

Методи та засоби неруйнівного контролю і технічної діагностики

УДК 620.179

ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРТИЗИ ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ БУРОВОГО УСТАТКОВАННЯ

¹І.І. Цюцяк, ²Н.Л. Тацакович, ²О.М. Карнаш

¹ Науково-виробнича фірма «ЗОНД», м. Івано-Франківськ, вул. Микитинецька, 5а,
тел. (0342) 536313

² ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 504708,
e-mail: public@nung.edu.ua

Наведено досвід науково-виробничої фірми “Зонд” у сфері проведення експертизи промислової безпеки бурового устаткування. Проаналізовано ряд нормативних та технічних документів, що регламентують порядок продовження термінів експлуатації бурових веж. Описано обсяги контролю бурових веж у зібраному і розібраному стані. Удосконалено модель експертизи промислової безпеки металоконструкцій бурового устаткування. Проведено поелементний аналіз дефектів, що виявлені у металоконструкціях бурових веж.

Ключові слова: експертиза, промислова безпека, бурова вежа, дефект, методика

Приведен опыт научно-производственной фирмы “Зонд” в сфере проведения экспертизы промышленной безопасности бурового оборудования. Проанализирован ряд нормативных и технических документов, регламентирующих порядок продления сроков эксплуатации буровых вышек. Описаны объемы контроля буровых вышек в собранном и разобранном состоянии. Усовершенствована модель экспертизы промышленной безопасности металлоконструкций бурового оборудования. Проведено поэлементный анализ дефектов, выявленных в металлоконструкциях буровых вышек.

Ключевые слова: экспертиза, промышленная безопасность, буровая вышка, дефект, методика

The paper presents the experience of scientific-production company “Zond” in the field of industrial safety examination of drilling equipment. A number of regulatory and technical documents against service life extension of drilling and well servicing structures are analyzed. Scope of inspection of assembled and unassembled derricks is described. The model of drilling equipment’s structures expertise is improved. An item analysis of defects detected in steel structures is performed.

Keywords: expert review, industry safety, derrick, defect, methodology

Головною метою промислової безпеки є забезпечення такого її рівня, за якого ризик виникнення промислових аварій та випадків травматизму на небезпечних промислових об'єктах був би мінімальним і відповідав рівню розвитку техніки і технології та стану розвитку суспільства [1].

Спеціальним уповноваженим органом виконавчої влади в галузі промислової безпеки є Держнаглядохоронпраці України, який здійснює функції прийняття нормативно-правових актів, контролю та нагляду, в тому числі і за станом обладнання, що використовується для будівництва і реконструкції свердловин.

Стан нагляду за безпекою обладнання характеризується наявністю тільки документів наказового типу, які суворо регламентують порядок проведення обстежень і не дають змоги оптимізувати затрати і науково обґрунтувати продовження ресурсу. Продовження терміну експлуатування об'єктів підвищеної небезпеки понад нормативно-розрахунковий термін регламентується Законом України «Про охорону праці» ст. 21, Законом України «Про об'єкти підвищеної небезпеки», Постановою Кабінету Міністрів України №687 «Про затвердження порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічне діагносту-

вання машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки)». Водночас спостерігається стійкий прогрес, пов'язаний з гармонізацією вимог українського законодавства з європейським. Зокрема, на заміну концепції техніки безпеки приходить концепція допустимого ризику, що відповідає передовій світовій практиці, в основі якої лежить принцип «передбачати і випереджувати». Цей підхід дає можливість враховувати такі чинники, як помилкові дії персоналу, зовнішні впливи природного і техногенного характеру, що не беруться до уваги в існуючих вітчизняних методиках, але, як свідчать статистичні дані, не рідко стають причиною виникнення аварії в межах розрахованого безпечного терміну експлуатації обладнання.

Особливу актуальність проблема забезпечення належного рівня промислової безпеки має для підприємств нафтогазового комплексу, зокрема, гостро постає питання безпеки в процесі експлуатації бурового устаткування, нормативний термін якого перевищує 10 років. Більша частина устаткування, що перебуває в експлуатації, виготовлена ще до 90-х років і на даний момент відпрацювала свій розрахунково-нормативний термін експлуатування і потребує масштабної заміни.

