, мм

$$Z2_1 := 2\left(R_{z.з.} + T_з\right) = 0.96$$

$$d_{ппо} := d_з + Z2_1 = 166.5$$

3. Припуски на чистову механічну обробку відновлюваної деталі та її розміри після чорнової обробки, мм

$$Z2_2 := 2\left(R_{z.ч.о.} + T_{ч.о.}\right) = 0.8$$

$$d_{ч.о.} := d_н + Z2_2 = 165.8$$

4. Припуски на чорнову механічну обробку відновленої деталі та її розміри після відновлення, мм

$$Z2_3 := 2\left(R_{z.в} + T_в\right) = 2.6$$

$$d_в := d_{ч.о.} + Z2_3 = 168.4$$

5. Товщина нарощуваного шару при відновленні деталі, мм

$$h := \frac{d_в - d_{ппо}}{2} = 0.95$$

6.4. Розрахунок відновлення відновлення букс електровозу запропонованим способом

Відновлення деталей високошвидкісним наиленням HVOF

Вихідні дані

- довжина поверхні, що напилюється, мм	L := 240
- діаметр циліндричної частини детали, що напилюється, мм	D := 165
- товщина шару металу, що напилюється, мм	h := 0.95
- припуск на точіння, мм	$z_1 := 1$
- припуск на шліфування, мм	$z_2 := 0.25$
- коефіцієнт використання порошку з ураху-ванням витрат металу на розпилення	k := 0.75

Розрахунок

1. Напилення виконується за допомогою комплексу високошвидкіс-ного напилення третього покоління з профільними соплами Лаваля ТСЗП-HVOFGTV K2.

Технічна характеристика комплексу:

- щільність порошку WC-Co, г/см^3	$\gamma := 14$
- витрати порошку, г/с	q := 15

2. Допуск на величину припуску на механічну обробку після напилен-ня, мм

$$\delta := 0.35 \cdot \left(z_1 + z_2\right) = 0.438$$

3. Припуск на механічну обробку після напилення, мм

$$z := z_1 + z_2 + \delta = 1.688$$

4. Швидкість обертання деталі, м/хв

$$\upsilon := 10.02 + 0.028 \cdot D = 14.64$$

5. Кількість обертів шпинделя верстата, об/хв

$$n := \frac{1000 \cdot \upsilon}{\pi \cdot D} = 28.243$$

6. Величина продольної подачі, мм/об

$$S := 2.45 - 0.00011 \cdot D = 2.432$$

7. Товщина металу, що напилюється за один прохід, мм

$$h_1 := \frac{100 \cdot q \cdot k}{\upsilon \cdot S \cdot \gamma} = 2.257$$

8. Необхідна кількість проходів напилювача для отримання потрібного шару напилення

$$n_1 := \frac{h}{h_1} = 0.421$$

9. Витрати порошку, г

$$G := \pi \cdot \frac{D}{100} \cdot \frac{L}{100} \cdot h \cdot 10 \cdot \gamma = 1.655 \times 10^3$$

10. Основний час напилення, хв

$$T_o := n_1 \cdot 0.006 \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot h \cdot \gamma}{1000 \cdot q \cdot k} = 0.371$$

11. Додаткові витрати часу, хв

$$T_{дод} := 0.2 \cdot T_o = 0.074$$

12. Норма часу на напилення, хв

$$T_{нн} := T_{дод} + T_o = 0.446$$

13. Штучно-калькуляційний час напилення, хв

$$T_{шк} := T_{нн} + 15 = 15.446$$

РОЗДІЛ 7. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТІВ

7.1. Річний график ремонтов

Річний графік ремонтів

Вихідні дані

- кількість робочих днів на рік $n_{д.} := 250$
- кількість робочих днів на добу $n_{зм} := 2$
- кількість годин у зміні $t_{зм} := 8$ год
- кількість годин від останнього кап. ремонту або с початку експлуатації на початок року, що планується $A_{ok} := 1580$ год
- тип та періодичність ремонтів

