

УДК 622.276

Рзаєв Хазаїл Нураддін огли

Азербайджанська державна нафтова академія, Баку

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ МОРСЬКИХ НАФТОГАЗОВИДОБУВНИХ СПОРУД

Постійний і повномасштабний моніторинг дозволяє мати оперативну і всебічну інформацію про технічний стан морських інженерних споруд. В роботі розглядається автоматизована система контролю і управління стану конструкцій морських нафтогазовидобувних платформ (СКУ). СКУ дозволяє своєчасно реагувати на негативні зміни і оперативно приймати необхідні заходи, щоб запобігти, істотно знизити ймовірність або зменшити наслідки аварійних подій. В роботі також приділяється увага питанням комплексного контролю основних параметрів нафтогазовидобувних споруд.

Ключові слова: інформаційна технологія, моніторинг, 3Dмодель, нафтогазовидобувна споруда, аварія, напружений стан, конструкції, алгоритм.

Вступ

Морські нафтогазові споруди є небезпечними виробничими об'єктами і характеризуються високою аварійністю. За даними [1] на континентальному шельфі за період з 1990 по 2013 рр. тільки на стаціонарних платформах сталося 63938 нещасних випадків. У США [2] з 2000 по 2013 рр. в результаті аварій на морських нафтогазових спорудах загинуло близько 80 осіб, 1393 – отримали травми різного ступеня тяжкості. Слід мати на увазі, що економічний збиток від втрати однієї нафтової платформи становить від 200 до 1000 млн. дол. США [3], а масштабні розливи нафти здатні призвести до екологічної катастрофи.

Аварії на морських платформах найчастіше відбуваються з причини втрати контролю над свердловиною, а також витоку вуглеводнів з подальшим займанням [1].

Однак зниження несучої здатності конструкцій в результаті накопичення втомних пошкоджень становить не менш серйозну небезпеку. Так, аварія на норвезькій платформі «Олександр Кьелланд», що відбулася в 1980 р. у результаті швидкоплинного прогресуючого обвалення опорної частини платформи, викликаного утворенням втомної тріщини, забрала життя 123 осіб. Причому, платформа перекинулася і затонула менш ніж за 10 хвилин [4]. Ця аварія стала серйозним уроком для нафтової промисловості. Протягом 30 наступних років у США, Норвегії, Великобританії та інших країнах, що активно освоюють континентальний шельф, питанням надійності і довговічності конструкцій морських нафтогазових споруд приділялася велика увага. В даний час, завдяки удосконаленню методів проектування, інспекції та ремонтів, ці конструкції в цілому можуть витримувати значні обсяги втомних пошкоджень без загрози втрати загальної несучої здатності [5].

Однак для того, щоб уникнути катастроф, подібні прогресуючі пошкодження необхідно визначати, а виявивши, вчасно приймати відповідні попереджувально-відновлювальні заходи.

У даній роботі розглядаються задачі комплексного моніторингу у системі морських нафтогазовидобувних споруд.

Аналіз публікацій за темою дослідження. Дослідженням на тему розробки системи моніторингу стану нафтовидобувних споруджень приділялось багато уваги в роботах [10, 11]. У роботі [9] обґрунтовується нормативно-правове забезпечення впровадження новітніх технологій моніторингу та забезпечення безпеки морської діяльності інформаційних центрів, моніторинг та оцінка ризиків. Проблемам аварійних вибухів на морських нафтогазових об'єктах присвячена робота [7]. В роботі [4] особливу увагу привертає аналіз наслідків, що настають у результаті аварійних ситуацій, що виникають на морських нафтовидобувних спорудах. Однак на жаль дослідниками не приділялося великої уваги питанням комплексного контролю основних параметрів таких споруд. В основному розглядаються проблеми вузькоспеціалізованих контролюючих і реєструючих систем.

Це обумовлює тему данного дослідження.

Постановка задачі. Дослідження показують, що при виникненні аварійних ситуацій (пожежа, вибух, зіткнення з судном, екстремальні природні впливи тощо) лавиноподібний процес руйнування технологічного обладнання та/або конструкцій споруди і подальша втрата несучої здатності відбуваються за 15÷20 хвилин [6, 7], а при зменшенні міцнісних властивостей несучих конструкцій споруди катастрофічні наслідки можуть наступити і при менш значних навантаженнях. Якби здійснювався постійний і повномасштабний моніторинг, який дозволяє мати оперативну і всебічну інформацію про

технічний стан морських інженерних споруд, то багатьох аварій вдалося б уникнути. Тому створення комплексної системи моніторингу морських нафтогазовидобувних споруд є першочерговим завданням для компаній-операторів.