Так, аналіз сучасного стану парку бурових веж підприємств України, які займаються бурінням нафтових і газових свердловин, а саме ВАТ «Укрнафта», БУ «Укрбургаз» ДК «Укргазвидобування», ДАТ «Чорноморнафтогаз» та НАК «Надра України» показав, що для нього характерні такі основні ознаки:

- 60-70% бурових веж та їх основ відпрацювали нормативний ресурс, встановлений заводом-виробником, який становить: для веж – 12 років, для їх основ – 9 років;

- більшість бурових веж, що експлуатуються в Україні, – імпортного виробництва (ВО „Уралмаш”; завод бурової техніки „Баррикади” (м. Волгоград, Російська Федерація); заводи UPETROM 1 MAI S.A., UPET.S.A. (Румунія) та інші). Різні підходи до технічного обслуговування і ступінь завантаження бурових веж є причинами того, що на завершення нормативного терміну експлуатування вони підійшли з різним ступенем зношення. На цій стадії виникає можливість, оскільки технічний стан, як правило, дозволяє функціонування за умови паспортної або нижчої вантажопідйомності, а через економічну ситуацію і потребу в експлуатації бурових веж, понаднормативний термін.

Крім того, як свідчить світова практика, виведення металоконструкції з експлуатації необхідно проводити відповідно до їх фактичного технічного стану, а не тільки відповідно до нормативних термінів експлуатування [2]. Статичні випробування, що застосовуються до бурових веж згідно з затвердженою методикою [3], не досягають поставленої мети – перевіряння міцності вежі та її вантажопідйомності. Тому актуальним завданням, яке потребує науково-обґрунтованого вирішення, є розроблення правил і процедур визначення фактично-

го технічного стану бурових веж та їх основ шляхом технічного діагностування.

На сьогоднішній день експертиза промислової безпеки викладена в низці нормативних документів, інструкцій та методичних вказівок. Серед них ряд міжнародних та регіональних стандартів, зокрема стандарт Американського нафтового інституту API 4F:2008 Технічні умови на споруди для буріння та обслуговування свердловин [4], міжнародний стандарт ISO 13626:2003 Нафтова і газова промисловість – Обладнання для буріння та видобування – Споруди для буріння та обслуговування свердловин [5], стандарт РФ ГОСТ Р 12.2.141-99 Система стандартів охорони праці. Обладнання бурове наземне. Вимоги безпеки [6].

В Україні комплекс робіт із продовження термінів експлуатації регламентує система нормативних і технічних документів. Першочерговими тут є закони і підзаконні акти, далі система базується на нормативних документах відомчих органів. В основі цієї системи документів лежать технічні регламенти, методичні вказівки й інструкції з експертизи промислової безпеки, які в більшості випадків розроблялися в Російській Федерації (табл. 1.).

Необхідно зазначити, що створені до 1998 р. методичні вказівки з експертизи технічних пристроїв бурового устаткування (БУ) з вичерпаним нормативним терміном служби не відповідають сучасним вимогам Закону «Про промислову безпеку...» й іншим нормативним документам.

Накопичений досвід роботи в даній галузі позначив нові аспекти. За умов докладнішого вивчення бурового устаткування на завершальній стадії експлуатації, що визначають її залишковий ресурс стали не так вузли, які підлягають заміні і модернізації, як базові металоконструкції.

Зокрема, оцінка стану вежі спочатку передбачала контроль ступеня корозії, перевірку прямолінійності несучих елементів, стан елементів кріплення і зварних швів.

У НВФ «Зонд» (м. Івано-Франківськ) упродовж 1997-2000 рр. проведено науково-дослідні і дослідно-експериментальні роботи, спрямовані на розроблення методики оцінювання технічного стану бурових веж із застосуванням методів та засобів неруйнівного контролю, які мають на меті виявлення пошкоджених та дефектних елементів і передбачає:

- візуальний та інструментальний контроль;
- дефектоскопію тіла елементів;
- дефектоскопію зварних швів;
- товщинометрію тіла несучих елементів;
- контроль фізико-механічних властивостей основних несучих елементів.