$T_1 := 400$ год

$T_2 := 1200$ год

$T_3 := 2400$ год

$T_k := 14400$ год

- коефіцієнт використання машини $k_в := 0.67$

Розрахунок

1. Плановий об'єм роботи машини на рік, год

$$A_n := n_{д.} \cdot n_{зм} \cdot t_{зм} \cdot k_в = 2.68 \times 10^3$$

2. Кількість капітльних ремонтів

$$N_k := \text{trunc}\left(\frac{A_{ok} + A_n}{T_k}\right) = 0$$

3. Кількість поточних ремонтів №3

$$A_{oT3} := \text{if}\left(A_{ok} < T_3, A_{ok}, A_{ok} - T_3 \cdot \text{trunc}\left(\frac{A_{ok}}{T_3}\right)\right) = 1.58 \times 10^3$$

$$N_{T3} := \text{trunc}\left(\frac{A_{oT3} + A_n}{T_3}\right) - N_k = 1$$

4. Кількість поточних ремонтів №2

$$A_{oT2} := \text{if}\left(A_{ok} < T_2, A_{ok}, A_{ok} - T_2 \cdot \text{trunc}\left(\frac{A_{ok}}{T_2}\right)\right) = 380$$

$$N_{T2} := \text{trunc}\left(\frac{A_{oT2} + A_n}{T_2}\right) - N_k - N_{T3} = 1$$

5. Кількість поточних ремонтів №1

$$A_{oT1} := \text{if}\left(A_{ok} < T_1, T_1, A_{ok} - T_1 \cdot \text{trunc}\left(\frac{A_{ok}}{T_1}\right)\right) = 380$$

$$N_{T1} := \text{trunc}\left(\frac{A_{oT1} + A_n}{T_1}\right) - N_k - N_{T3} - N_{T2} = 5$$

Таблиця 7.1 – Строки проведення ремонтів вибійного двигуна

Назва машини	Місяці											
	с	л	б	к	т	л	ч	с	в	ж	л	г
Вибійний двигун	Т1	Т1		Т3		Т1		Т1		Т2	Т1	