Отже, метою даної роботи є розробка технології збору даних системи моніторингу морських нафтогазовидобувних споруд.

Комплексна система контролю морських нафтогазовидобувних споруд

На пострадянському просторі відсутня нормативно-технічна база з розробки систем моніторингу технічного стану морських платформ протягом розрахункового терміну служби, яка повинна забезпечувати необхідний рівень надійності та безпеки. З цієї причини у проектній документації при будівництві морських нафтогазопромислових споруд не розробляються технічні рішення щодо створення систем моніторингу, спрямованих на забезпечення безпеки об'єктів при експлуатації.

Моніторинг технічного стану морських споруд повинен включати проведення інспекцій, а також безперервного автоматизованого дистанційного контролю положення споруди в просторі і напружено-деформованого стану елементів конструкцій, що виконуються з допомогою приладів і датчиків, встановлених стаціонарно на платформах.

Періодичність інспекцій визначається проектом моніторингу технічного стану об'єктів облаштування родовища. Інспекції повинні проводитися спеціалізованими організаціями, акредитованими відповідно з міжнародним стандартом 150/IEC 17020:1198 [8], оснащених сучасним устаткуванням і що мають у своєму складі висококваліфікованих і досвідчених фахівців. Деякі види інспекцій можуть виконуватися силами підрозділів і служб експлуатуючої організації, за умов наявності необхідних ліцензій та свідоцтв на право проведення робіт.

Дистанційний автоматизований моніторинг стану конструкцій морських платформ, виконуваний вимірювальними системами, дозволяє своєчасно реагувати на негативні зміни і оперативно приймати необхідні заходи, щоб запобігти, істотно знизити ймовірність або зменшити наслідки аварійних подій [9]. Автоматизований моніторинг є додатковим по відношенню до інспекцій, так як можливості його методів обмежені. У більшості випадків вони лише сигналізують про факт настання граничного стану, не попереджаючи його. Однак безперервний дистанційний моніторинг найбільш важливих елементів конструкції морської платформи може істотно знизити ймовірність настання критичних станів, таких як руйнування, втрата стійкості форми і положення, зміна конфігурації або перехід в іншу систему.

Відпрацьованих методів автоматизованого дистанційного моніторингу значно менше, ніж методів обстеження за участю операторів. Досить високу надійність і ефективність підтвердили наступні методи дистанційного моніторингу стану інженерних споруд, що застосовуються на об'єктах морського видобутку нафти і газу [9]:

- супутниковий моніторинг – контроль відхилення елементів конструкції від проектного положення (вимірювання зміщень);
- моніторинг напружено-деформованого стану (НДС) – контроль локальних змін напруги критичних зон конструктивних елементів, фіксація утворення тріщин на ранній стадії;
- вібромоніторинг – контроль динамічних характеристик конструктивних елементів (частоти і форми власних або вимушених коливань) в різних контрольних зонах;
- реєстрація акустичних хвиль напруги, що виникають при структурних змінах в матеріалах.

Обґрунтування вибору методів автоматизованого моніторингу для виявлення можливих пошкоджень і контролю стану елементів конструкції об'єкта повинно встановлюватися проектом моніторингу технічного стану об'єкта з урахуванням його конструктивних особливостей. Найбільш ефективним рішенням є використання комплексних систем моніторингу, які об'єднують різні методи контролю конструктивних елементів морської інженерної споруди в рамках єдиної програмно-апаратної платформи [10, 11].

Розробка проекту автоматизованого дистанційного моніторингу морських нафтогазопромислових споруд включає наступні етапи:

- створення тривимірної моделі (3D) споруди, якщо вона не була створена при розробленні проектною і робочою документацією (при цьому, тривимірна модель повинна враховувати зміни, внесені в конструкцію в ході будівництва споруди або подальшої реконструкції);
- скінченно-елементний (СЕ) аналіз конструкції споруди;
- вибір контрольованих параметрів навколишнього середовища і засобів їх вимірювання;
- вибір найбільш оптимальних засобів дистанційного контролю зазначених елементів конструкції;
- розробка системи управління інформацією, одержуваної в процесі дистанційного моніторингу.

Розробці проекту моніторингу будь-якої морської інженерної споруди має передувати побудова тривимірної моделі об'єкта з допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. При цьому перевагу слід віддавати програмним засобам, ядром яких служать не креслення, а дані, що характеризують об'єкт в цілому і всі його складові частини. Побудо-

вана тривимірна модель являє собою цифрову модель об'єкта, що містить його повний структурований опис. Така модель служить основою для створення розрахункової кінцево-елементної моделі споруди.