Система контролю металоконструкцій й устаткування дає змогу одержати докладну інформацію про стан усіх несучих елементів, що впливають на безпечну експлуатацію. На підставі великого практичного досвіду й узагальнення вимог чинних нормативних документів було розроблено ГСТУ 320.02829777.014-99 –

Таблиця 1 – Перелік нормативних і технічних документів, що регламентують продовження термінів експлуатації бурових веж

| Найменування документа | Примітки |
|--|--|
| Інструкція з випробування бурових веж у промислових умовах. Розроблена ВАТ "ВНИИТнефть", 1996г, | Продовжена листом №10-03864 ГТТН РФ. Термін продовження вийшов 31.12.2003 р. |
| Інструкція з перевірки технічного стану веж бурового устаткування АО "Уралмаш". Узгоджена з Держгіртехнаглядом Росії листом від 16.07.96 №10-03/277 | Термін продовження вийшов 31.12.2003р. Підготовлена нова редакція |
| "Інструкція про застосування неруйнівного способу випробування бурових веж у промислових умовах". Розроблена МАІ. Узгоджена 21.06.96 листом Держгіртехнаглядом Росії № 10-13/224 | Продовжена листом № 10-03/864 Держгіртехнаглядом РФ від 15.11.2000 р. Термін продовження вийшов 31.12.2003 р. |
| "Методичні вказівки з проведення обстеження бурового устаткування з вичерпаним нормативним терміном служби". Розроблені ВАТ "ВЗБТ" в 1996р. Узгоджені з Держгіртехнаглядом Росії листом від 30.05.97 "10-03/271 | |
| Тимчасові методичні вказівки з обстеженню бурового обладнання з вичерпаним терміном служби" МУ 33-98. Розроблені ВАТ "Уралмаш " и ЗАТ "Уралмаш-Сервіс". Узгоджений з Держгіртехнаглядом Росії листом від 24.12.98 №10-13/694 | Підготовлена нова редакція |
| "Інструкція з технічного діагностування стану пересувних лабораторій для ремонту свердловин" РД08-195-98. Затверджена Постановою Держгіртехнаглядом Росії №16 від 24.03.98 | |
| ГСТУ 320.02829777.014-99 – Неруйнівний контроль та оцінка технічного стану металоконструкцій бурових веж в розібраному і зібраному стані. Розроблений НВФ "Зонд". | |
| СТП 320.00135390.068-2002 – Оцінка фактичного технічного стану основ бурових веж. Розроблений НВФ "Зонд". | |
| СОУ 11.2 – 300197775-044:2005 – Засоби для капітального ремонту свердловин. Підймальне обладнання. Вежі та лебідки. Контроль технічного стану. Розроблений НВФ "Зонд". | |

Неруйнівний контроль та оцінка технічного стану металоконструкцій бурових веж у розібраному і зібраному стані; СТП 320.00135390.068-2002 – Оцінка фактичного технічного стану основ бурових веж; СОУ 11.2 – 300197775-044:2005 – Засоби для капітального ремонту свердловин. Підймальне обладнання. Вежі та лебідки. Контроль технічного стану. НВФ "Зонд" як член Технічного комітету зі стандартизації 146 "Матеріали, обладнання, технології і споруди для нафтогазової промисловості" приймав активну участь у розробленні проектів Державних стандартів України, що гармонізовані з міжнародними, ДСТУ EN ISO 13534 Нафтова і газова промисловість. Устаткування для буріння та видобування. Обстежування, технічне обслуговування, ремонт і відновлювання підйимального устаткування та ДСТУ EN ISO 13535 Нафтова і газова промисловість. Устаткування підйимальне

для буріння та видобування. Загальні технічні вимоги та методи випробування.

ГСТУ встановлюють загальні вимоги до процесу неруйнівного контролю (НК) і технічної діагностики (ТД) бурових веж, основ, веж підйимальних агрегатів з вичерпаним нормативним терміном служби і визначають порядок проведення, методи, критерії та об'єм оцінки технічного стану, умови і можливість подальшої безпечної експлуатації, необхідність проведення ремонту (модернізації), встановлюють термін наступного проведення експертизи.

