

10.31653/smf343.2021.118-125

Афтанюк В.В., Гаврілкін О.С., Афтанюк А.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАВИХРУВАЧА ДЛЯ СКРУБЕРА З ВИХРОВОЮ ТАРІЛКОЮ

Постановка проблеми і її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Розробка сучасних засобів захисту навколишнього середовища від викидів суднових енергетичних установок (СЕУ) є актуальним завданням, для вирішення якої проводять значний обсяг досліджень провідні виробники обладнання морської галузі (МАН. Вярстіля та ін.). Одним з ефективних технічних рішень для очищення газів СЕУ є установка скрубера [1, 2]. Важливою властивістю, що необхідна для надійної роботи суднових скрубєрів є міцність конструкцій апарату які взаємодіють з рідинами і газами.

Аналіз досліджень і публікацій. В роботі [3] запропонована конструкція скрубєра з вихровою тарілкою, який може бути використаний для очищення газів, що відходять від суднового теплоенергетичного обладнання (рис. 1). Конструкція скрубєру з вихровою тарілкою, дозволяє інтенсифікувати процес очищення газів за рахунок створення вихрових течій на тарілці апарату.

Авторами в роботі [3] у процесі дослідження скрубєра основна увага приділялася забезпеченню раціонального гідродинамічного режиму роботи апарату, для дослідження гідродинаміки течії та фільтрації в скрубєрі використаний програмний комплекс [4].

Робота вихрового елемента полягає в наступному: забруднений газ надходить знизу апарату, потрапляє в завихрувач, де закручується і тече вздовж стійки відбійника (рис. 2). Зверху на тарілку надходить зрошувальна рідина (рис. 1). За рахунок взаємодії потоку забрудненого повітря і зрошувальної рідини на поверхні тарілки утворюється пінний фільтруючий прошарок, через який проходить газ і очищається від шкідливих речовин.

В процесі експлуатації апарату важливим питанням є забезпечення надійності конструкції вихровою тарілки, яка складається з встановлених в ній вихрових елементів спеціальної конструкції (рис. 2).

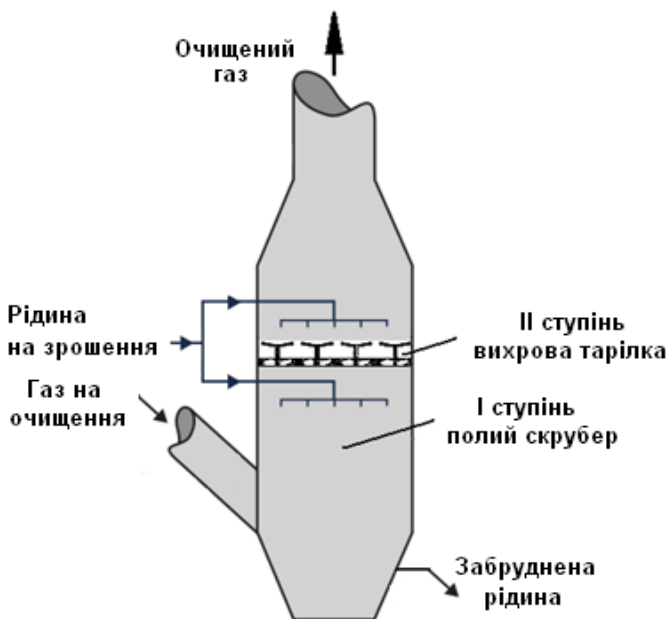


Рисунок 1 – Принципова схема комбінованого скрубера з вихровою тарілкою [3]

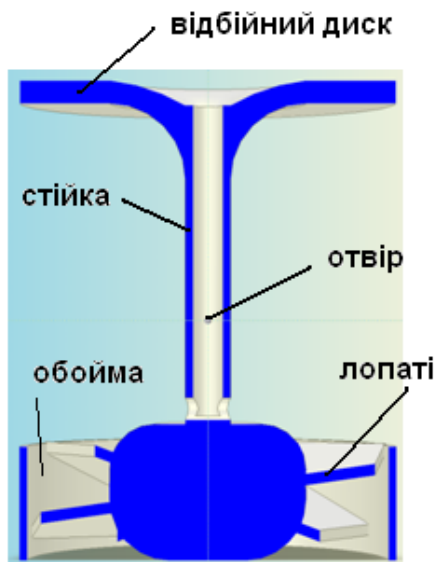


Рисунок 2 – Переріз твердотільної моделі вихрового елемента [3]

Тому для всебічного дослідження конструкції апарату раціонально мати характеристики впливу гідродинамічної навантаження на міцність лопатей, стійки і відбійний диск завихрувача. Такі дослідження можна виконати, використовуючи комп'ютерне моделювання, яке ґрунтується на методі кінцевих елементів (МКЕ) за допомогою програмного забезпечення [5].