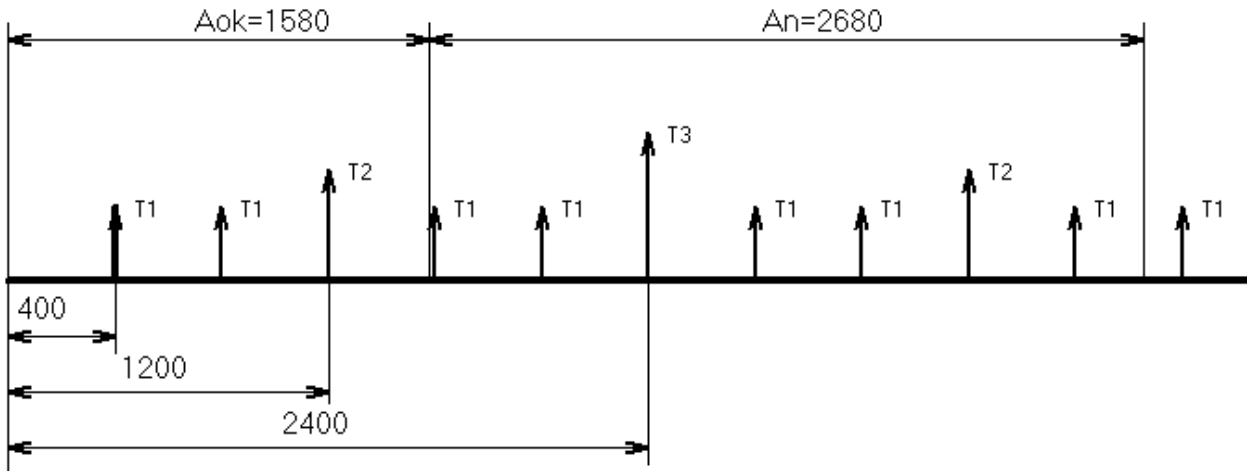


Рис. 7.1 – Річний графік ремонтів вибійного двигуна

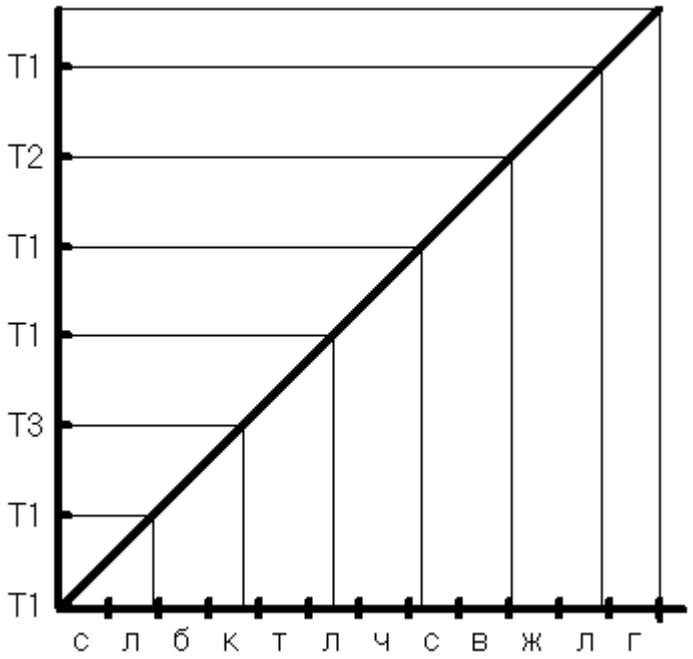


Рис. 7.2 – Графік строків ремонтів вибійного двигуна

7.2. Розрахунок ремонтних майстерень

Вихідні дані

- кількість типів машин $N := 1$
- кількість однотипних машин $m := 20$
- кількість змін на добу $n_{зм} := 2$
- кількість годин у зміні, год $t_{зм} := 7$
- кількість потокових ремонтів на рік $n_1 := 24$

  $n_2 := 6$

  $n_3 := 5$
- кількість капітальних ремонтів на рік $T_k := 3$
- трудомісткість ремонтів $t_1 := 80$

  $t_2 := 120$

  $t_3 := 210$

  $t_k := 1325$

- коефіцієнт, який враховує ремонт неврахованого обладання та інші незаплановані втрати — $\alpha := 1.5$
- кількість вихідних двнів на рік — $B := 104$
- кількість святкових днів на рік — $C := 8$
- кількість відпускних днів — $BP := 24$
- коефіцієнт, який враховує простої — $K_{to} := 0.95$
- коефіцієнт верстатних робіт — $\beta_B := 0.3$
- коефіцієнт використання верстата — $K_{BB} := 0.7$
- коефіцієнт зварювально-наплавочних робіт — $\beta_3 := 0.075$
- коефіцієнт розподілу електродугового зварювання — $C_{31} := 0.55$
- коефіцієнт використання електродугового зварювання — $K_{31} := 0.85$
- коефіцієнт розподілу газового зварювання — $C_{32} := 0.3$
- коефіцієнт використання газового зварювання — $K_{32} := 0.85$
- коефіцієнт механізованого наплавлення — $C_{33} := 0.2$
- коефіцієнт механізованого наплавлення — $K_{33} := 0.6$
- коефіцієнт, який враховує вимушені витрати часу через хвороби тв інші поважні причини — $K_{PN} := 0.975$

Розрахунок

1. Повний обсяг трудових витрат ремонтних майстерень підприємства на рік

$$T := \alpha \cdot \frac{m}{T_k} \cdot \left(n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 + n_3 \cdot t_3 + t_k\right) = 5.015 \times 10^4$$

2. Річний фонд робочого часу устаткування, год

$$\Phi_o := t_{зм} \cdot \left(365 - B - C\right) \cdot n_{зм} \cdot K_{to} = 3.365 \times 10^3$$

3. Загальна кількість металорізальних верстатів:

$$N_B := \text{trunc}\left(\frac{\beta_B \cdot T}{\Phi_o \cdot K_{BB}}\right) = 6$$

4. Верстати за типами можна розподілити наступним чином:

- токарні $N_{TB} := \text{trunc}\left(0.4 \cdot N_B\right) = 2$
- свердлильні $N_{CB} := \text{trunc}\left(0.15 \cdot N_B\right) = 0$
- точильно-обдиральні $N_{TOB} := \text{trunc}\left(0.1 \cdot N_B\right) = 0$
- інші $N_{IN} := N_B - N_{TB} - N_{CB} - N_{TOB} = 4$

5. Орієнтовна кількість постів для різних типів зварювання:

- електродугове зварювання $N_{B1} := \text{trunc}\left(\frac{\beta_3 \cdot T \cdot C_{31}}{\Phi_o \cdot K_{31}}\right) = 0$
- газове зварювання $N_{B2} := \text{trunc}\left(\frac{\beta_3 \cdot T \cdot C_{32}}{\Phi_o \cdot K_{32}}\right) = 0$
- механізоване наплавлення $N_{B3} := \text{trunc}\left(\frac{\beta_3 \cdot T \cdot C_{33}}{\Phi_o \cdot K_{33}}\right) = 0$