Алгоритм проведення експертизи промислової безпеки включає попередній аналіз дефектності контрольованого виробу; оцінювання дефектоскопічності конструкції; вибір методу і апаратури для контролю конкретного виробу; регламентація основних параметрів контролю; встановлення вимог до організації робіт, послідовності виконання операцій контролю та дій

Таблиця 2 – Обсяг контролю бурових веж у зібраному стані

| Елемент вежі та місце контролю | Зона контролю | Види контролю |
|--|---|--|
| 1 Нога: тіло | По всій довжині тіла ноги чотири діаметрально протилежні точки по колу через кожні 2,5-3 м тіла | Візуальний огляд та інструментальний контроль |
| | Зона вм'ятин, візуально визначених дефектів та інших сумнівних місць | Ультразвукова товщинометрія, ультразвукова та вихрострумова дефектоскопія |
| фланець | Зона зовнішніх зварних швів, з'єднання тіла ноги з фланцем | Візуальний огляд, ультразвукова дефектоскопія та товщинометрія |
| 2 Пояси, розкоси, підкоси | По всій довжині тіла чотири діаметрально протилежні точки по колу через кожні 2,5–3 м тіла; | Візуальний огляд та інструментальний контроль, ультразвукова дефектоскопія та товщинометрія |
| | Зона вм'ятин, візуально визначених дефектів та інших сумнівних місць | Вихрострумова й ультразвукова дефектоскопія, товщинометрія |
| 3 Різьбові з'єднання несучих елементів вежі | Зона різьбового з'єднання | Візуальний огляд |
| 4 Блок основи (несучі елементи основи, підроторні балки, балки кріплення лебідки) | По всій довжині тіла з кроком 1,5–2 м на кожній грані; зона вм'ятин, візуально визначених дефектів та інших сумнівних місць | Візуальний огляд та інструментальний контроль, ультразвукова товщинометрія, ультразвукова та вихрострумова дефектоскопія |

Таблиця 3 – Обсяг контролю бурових веж у розібраному стані

| Елемент вежі та місце контролю | Зона контролю | Метод і вид неруйнівного контролю |
|---|---|--|
| 1 Нога: тіло | По всій довжині тіла ноги | Візуальний огляд та інструментальний контроль |
| | По спіралеподібній траєкторії з кроком 100 мм | Ультразвукова дефектоскопія |
| | Чотири діаметрально протилежні точки по колу через кожні 2,5–3 м тіла | Ультразвукова товщинометрія |
| | Зона вм'ятин, візуально визначених дефектів та інших сумнівних місць | Ультразвукова та вихрострумова дефектоскопія |
| | Нижня секція | Візуальний огляд внутрішньої поверхні |
| фланець | Зона зварних швів, зварне з'єднання тіла ноги з фланцем | Візуальний огляд, ультразвукова дефектоскопія |
| 2 Пояси, розкоси, підкоси: тіло | По всій довжині тіла | Візуальний огляд та інструментальний контроль |
| | По спіралеподібній траєкторії з кроком 100 мм | Ультразвукова дефектоскопія |
| | Чотири діаметрально протилежні точки по колу через кожні 2,5–3 м тіла | Ультразвукова товщинометрія |
| | Зона вм'ятин, візуально визначених дефектів та інших сумнівних місць | Ультразвукова та вихрострумова дефектоскопія |
| | Зона отвору по колу | Візуальний огляд, ультразвукова дефектоскопія |
| отвори кріплення | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| 3 Блок основи (несучі елементи основи, підроторні балки, балки кріплення, лебідки) | По всій довжині тіла ноги | Візуальний огляд та інструментальний контроль: |
| | По спіралеподібній траєкторії з кроком 100 мм; | Ультразвукова дефектоскопія |
| | По всій довжині тіла з кроком 1,5–2 м; | Ультразвукова товщинометрія |
| | Зона вм'ятин, візуально визначених дефектів та інших сумнівних місць; | Ультразвукова та вихрострумова дефектоскопія |

персоналу після проведення контролю; встановлення методів ідентифікації проконтрольованих виробів; розроблення алгоритму оцінювання якості за результатами контролю.

Розроблення методики контролю будь-якого виробу складається з декількох етапів (рис. 1).