Метою даного дослідження є створення за допомогою комп'ютерної програми [4] моделі напружено-деформованого стану (НДС) лопатей, стійки і відбійного диска завихрувача, та аналіз епюр розподілу зусиль та зміщень під дією гідродинамічного навантаження потоку газу, що подається на очистку.

Алгоритм моделювання НДС завихривача включає наступні етапи:

1. Впровадження твердо-тільної моделі завихрувача в програмний модуль дослідження НДС.
2. Завдання матеріалу завихрувача.
3. Визначення обмежень.
4. Завдання навантажень, прикладених до поверхонь.
5. Аналіз розподілу зусиль та зміщень в моделі.
6. Візуалізація результатів моделювання.

Проведені розрахунки засновані на лінійному статичному аналізі, в припущенні, що матеріал є анізотропним з наступними припущеннями:

- лінійне поведінку матеріалу відповідно до закону Гука;
- індуковані зміщення є досить невеликими, щоб не враховувати зміни в жорсткості в результаті навантаження;
- динамічні ефекти не враховуються, тому що навантаження прикладаються повільно.

В розрахунках для завихрувача прийнято матеріал - лита нержавіюча сталь (з бібліотеки програми [4])

Для проведення подальших розрахунків були обрані поверхні знаходяться в «відносно нерухомому» стані по відношенню до навантажень що впливають на лопаті, це верх відбійного диску та край лопатей який закріплений до обійми (рис. 3, *a*). Потім визначені межі лопатей на які впливають сили гідродинамічного тиску (рис. 3, *б*).

В результаті проведення розрахунків моделі отримана візуальна інформація по: розподілу зусиль в моделі (рис. 4); розподілу зсувів в моделі (рис. 5);

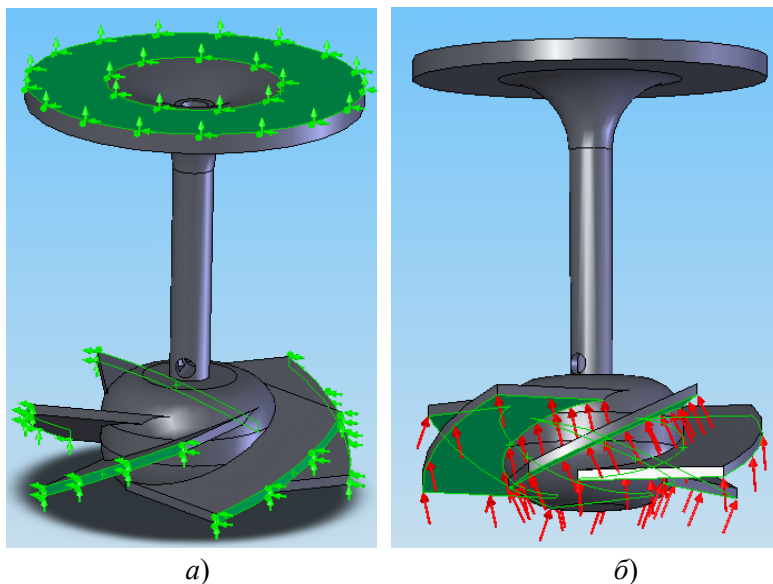


Рисунок 3 – Модель завихрувача з накладенням обмежень (а) і навантаження (б)

