

Секція 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ТА СИСТЕМ

УДК 629.12.03

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ПЛАВУЧИХ ОБ'ЄКТІВ ОФШОРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Чередніченко О. К.¹, д.т.н., доц., Горбов В. М.² к.т.н., проф.,

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

¹oleksandr.cherednichenko@nuos.edu.ua, ²viktor.gorbov@nuos.edu.ua

Анотація. Розглянуто сучасний стан шельфового нафтогазовидобування, тенденції розвитку енергетичних установок офшорного флоту, вимоги, що пред'являються до суднових енергетичних установок з забезпечення потрібної експлуатаційної працездатності. Доведено, що найбільш ефективна реалізація структурного резервування. Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні енергетичних установок перспективних суден та плавучих об'єктів нафтогазовидобутку.

Ключові слова: суднова енергетична установка; експлуатаційна працездатність; офшорний флот; резервування.

Вступ. Нещодавно відкриті морські родовища нафти та газу приблизно в 10 разів перевищують нововідкриті наземні родовища. В даний час видобуток нафти та газу на шельфі морів та океанів є одним з основних джерел сировинної бази світової енергетики і має суттєвий вплив на економіку як окремих країн, так і цілих регіонів. Видобуток на мілководді освоєний вже давно і становить більш ніж 30 % обсягу світового видобутку нафти і 25 % видобутку газу. У глибоководних районах Світового океану є значні родовища нафти та газу, але їх освоєння вимагає великих фінансових інвестицій і впровадження нових технологій.

Незважаючи на високі капітальні та поточні витрати, частка глибоководного видобутку зростає. Про це говорить той факт, що аналітичні огляди та прогнози для регіональних ринків вуглеводневих енергоносіїв побудовані на оцінці ключових факторів наземного та офшорного видобутку нафти та газу, з урахуванням аналізу ситуації з прибережним та глибоководним видобутком (рис. 1) [1].

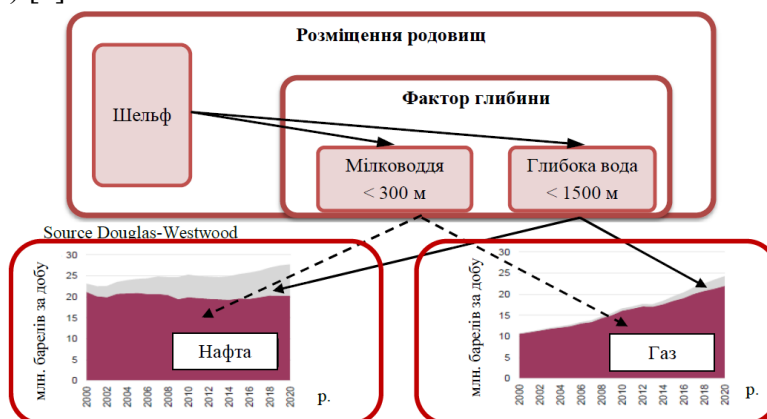


Рис. 1 – Частки видобутку нафти та газу з родовищ континентального шельфу

Офшорний флот, який забезпечує видобуток на шельфових родовищах містить такі основні групи суден і плавучих об'єктів [1]: обслуговуючі офшорні судна (Offshore Service Vessels – OSV), мобільні офшорні бурові об'єкти (Mobile Offshore Drilling Units – MODU), плавучі виробничі об'єкти та об'єкти зберігання і перевантаження (Floating Production Units and Storage Units). До останньої групи відносяться FPSO – Floating Production Storage and Offloading system – плавуча система для обробки, накопичення і відвантаження нафти; FSO – Floating Storage Offloading unit – плавуча система для зберігання та відвантаження нафти; FSRU – Floating Storage And Regasification Unit – плавуча установка для зберігання та регазифікації; FLNG – Floating Liquefied Natural Gas facility – плавуча установка для зрідження газу.

Глибоководні платформи і бурові судна можуть працювати у віддалених від наземної інфраструктури районах на глибинах понад 3,5 км. Видобуток на великих глибинах обходиться дорого та приводить до зростання числа суден FPSO, FLNG і FSRU. Вартість новозбудованих бурових суден може досягати 900 млн. USD, а напівзанурювальних платформ – 600 млн. USD.