6. Річний фонд робочого часу одного працівника, год:

$$\Phi_P := t_{зм} \cdot \left(365 - B - C - BP\right) \cdot n_{зм} \cdot K_{to} = 3.046 \times 10^3$$

7. Загальна кількість виробничих робітників ремонтного підприємства, чол:

$$N_{BP} := \text{trunc}\left(\frac{T}{\Phi_P \cdot K_{PN}}\right) = 16$$

8. Необхідна кількість робітників різних професій, чол.:

- верстатники:

$$N_{BEP} := \text{trunc}\left(K_{BB} \cdot N_B \cdot n_{зм}\right) = 8$$

- електрогазозварників:

$$N_{3B} := \text{trunc}\left\lceil \left(K_{31} \cdot N_{B1} + K_{32} \cdot N_{B2} + K_{33} \cdot N_{B3}\right) \cdot n_{зм} \right\rceil = 0$$

- ковалів та пресувальників:

$$N_{KP} := \text{trunc}\left(0.08 \cdot N_{BP}\right) = 1$$

- робітники контрольного огляду та ін.

$$N_{KO} := \text{trunc}\left(0.07 \cdot N_{BP}\right) = 1$$

- слюсарі та електрослюсарі:

$$N_{CL} := N_{BP} - \left(N_{BEP} + N_{3B} + N_{KP} + N_{KO}\right) = 6$$

9. Загальний штат ремонтного підприємства з урахуванням підсобних працівників та ІТР

$$N_3 := \text{trunc}\left(1.18 \cdot N_{BP}\right) = 18$$

7.3. Розрахунок потрібної кількості запасних частин

Вихідні дані

- кількість однотипних машин, які перебувають в експлуатації — $N_m := 20$
- кількість одноіменних деталей або складальних одиниць — $n_{од} := 1$
- строк служби деталі до першої заміни, міс — $t_д := 15$
- тривалість часу від одного до іншого надходження запасних частин на гірничо- збагачувальне підприємство. міс — $t_{p1} := 1$, $t_{p2} := 3$, $t_{p3} := 6$, $t_{p4} := 12$
- коефіцієнт, який враховує рівномірність постачання запасних частин на гірничо- збагачувальне підприємство — $K_{p1} := 1.1$, $K_{p2} := 1.3$, $K_{p3} := 1.5$, $K_{p4} := 2$
- коефіцієнт, який враховує кількість однотипних машин — $K_N := 0.72$
- коефіцієнт, який враховує наявність у машини однойменних деталей — $K_{OD} := 1$

Розрахунок

Кількість запасних частин при надходженні:

- 1 раз на місяць

$$N_{ЗН1} := \text{trunc}\left(\frac{N_m \cdot n_{од} \cdot t_{р1} \cdot K_N \cdot K_{OD} \cdot K_{р1}}{t_д}\right) = 1$$

- 3 раз на місяць

$$N_{ЗН2} := \text{trunc}\left(\frac{N_m \cdot n_{од} \cdot t_{р2} \cdot K_N \cdot K_{OD} \cdot K_{р2}}{t_д}\right) = 3$$

- 6 раз на місяць

$$N_{ЗН3} := \text{trunc}\left(\frac{N_m \cdot n_{од} \cdot t_{р3} \cdot K_N \cdot K_{OD} \cdot K_{р3}}{t_д}\right) = 8$$

- 12 раз на місяць

$$N_{ЗН4} := \text{trunc}\left(\frac{N_m \cdot n_{од} \cdot t_{р4} \cdot K_N \cdot K_{OD} \cdot K_{р4}}{t_д}\right) = 23$$