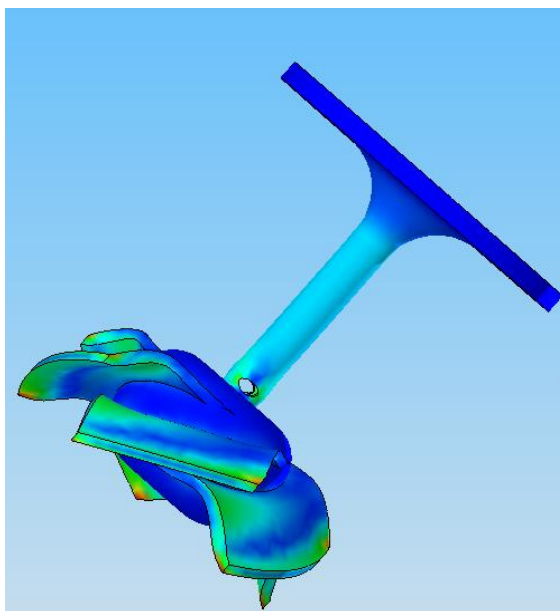


Рисунок 4 - Епюра розподілу зусиль в завихрювачі

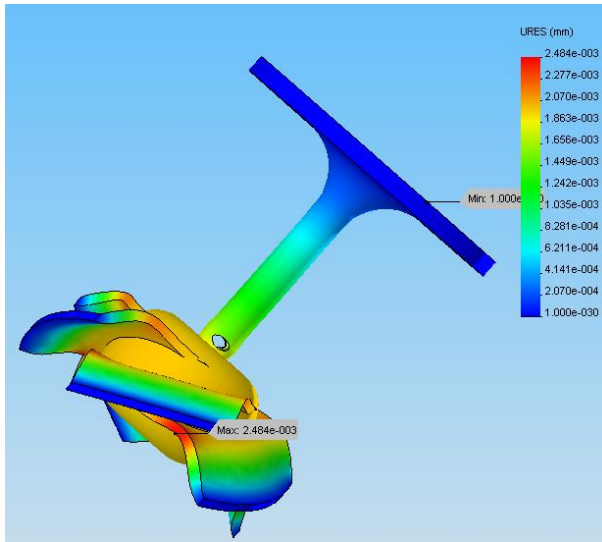


Рисунок 5 – Епюра зсувів в завихрювачі

Аналіз НДС моделі показує, що згинальні зусилля впливають найсильніше на цент лопатей (рис. 4, 5). Крім того зміщення передаються на сердечник завихрювача і стійку відбійного диска. Найбільші деформації спостерігаються в стійці відбійного диска в області отвору забезпечує циркуляцію рідини.

Ці дії (в процесі тривалої експлуатації) можуть привести до відриву лопатей від обойми, що змінить подальші умови роботи скрубера.

Для дослідження НДС завихрювача в умовах «відриву лопатей» від обойми, був проведений додатковий чисельний експеримент (за умови тільки однієї закріпленої лопаті, тобто решта 4 лопаті завихрювача - «відірвані»). В цьому випадку поверхні знаходяться в «відносно нерухомому» стані по відношенню до впливає навантажень змінюватися (рис. 6, а), а межі лопатей на які впливають сили гідродинамічного тиску залишаються такими як і в попередньому дослідженні (рис. 6, б).

Аналіз НДС моделі показує, що в разі «відриву лопатей» від обойми зусилля впливають найсильніше на край лопатей (рис. 7, 8) і стійку. Крім того динамічна візуалізація показує виникнення обертового (скручує) зусилля на стійку відбійного диска. В цих умовах ефективна робота скрубера неможлива.

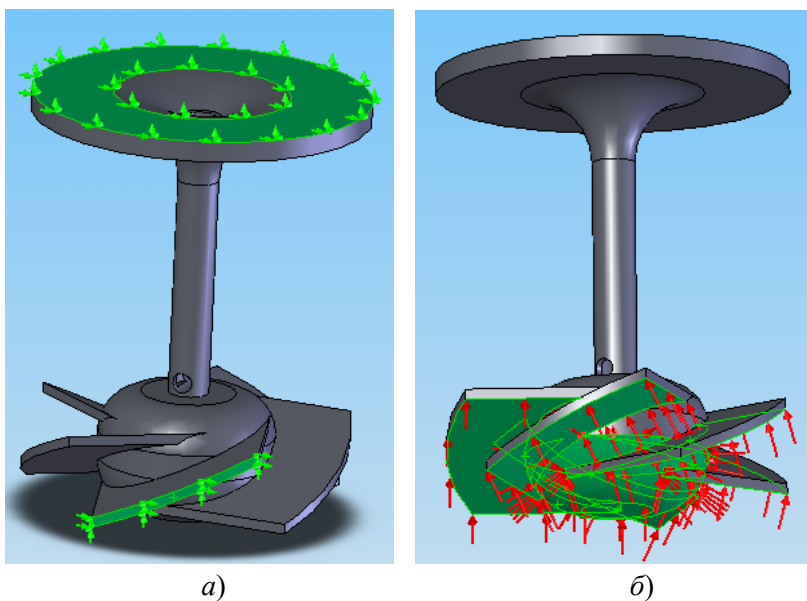


Рисунок 6 – Модель «з відривом 4 лопатей» завихрювача з накладенням обмежень (а) і навантажень (б)