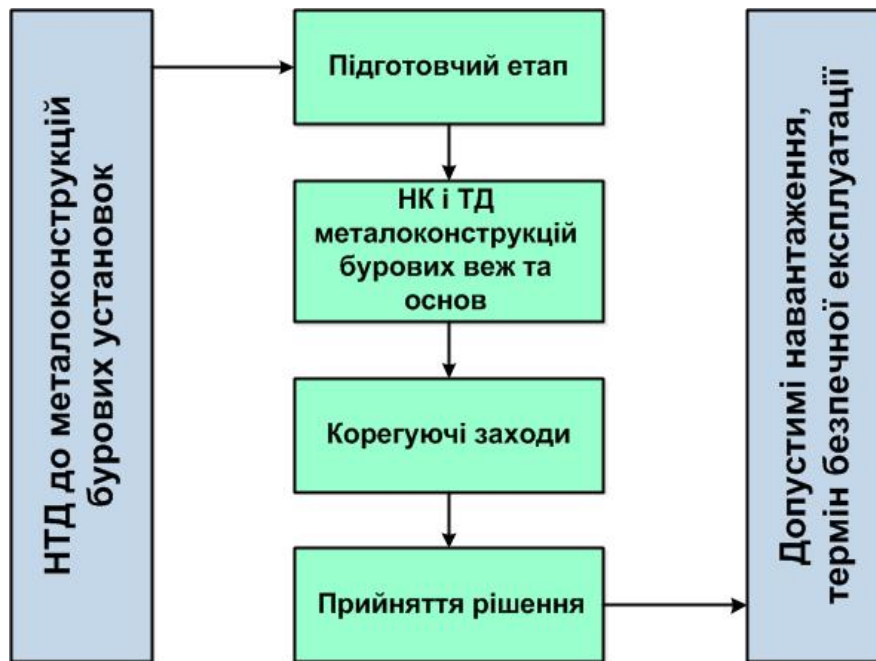


Рисунок 1 – Модель експертизи промислової безпеки металоконструкцій бурового устаткування

Відповідно до моделі весь процес експертизи промислової безпеки складається з таких основних етапів:

1 Підготовчий етап: отримання заявки, проведення переговорів, укладення договору.

2 Етап НК і ТД металоконструкцій бурових веж та основ: вивчення технічної документації, проведення контрольних вимірювань, заповнення протоколів вимірювань і карт обстеження, оформлення (за необхідності) відомості дефектів.

3 Етап коригувальних заходів: аналіз одержаної в процесі обстеження інформації і підготовка проекту висновку експертизи. Розроблення та узгодження коригувальних заходів щодо усунення дефектів і термінів їх виконання. Виконання замовником коригувальних заходів.

3 Етап ухвалення рішень: перевірка виконання коригувальних заходів і ухвалення рішення про можливість продовження терміну експлуатації.

4 Надання висновку замовникові для реєстрації і затвердження його в органах Держнаглядохоронпраці України.

АНАЛІЗ І КЛАСИФІКАЦІЯ ДЕФЕКТІВ

Загальний аналіз виявлених дефектів на обстеженому буровому устаткуванні показав, що вони виникають на різних стадіях експлуатації і з різних причин.

Однією з причин підвищеної кількості виявлених дефектів на БУ виробництва після 1990 р. стало зниження якості виробництва в період нестабільної економіки. Поелементний аналіз виникнення дефектів у різні часові відрізки підтверджує це припущення.

Розглянемо дефекти металоконструкцій вежі і проведемо поелементний аналіз. Найбільшу кількість складають дефекти, виявлені в розкосах і несучих трубах, адже саме ці елементи складають основу силової конструкції і визначають несучу можливість вежі (рис. 2–4).

Вигини розкосів, лопаток і вм'ятини складають до 65% від загальної кількості дефектів. Їх першопричиною переважно є недбалі монтажні роботи.

Наступна група дефектів (непровари і здуття) характеризує якість виготовлення.

Проведення робіт з експертизи металоконструкцій веж виявило здуття і відрив лопаток розкосів грат. Вивчення причин виникнення такого роду дефектів показало, що вони виникають на вежах, виготовлених за технологією приварювання спілоснутих лопаток негерметичним зварюванням.

На стадії зберігання і експлуатації волога потрапляє і акумулюється в порожнині розкосу, а в зимових умовах, після замерзання води, в результаті пластичної деформації відбувається здуття лопаток і руйнування зварного з'єднання. Для розкосів це складає приблизно 14%.

За походженням розрізняють такі види дефектів:

дефекти, що виникли в процесі перемонтажу, вм'ятини і в деякій частині непрямолинійність;

дефекти металургійного характеру у вигляді зварних з'єднань і розшарувань основного металу несучих труб;

дефекти, що виникли і розвиваються в процесі експлуатації (буріння).