Одними з основних факторів, що забезпечують ефективну роботу першої ланки логістичного ланцюжка «видобуток – накопичення та обробка – транспортування – поставка офшорних нафти і газу» є показники енергоефективності та надійності енергетичних установок плавучих споруд нафтогазовидобування MODU, FPSO, FLNG, FSRU [7].

Виробничі системи на таких суднах визначають стабільність і ефективність процесів видобутку, обробки і відвантаження та вимагають безперервного постачання великих обсягів енергії. Ці процеси є головними для функціонування вказаних плавучих споруд що потребує забезпечення потрібної експлуатаційної працездатності.

Таким чином, **ціль роботи** – аналіз шляхів забезпечення працездатності енергетичних установок плавучих об'єктів офшорної інфраструктури є актуальною для суднобудування.

Основна частина. Офшорні судна та плавучі об'єкти морської інфраструктури, як будь-який технічний об'єкт, повинні мати необхідні показники експлуатаційної працездатності. На відміну від функціональної працездатності, яка полягає у принциповій здатності об'єкта виконувати покладені на нього функції, експлуатаційна працездатність характеризує здатність об'єкта зберігати на достатньому рівні функціональну працездатність протягом усього терміну експлуатації.

Для MODU, FPSO, FLNG, FSRU, які використовуються в глибоководних і віддалених районах видобутку, вимоги до енергетичного обладнання найбільш жорсткі, так як пов'язані з забезпеченням експлуатаційної працездатності у важких умовах моря.

Одними з основних характеристик експлуатаційної працездатності є надійність¹ і живучість² [2]. Ефективним засобом забезпечення надійності та живучості елементів енергетичного обладнання є резервування, тобто використання додаткових засобів і можливостей, які є надлишковими по відношенню до мінімально необхідних для виконання необхідних функцій. Існують різноманітні прийоми резервування (табл. 1).

У судновій енергетиці найчастіше застосовується структурне резервування, активно використовується і навантажувальне резервування. У той же час найбільш ефективним з точки зору забезпечення економічної ефективності є функціональне резервування, але його реалізація має певні проблеми [3].

¹ Властивість зберігати працездатність при впливі внутрішніх джерел (відмови технічних засобів об'єкта, помилки в програмах функціонування і експлуатації, порушення координації процесів, що протікають в об'єкті, помилки керуючого і обслуговуючого персоналу).

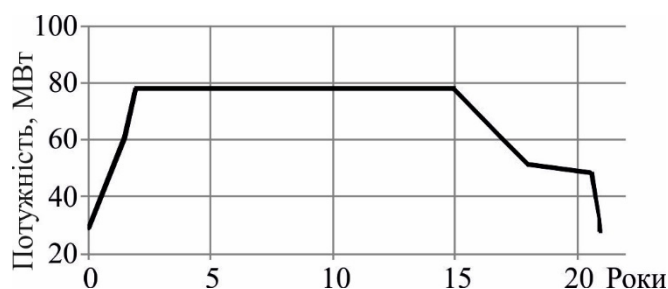
² Властивість протистояти втраті працездатності від впливу зовнішніх джерел (випадкові і / або навмисні дії, здатні порушити його працездатність).

Таблиця 1. Основні прийоми резервування [4]

Вид резервування	Принципи реалізації
Структурне	Засноване на введенні надлишкових елементів в склад об'єкту, що має паралельну схему
Навантажувальне	Припускає використання надлишкових виробничих можливостей об'єктів щодо виконання функцій в умовах перевантажень при відмові інших об'єктів
Функціональне	Засноване на можливості використання окремих об'єктів для виконання додаткових функцій в умовах відмови інших об'єктів

Одним з ефективних засобів забезпечення надійного енергопостачання є реалізація структурного резервування шляхом створення надмірної потужності установки, тобто забезпечення можливості підключення резервної потужності в разі відмови основного обладнання [5,6]. Згідно з цією практикою, яка відповідає вимогам класифікаційних товариств, головні ГТГ встановлюються в конфігурації $n + 1$, при цьому додатковий блок забезпечує резерв потужності в разі зупинки одного з працюючих агрегатів. Кількість ГТД зазвичай становить 3 або більше, в залежності від вимог та необхідної потужності. Застосування одного агрегату для живлення основних виробничих споживачів вважається небажаним з точки зору забезпечення експлуатаційної працездатності та практично не застосовується. Використання декількох турбін відносно невеликої потужності надає гнучкість завантаження енергетичного обладнання, якщо є необхідність часткої зміни режиму роботи. Але це потребує більшої кількості запусків та зупинок, що негативно позначається на ресурсі агрегатів.