Висновки до частини II

1. Розроблено технологію ремонту гвинтового вибійного двигуна та досліджено способи відновлення його основних деталей, зокрема нипелю вибійного двигуна. Також виконано організаційні розрахунки ремонтного виробництва та визначено необхідні ресурси для забезпечення ефективного проведення ремонтних робіт.
2. У процесі роботи розроблено технологічну схему ремонту гвинтового вибійного двигуна, яка включає операції розбирання, миття, дефектації, комплектування та складання. Визначено раціональну послідовність виконання ремонтних операцій, що дозволяє підвищити якість ремонту та скоротити тривалість відновлення обладнання.
3. Розглянуто процес розбирання вибійного двигуна та встановлено, що найбільш відповідальними етапами є демонтаж роторно-статорної пари, шпиндельної секції та різьбових з'єднань. Визначено вимоги до очищення та миття деталей, що забезпечують якісне проведення дефектації та подальшого відновлення.
4. У ході дефектації встановлено основні види пошкоджень деталей вибійного двигуна: зношування посадочних поверхонь, корозійні пошкодження, утворення тріщин, деформації та пошкодження різьбових з'єднань. Визначено критерії придатності деталей до подальшої експлуатації або відновлення.
5. Проведено аналіз базового способу відновлення нипелю вибійного двигуна. Встановлено, що традиційні методи наплавлення мають низку недоліків, зокрема значний тепловий вплив на основний метал, можливість зміни його структури та механічних властивостей, підвищену вартість процесу через використання дорогих флюсів і зварювальних матеріалів, а також технологічні труднощі при відновленні внутрішніх поверхонь малих діаметрів.
6. З урахуванням недоліків базового способу запропоновано використання високошвидкісного газополум'яного напилення HVOF для відновлення

нипелю вибійного двигуна. Встановлено, що даний метод забезпечує формування зносостійкого покриття з високою адгезією, підвищеною твердістю та стійкістю до корозії і ударних навантажень. Використання покриттів на основі карбіду вольфраму дозволяє значно підвищити ресурс роботи деталей у порівнянні з традиційним хромуванням.

7. Перевагами запропонованого способу є мінімальний тепловий вплив на основу деталі, висока щільність і міцність покриття, зниження ймовірності утворення тріщин та можливість отримання високих експлуатаційних характеристик без суттєвого перегріву деталі. Встановлено, що технологія HVOF є перспективною альтернативою хромуванню та традиційним методам наплавлення при ремонті деталей вибійних двигунів.
8. У роботі виконано розрахунок припусків на механічну обробку після нанесення покриття та визначено основні параметри технологічного процесу відновлення. Отримані результати підтверджують технологічну доцільність використання запропонованого способу ремонту.
9. Крім того, розроблено організацію ремонтних робіт, складено річний графік ремонтів, виконано розрахунок ремонтних майстерень та визначено потребу у запасних частинах. Це дозволяє оптимізувати процес технічного обслуговування і ремонту вибійних двигунів, скоротити простої обладнання та підвищити ефективність роботи ремонтного підприємства.
10. Отримані результати можуть бути використані при вдосконаленні технологій ремонту гвинтових вибійних двигунів, підвищенні довговічності їх деталей та оптимізації організації ремонтного виробництва у нафтогазовій галузі.

.

ВИСНОВКИ

1. У бакалаврській роботі виконано аналіз конструкції та умов експлуатації гвинтового вибійного двигуна Д-195, що застосовується при проведенні капітального ремонту свердловин, а також досліджено технологічні особливості його використання в умовах нафтогазовидобувної промисловості.
2. У результаті дослідження встановлено, що застосування сучасних методів підвищення продуктивності пластів, зокрема фізико-хімічного впливу на привибійну зону, боротьби з парафінистими відкладеннями та ізоляції пластових вод, є важливим фактором забезпечення стабільної роботи свердловин та підвищення ефективності видобутку нафти і газу.
3. Проведений аналітичний огляд мобільних бурових установок для підземного ремонту свердловин дозволив визначити їх конструктивні особливості, переваги та область застосування. Встановлено, що ефективність виконання капітального ремонту свердловин значною мірою залежить від правильного вибору бурового обладнання та вибійних двигунів.
4. У роботі виконано порівняльний аналіз основних типів вибійних двигунів, що використовуються при КРС: турбобурів, гвинтових вибійних двигунів та електробурів. Встановлено, що гвинтові вибійні двигуни характеризуються високою надійністю, достатнім крутним моментом, компактністю та ефективністю роботи в складних умовах буріння, що обґрунтовує доцільність використання двигуна Д-195.
5. Детально розглянуто конструкцію гвинтового вибійного двигуна, його призначення, умови роботи, основні вузли та матеріали виготовлення. Визначено особливості конструктивного виконання ротора, статора, шпиндельної секції та системи змащення. Проведено аналіз техніко-організаційних заходів, що здійснюються при бурінні свердловин та експлуатації вибійного обладнання.