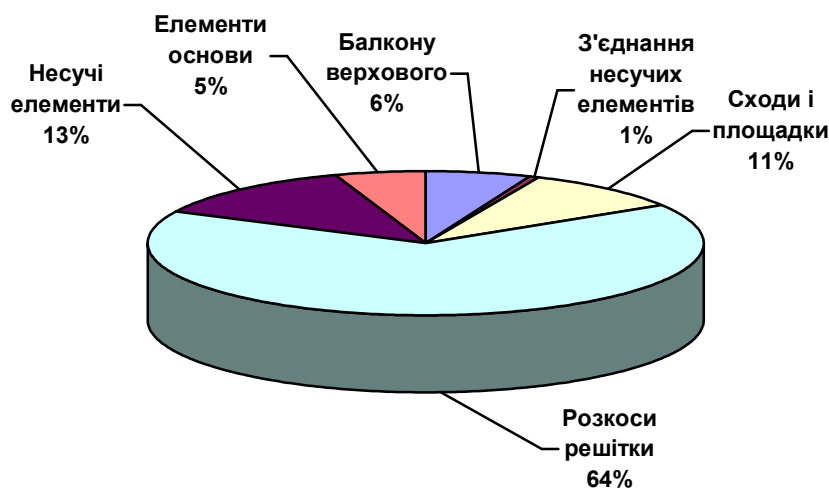


Рисунок 2 – Відсоткове відношення дефектів на металоконструкціях бурових веж

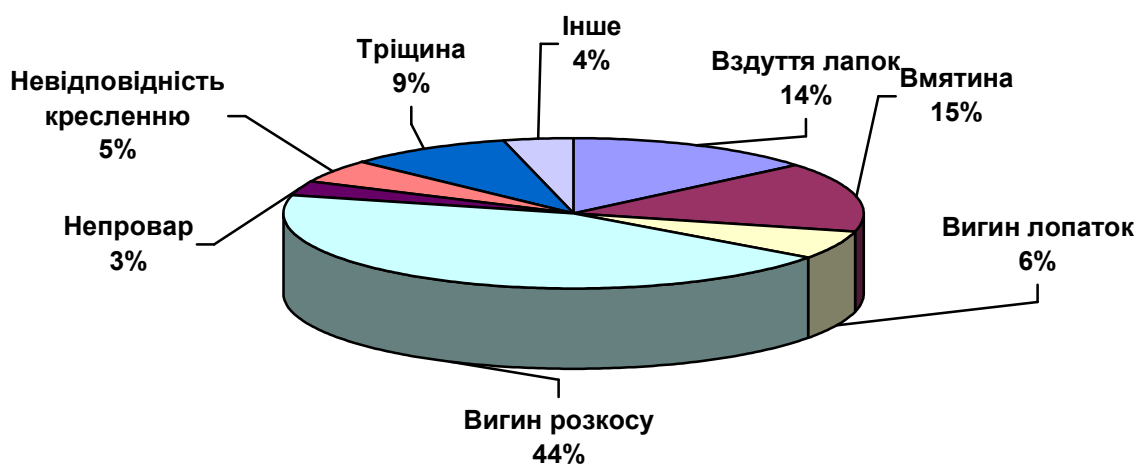


Рисунок 3 – Види і відсоткове співвідношення дефектів розкосів

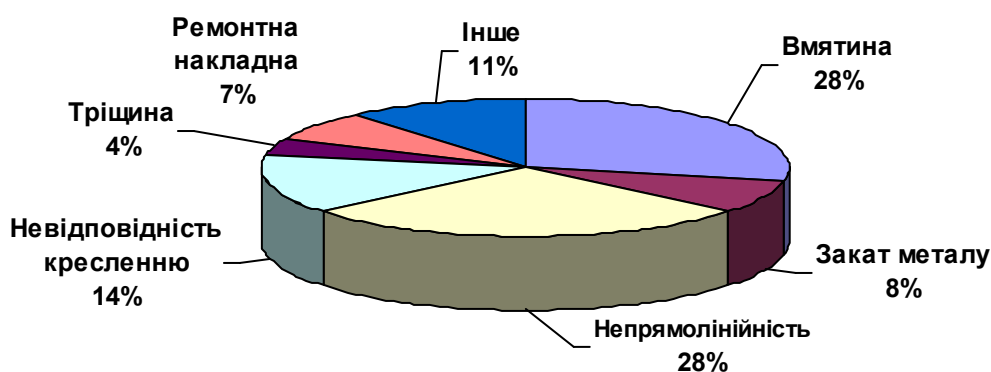


Рисунок 4 – Види і відсоткове співвідношення дефектів несучих труб

У несучих трубах, основними є дефекти (68%), що впливають на несучу властивість вежі (рис. 5):