Слід врахувати, що протягом роботи FPSO та інших плавучих об'єктів нафтогазовидобутку на родовищі, потужність, яка необхідна для здійснення технологічних процесів, може змінюватися в досить широких межах (рис. 2). Це призводить до необхідності забезпечення резерву потужності.

**Рисунок 2** – Прогнозована потужність енергетичної установки FPSO типу Pioneiro de Libra за роки експлуатації [7]

Аналіз аспектів експлуатації 192 ГТД, які працюють в офшорній інфраструктурі [8] показав, що середнє завантаження газотурбінного агрегату в процесі експлуатації становить близько 50 %. Встановлено, що 97 % ГТД працюють в складі енергомодулю з більш ніж одним агрегатом та з розподілом навантаження.

В результаті досліджень виявлена перспективність застосування комбінованих дизель-газотурбінних енергетичних модулів у тому числі з термохімічною обробкою палива шляхом утилізації вторинних енергоресурсів теплових двигунів.

Висновки.

1. Підтверджено, що структурне резервування є основним та найбільш ефективним засобом забезпечення надійності та живучості елементів енергетичного обладнання установок плавучих споруд нафтогазовидобування MODU, FPSO, FLNG, FSRU.
2. Встановлено, що реалізація структурного резервування шляхом створення надмірної потужності установки відповідає вимогам, щодо забезпечення резерву у зв'язку зі зміною в три та більш разів потужності, яка необхідна для здійснення технологічних процесів за роки експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Organisation for Economic Cooperation and Development: OFFSHORE VESSEL, MOBILE OFFSHORE DRILLING UNIT & FLOATING PRODUCTION UNIT MARKET REVIEW. – 2014. – Retrieved from : [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=c/wp6\(2014\)13/final&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=c/wp6(2014)13/final&doclanguage=en).
- [2] Рябинин, И. Теоретические основы проектирования электроэнергетических систем кораблей / И. Рябинин // ЛитРес. – 2017. – Режим доступа : <https://books.google.com.ua/books?id=iVpCDwAAQBAJ>.
- [3] Горбов, В. М. Анализ структурных схем энергетических установок круизных лайнеров / В. М. Горбов, А. К. Чередниченко // Вестн. СевНТУ. Севастополь : СевНТУ, 2009. – Вып. 97. – С. 38–42.
- [4] Горбов, В. М. Обеспечение надежности и живучести СЭУ на газотурбоэлектроходах / В. М. Горбов, А. К. Чередниченко // Вісн. СевНТУ. Вип. 87. Механіка, енергетика, екологія. – Севастополь : СевНТУ, 2008. – С. 51–55.
- [5] Tarelko, W. Application of redundancy in ship power plants of offshore vessels / W. Tarelko // New Trends in Production Engineering. – 2018. – Vol. 1, Iss. 1. – P. 443–452.
- [6] Tarelko, W. Redundancy as a way increasing reliability of ship power plants / W. Tarelko // New Trends in Production Engineering. – 2018. – Vol. 1, Iss. 1. – P. 515–522.
- [7] OCYAN: FPSO Pioneiro de Libra. – 2017. – Retrieved from : <http://www.ocyansa.com/en/fleet/fps-pioneiro-de-libra>
- [8] THE UK OIL AND GAS INDUSTRY ASSOCIATION LIMITED // Offshore Gas Turbines and Dry Low NOx Burners. An analysis of the Performance Improvement. – 2015. – Retrieved from: <https://oilandgasuk.co.uk/wp-content/uploads/2015/05/produccys-cayrgory.pdf>.

Analysis of ways to ensure the operation capacity of power plants of floating objects of offshore infrastructure

Cherednichenko O. C., Gorbov V.M.

Abstract. The issues to ensure the operation capacity of power plants of floating objects of offshore infrastructure are discussed. The current state of offshore oil and gas production, trends in the development of offshore fleet power plants, requirements for ship power plants to ensure the required operational performance are considered. It is proved that the implementation of structural redundancy is the most effective..

Keywords: ship power plant; operation capacity; offshore fleet; structural redundancy