Розрахункова кінцево-елементна модель повинна враховувати геометричні розміри, форму і властивості матеріалів конструктивних елементів, величини навантаження устаткування і розробляється для вирішення наступних завдань:

- визначення найбільш критичних для безпеки споруди навантажень і впливів навколишнього середовища, а також техногенних впливів;
- виявлення найбільш навантажених несучих елементів конструкції;
- виявлення елементів, перехід яких у граничний стан може викликати порушення нормальної експлуатації всієї споруди;
- визначення виду навантажень, що призводять до виникнення максимальних внутрішніх зусиль в елементах конструкції, виникнення втомних пошкоджень і т.д.;
- моделювання і аналізу поведінки споруди у разі виникнення аварійних ситуацій.

При виконанні кінцево-елементного аналізу з особливою увагою необхідно встановити закономірності між характером, величиною діючого навантаження, з одного боку, і внутрішніми зусиллями (контрольованими станами елементів конструкції), що виникають в елементах конструкції, з іншого.

В ході моніторингу необхідно контролювати відповідність діючих на спорудження навантажень, що виникають, внутрішнім зусиллям. З самого початку потрібно провести налагодження (валідацію) скінченно-елементної моделі.

При цьому можливі наступні випадки:

- діючі навантаження викликають менші, ніж це було визначено розрахунками, внутрішні зусилля в елементах конструкції. Це означає, що СЕ-аналіз дав консервативний результат і необхідне налагодження скінченно-елементної моделі. Те ж в протилежному випадку;
- діючі навантаження викликають відповідні розрахунковим внутрішні зусилля в елементах конструкції. Налагодження скінченно-елементної моделі не вимагається, існуюча розрахункова модель коректно (з прийнятною точністю) описує поведінку реального об'єкта і може використовуватися в якості «еталонної».

Попередній алгоритм реалізації моніторингу представлений на рис. 1.

В подальшому при здійсненні моніторингу необхідно контролювати фактичну пару величин «зовнішнє навантаження – внутрішнє зусилля» на відповідність встановленій в ході кінцево-елементного аналізу. Виникаючі відхилення будуть сигналом про необхідність перевірки стану елементів конструкції.

За результатами розрахунків критичних областей об'єкта розробляється проект системи моніторингу, яким підтверджується доцільність вибору типу датчиків автоматичного дистанційного контролю і точок їх розміщення на морській платформі з метою забезпечення достатньої і надійного визначення досліджуваних параметрів, а також визначається точність вимірювання контрольованих параметрів.

Система збору інформації про стан платформи складається з датчиків, розташованих як у внутрішніх приміщеннях, так і зовні, стійких до впливів зовнішнього середовища, що забезпечують достатнє і надійне визначення вимірюваних параметрів. Технічна структура системи збору інформації будується на основі уніфікованих приладів з відповідним для забезпечення високої надійності ступенем резервування. Збір даних датчиками системи моніторингу проводиться в повністю автоматизованому режимі. Вимірювальна мережа являє собою структуру, що складається з будь-якої кількості датчиків, обмін інформацією з якими відбувається по кабельним лініям. При цьому електроживлення датчиків забезпечується, як правило, за допомогою того ж кабелю, по якому з датчика у відділ моніторингу надходять дані вимірювань. Дані з датчиків зчитуються відповідно до попередньо сконфігурованим тимчасовим графікам вимірювань і передаються в відділ моніторингу експлуатуючої організації.

Незалежно від місця розміщення обладнання потоки даних об'єднуються в наступні функціональні контури засобів моніторингу [9]:

- параметрів навколишнього середовища;
- напружено-деформованого стану несучих конструктивних елементів;
- параметрів вібрацій і динамічних впливів;
- просторового положення і геометрії споруди.

Система збору інформації забезпечує безперервний моніторинг стану елементів конструкції і передачу даних, що надходять з датчиків, в відділ моніторингу.