6. У процесі роботи виконано розрахунок основних геометричних та енергетичних параметрів двигуна Д-195. Визначено робочі характеристики обладнання, проведено розрахунок допустимого радіуса кривизни бурильної труби, а також виконано гідравлічний розрахунок промивання свердловини та втрат тиску. Отримані результати підтверджують працездатність та відповідність двигуна заданим умовам експлуатації.
7. Проведено оцінку надійності роботи двигуна із застосуванням параметра розподілу Вейбулла та розрахунку інтенсивності відмов. Встановлено, що своєчасне технічне обслуговування та дотримання режимів експлуатації дозволяють суттєво підвищити довговічність вибійного двигуна та знизити ймовірність аварійних ситуацій.
8. У роботі також розглянуто питання транспортування, монтажу, використання за призначенням та технічного обслуговування гвинтового вибійного двигуна. Встановлено, що правильна організація експлуатації обладнання забезпечує стабільність технологічного процесу буріння, зменшення простоїв та підвищення ефективності ремонтних робіт.
9. Розроблено технологію ремонту гвинтового вибійного двигуна та досліджено способи відновлення його основних деталей, зокрема нипелю вибійного двигуна. Також виконано організаційні розрахунки ремонтного виробництва та визначено необхідні ресурси для забезпечення ефективного проведення ремонтних робіт.
10. У процесі роботи розроблено технологічну схему ремонту гвинтового вибійного двигуна, яка включає операції розбирання, миття, дефектації, комплектування та складання. Визначено раціональну послідовність виконання ремонтних операцій, що дозволяє підвищити якість ремонту та скоротити тривалість відновлення обладнання.
11. Розглянуто процес розбирання вибійного двигуна та встановлено, що найбільш відповідальними етапами є демонтаж роторно-статорної пари, шпиндельної секції та різьбових з’єднань. Визначено вимоги до очищення та миття деталей, що забезпечують якісне проведення дефектації та подальшого відновлення.

12. У ході дефектації встановлено основні види пошкоджень деталей вибійного двигуна: зношування посадочних поверхонь, корозійні пошкодження, утворення тріщин, деформації та пошкодження різьбових з’єднань. Визначено критерії придатності деталей до подальшої експлуатації або відновлення.
13. Проведено аналіз базового способу відновлення нипелю вибійного двигуна. Встановлено, що традиційні методи наплавлення мають низку недоліків, зокрема значний тепловий вплив на основний метал, можливість зміни його структури та механічних властивостей, підвищену вартість процесу через використання дорогих флюсів і зварювальних матеріалів, а також технологічні труднощі при відновленні внутрішніх поверхонь малих діаметрів.
14. З урахуванням недоліків базового способу запропоновано використання високошвидкісного газополум’яного напилення HVOF для відновлення нипелю вибійного двигуна. Встановлено, що даний метод забезпечує формування зносостійкого покриття з високою адгезією, підвищеною твердістю та стійкістю до корозії і ударних навантажень. Використання покриттів на основі карбіду вольфраму дозволяє значно підвищити ресурс роботи деталей у порівнянні з традиційним хромуванням.
15. Перевагами запропонованого способу є мінімальний тепловий вплив на основу деталі, висока щільність і міцність покриття, зниження ймовірності утворення тріщин та можливість отримання високих експлуатаційних характеристик без суттєвого перегріву деталі. Встановлено, що технологія HVOF є перспективною альтернативою хромуванню та традиційним методам наплавлення при ремонті деталей вибійних двигунів.
16. У роботі виконано розрахунок припусків на механічну обробку після нанесення покриття та визначено основні параметри технологічного процесу відновлення. Отримані результати підтверджують технологічну доцільність використання запропонованого способу ремонту.
17. Крім того, розроблено організацію ремонтних робіт, складено річний графік ремонтів, виконано розрахунок ремонтних майстерень та визначено потребу

у запасних частинах. Це дозволяє оптимізувати процес технічного обслуговування і ремонту вибійних двигунів, скоротити простої обладнання та підвищити ефективність роботи ремонтного підприємства.

18. Отримані результати можуть бути використані при вдосконаленні технологій ремонту гвинтових вибійних двигунів, підвищенні довговічності їх деталей та оптимізації організації ремонтного виробництва у нафтогазовій галузі.