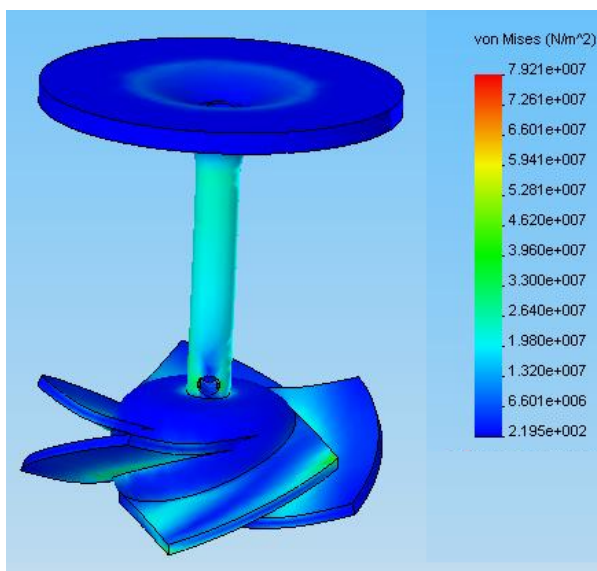


Рисунок 7 – Епора розподілу зусиль в завихрювачі при відриві 4 лопатей

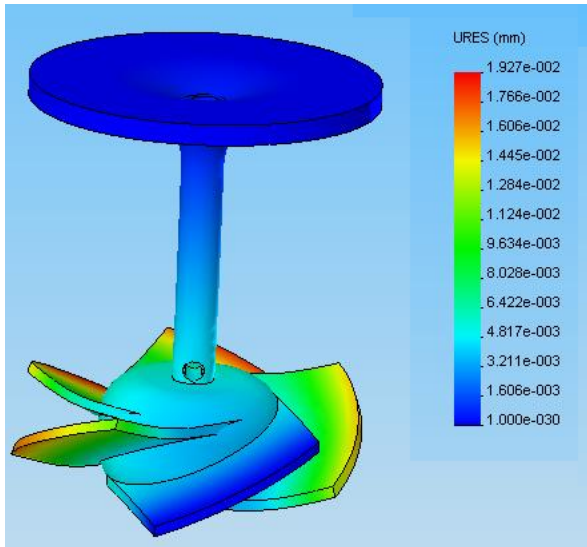


Рисунок 8 – Епюра зсувів в завихрювачі при відриві 4 лопатей

Висновки

1. Проведено моделювання НДС при впливі гідродинамічної навантаження на завихрювач скрубера з вихровий тарілкою, для двох варіантів роботи апарату:

- в першому випадку - моделювалася вплив гідродинамічної навантаження на завихрювач за умови нормальної роботи;
- у другому випадку моделювався вплив гідродинамічної навантаження на завихритель за умови відриву чотирьох лопатей.

2. Комп'ютерне моделювання НДС завихрювача, дало можливість достатньо повно оцінити ймовірні деформації і місця руйнування його конструктивних елементів.

3. Аналіз епюр дозволив визначити зони (на поверхнях лопатей та стійки) в яких спостерігаються максимальні зусилля і зміщення.

4. Результати проведеного дослідження НДС завихрювача скрубера з вихровою тарілкою, під дією гідродинамічних навантажень, що виникають в процесі експлуатації можуть бути використані для порівняльної оцінки надійності лопаток завихрювачів різної конструкції при проведенні науково-дослідних, дисертаційних робіт магістрантів, аспірантів, наукових працівників, а також при підготовці до сертифікаційних випробувань скрубєрів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Руководство по средствам защиты окружающей среды компании Wärtsilä. Режим доступа: www.wartsila.com.
2. Emission Project Guide MAN B&W Two-stroke Marine Engines. 8 th Edition, 2017. , branch of MAN Diesel & Turbo SE. - 108 p.
3. фтанюк В.В., Спінов В.М., Даниленко Д.В. Інтенсифікація скрубберної технології очищення викидних газів суднових енергоустановок. – Одеса: Типографія НУ «ОМА», 2019. – 136 с.
4. Discover the power of SOLIDWORKS with a free trial. Available from: <https://plm-group.ru/solidworks-trial>
5. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.