З допомогою цифрової тривимірної моделі об'єкта за результатами натурних спостережень вирішуються наступні завдання [9]:

- безперервний контроль ПДВ найбільш відповідальних і навантажених конструкцій і вузлів споруди під час експлуатації;
- забезпечення персоналу споруди оперативною інформацією про можливі небезпеки, обумовлених зовнішніми впливами, про стан корпусних конструкцій – для прийняття своєчасних заходів щодо запобігання або зниження можливих наслідків цих впливів;
- створення електронного архіву про зовнішні впливи і стан конструкцій;

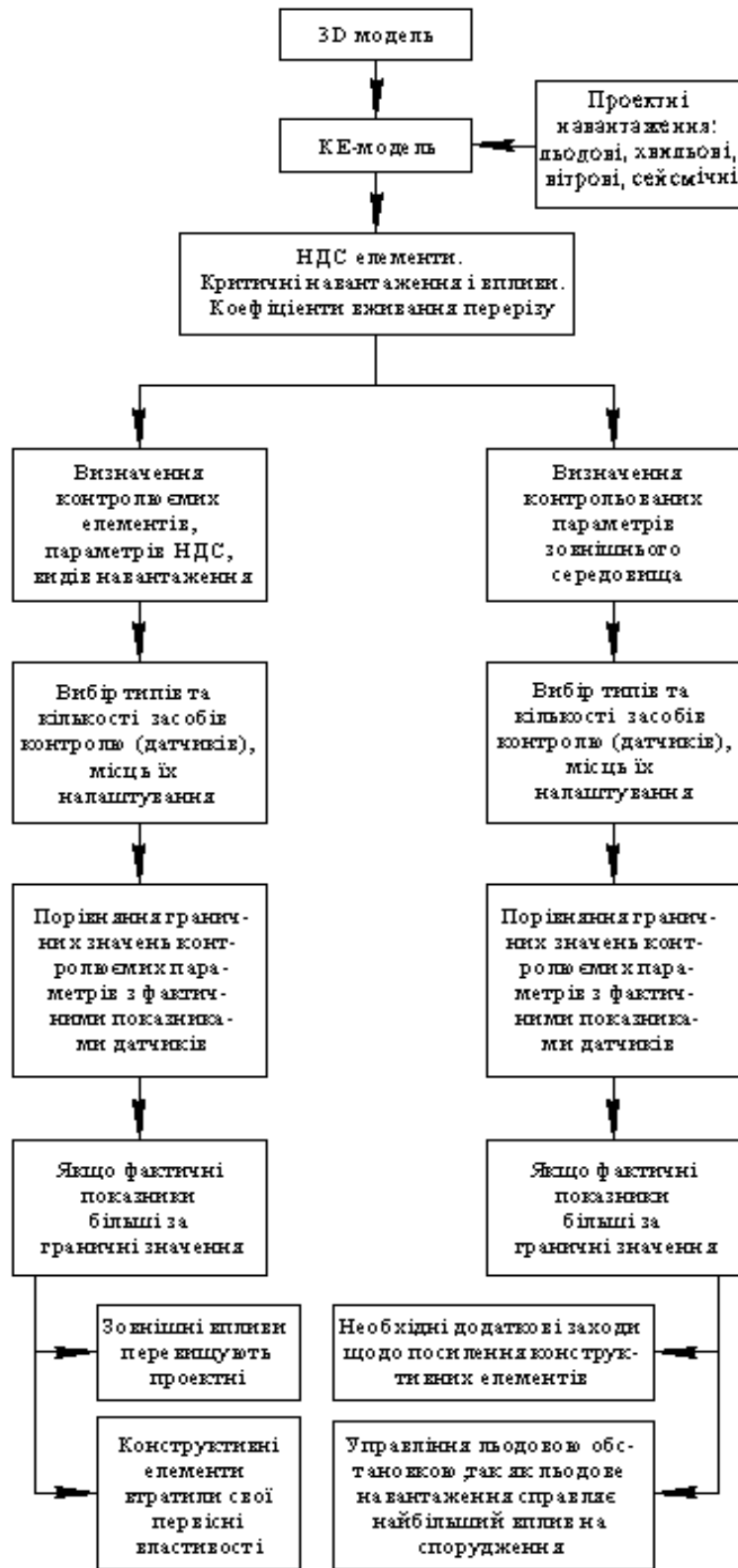


Рис. 1. Попередній алгоритм реалізації моніторингу

- збір, аналіз, зберігання і управління показаннями датчиків в єдиній базі даних;
- формування і висновок звітної документації;
- інтеграція з іншими автоматизованими системами, при необхідності.

Небезпечні ситуації, які можуть виникнути у зв'язку із зміною стану спостережуваного об'єкта, повинні бути своєчасно розпізнані й запобігти.

Оцінка технічного стану несучих елементів конструкції морської нафтогазопромислової спорудження

ди проводиться шляхом всебічного аналізу даних, отриманих по всіх контурах засобів моніторингу.

Обробка і аналіз даних виконуються із застосуванням надійних сучасних алгоритмів зі статистичним контролем якості. Спочатку відбувається попередня обробка даних з метою оцінки ступеня достовірності результатів при заданій кількості вимірювань і своєчасного визначення похибок, що спотворюють результати вимірювань.