непрямолінійність (28%) як самої вежі, так і окремих секцій. Зсуви на стиках секцій вежі, що значною мірою впливають на геометрію, і перерозподіл силового потоку між секціями вежі;

вмятини (28%), місця можливої втрати місцевої стійкості;

зварні з'єднання металу (8%), що визначають цілісність оболонки несучої труби;

тріщини (4%) як концентратори напруги, що ініціюють лавиноподібне руйнування елементів.

Практичне використання ГСТУ 320.02829777.014-99 на бурових підприємствах України засвідчує високу ефективність. Усього за цей період було обстежено понад 500 бурових веж та веж підймальних агрегатів, у тому



Рисунок 5 – Характерні дефекти металоконструкцій бурових веж

числі в БУ “Укрбургаз” - 355 шт, ВАТ “Укрнафта” – 110 шт. У таблиці 4 наведено парк бурових веж, що були обстежені НВФ “Зонд” за період з 1997 по 2010 рр. на підприємствах України.

Таблиця 4 – Кількість бурових веж та їх основ, що обстежені НВФ “Зонд” за період 1997-2010 рр.

| Відомча підпорядкованість та найменування підприємства | К-ть обстежених веж |
|---|---------------------|
| БУ „Укрбургаз” ДК „Укргазвидобування” | |
| Шебелинське ВБР | 87 |
| Стрийське ВБР | 86 |
| Хрестищенське ВБР | 75 |
| Полтавське ВБР | 88 |
| Красноградське ВіВВ І КРС | 19 |
| Разом | 355 |
| Газопромислові управління ДК „Укргазвидобування” | |
| ГПУ “Львівгазвидобування” | 11 |
| ГПУ “Полтавагазвидобування” | 10 |
| ГПУ “Харківгазвидобування” | 4 |
| Разом | 25 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| ДК „Укртрансгаз” | |
| УМГ “Київтрансгаз” | 2 |
| УМГ “Прикарпаттрансгаз” | 3 |
| УМГ “Донбастрасгаз” | 1 |
| Разом | 6 |
| ВАТ „Укрнафта” | |
| Івано-Франківське УБР | 7 |
| Надвірнянське УБР | 23 |
| Долинське УБР | 19 |
| Бориславське УБР | 10 |
| НГВУ „Надвірнафтогаз” | 2 |
| НГВУ „Бориславнафтогаз” | 49 |
| Разом | 110 |
| Інші замовники | |
| Стрийський завод “Металіст” | 4 |
| ДАТ “Чорноморнафтогаз” | 7 |
| ГУ “Укргазпромгеофізика” | 9 |
| ДП “Кримгеологія” | 1 |
| Богородчанське ВУПЗГ | 1 |
| КНГК “Дельта” | 3 |
| Разом | 25 |
| ВСЬОГО | 521 |

Література

- 1 Придвижкин В.А. Экспертиза промышленной безопасности технических устройств буровых установок: учебное пособие / В.А. Придвижкин, С.Г. Бабин, Ю.Р. Гарин; под ред. А.И. Владимирова, В.Я. Кершенбаума. – М.: Национальный институт нефти и газа, 2005. – 80 с.
- 2 Коллакот Р. Диагностика повреждений: пер. с англ. / Р. Коллакот. – М.: Мир, 1998. – 512 с.
- 3 Инструкция по испытанию буровых вышек в промысловых условиях. ВНИИТнефть, Госгортехнадзор России. – М., 1996. Действует с 18.09.96 г.
- 4 API 4F:2008 Specification for drilling and well servicing structures. - 3rd edition.
- 5 ISO 13626:2003 Petroleum and natural gas industries - Drilling and production equipment - Drilling and well-servicing structures. - 1st edition.
- 6 ГОСТ Р 12.2.141-99 Система стандартов безопасности труда. Оборудование буровое наземное. Требования безопасности.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
21.02.11*

*Рекомендована до друку професором
Я.С. Коцкуlichem*