Дані, отримані при моніторингу від датчиків, в автоматизованому режимі порівнюються з допустимими відхиленнями на предмет своєчасного розпізнавання змін стану контрольованого об'єкта і негайного інформування про це користувача за допомогою звітів, що генеруються автоматично.

У системі автоматизованого моніторингу складання звітів про стан контрольованого об'єкта виконується в автоматичному режимі, у відповідності з планом складання звітів.

В процесі експлуатації розробником системи здійснюється підтримка програмного забезпечення, що дозволяє користувачеві проводити дослідження зміни параметрів об'єкта при різних навантаженнях.

Висновки

Таким чином, автоматизований дистанційний моніторинг морських нафтогазопромислових споруд забезпечує безперервне відстеження технічного стану об'єкта в режимі реального часу, підвищує виробничу та екологічну безпеку, знижує поточні витрати на інспектування та ремонт.

Створення великої і складної автоматизованої системи моніторингу морської платформи вимагає об'єднання зусиль багатьох фахівців, що володіють необхідним досвідом і організацій, що мають ліцензії і сертифіковане виробництво за напрямом робіт.

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Рзаев Хазаил Нураддин оглы

Постоянный и полномасштабный мониторинг позволяет получать оперативную и всестороннюю информацию о техническом состоянии морских инженерных сооружений. В работе рассматривается автоматизированная система контроля и управления состоянием конструкций морских нефтегазодобывающих платформ (СКУ). СКУ позволяет своевременно реагировать на негативные изменения и оперативно принимать необходимые меры, чтобы предотвратить, существенно снизить вероятность или уменьшить последствия аварийных событий. В работе также уделяется внимание вопросам комплексного контроля основных параметров нефтегазодобывающих сооружений.

Ключевые слова: информационная технология, мониторинг, 3Dмодель, нефтегазодобывающая сооружение, авария, напряженное состояние, конструкции, алгоритм.

INTEGRATED CONTROL SYSTEM OFFSHORE OIL AND GAS STRUCTURES

Rzaev Hazail Nuraddin ogli

Permanent and full-scale monitoring allows you to have a quick and comprehensive information about the technical condition of marine engineering structures. The paper describes an automated system of control of state structures offshore oil platforms (ASC). ASC allows to respond to negative changes and to promptly take the necessary measures to prevent, significantly reduce the likelihood or mitigate the effects of emergency events. The paper also pays attention to the complex control of the main parameters of the production facilities.

Keywords: information technology, monitoring, 3Dmodel, oil and gas construction, accident, stress state, design, algorithm.

Список літератури

1. *The United Kingdom Offshore Oil and Gas Industry Association (Oil and Gas UK) / Accident Statistics for Offshore Units on the UKCS 1990÷2013. – April 2014.*
2. *US Bureau of Safety and Environmental Enforcement. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.bsee.gov.*
3. *MARSH Energy Practice. The 100 Largest Losses 1975÷2013 Large Property Damage Losses in the Hydrocarbon Industries.*
4. *Матеріали семінару «Уроки катастрофи платформи «Олександр Кьелланд». [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.ptil.no.*
5. *Condition Assessment of Aged Ships and Offshore Structures. 17th International Ship and Offshore Structures Congress. 16÷21 August 2009, Seoul, Korea.*
6. *Аналіз катастроф на морських нафтовидобувних платформах. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.ano_rtg.ru/analisis.htm.*
7. *Самусева Е.А. Проблемы аварийных взрывов на морских нефтегазовых объектах / Е.А. Самусева // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – № 8.*
8. *ISO/IEC 17020:1998 General criteria for the operation of various types of bodies performing inspection.*
9. *Кирилин М.А. Нормативно-правовое обеспечение внедрения новейших технологий мониторинга и обеспечение безопасности морской деятельности информационных центров, мониторинг и оценка рисков / М.А. Кирилин // Транспортная безопасность и технологии. – 2008. – № 3.*
10. *Горбунов О.Н. Автоматизированный мониторинг технического состояния морских нефтегазовых сооружений / О.Н. Горбунов, С.А. Машкова-Хоркина // Маркшейдерский вестник. – 2012. – № 2. – С. 25-28.*
11. *Горбунов О.Н. Автоматизированный мониторинг технического состояния морских буровых платформ / О.Н. Горбунов, С.А. Машкова-Хоркина // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – № 5.*

Надійшла до редколегії 4.02.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.Ш. Курбанов, Азербайджанська державна нафтова академія, Баку.