

УДК 666.940.41

Л.В. Дзюбик, канд. техн. наук; Я.А. Зінько, канд. техн. наук, доц.
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

ГРАНИЧНІ ВИПАДКИ ПОДАТЛИВОСТІ ОПОР ТА ЖОРСТКОСТІ КОРПУСУ ОБЕРТОВИХ АГРЕГАТІВ

L. Dzyubyk, Ph.D.; Y. Zinko, Ph.D., Assoc. Prof.
EXTREME CASE OF COMPLIANCE AND STIFFNESS TOWER CASE ROTATING
UNIT

Спорудження нових та реконструкція існуючих великогабаритних обертових агрегатів зумовлює необхідність у застосуванні сучасних методів діагностування їх технічного стану. Корпус такої конструкції є одним із найбільш металомістких та габаритних елементів, який характеризується складністю виготовлення, тривалим монтуванням в місці експлуатації та високою вартістю [1]. Тому застосування розрахункових методик, що максимально відображають особливості конструктивного виконання є важливим та актуальним.

Зокрема, використання вварних бандажних елементів дає змогу підвищити їх надійність та працездатність. Також це збільшує загальну жорсткість корпусу, позитивно впливає на зростання терміну служби захисного футерування [2 – 4]. Однак, у випадку викривлення осі обертання корпусу, відбувається суттєвий перерозподіл та збільшення діючих на нього навантажень. Використання бандажів вільної посадки створює більш сприятливі умови щодо забезпечення прямолінійності геометричної осі конструкції [5, 6]. При цьому слід враховувати ймовірну податливість та взаємодію окремих елементів, що сумарно може впливати на перерозподіл діючих зусиль.

В роботі вивчалася питання впливу граничних значень жорсткості корпусу (D_m) та податливості опор (K_i) на міцнісні характеристики конструкції загалом. Зокрема приймалося, що при розрахунку на міцність великогабаритних обертових агрегатів неперервної дії можуть існувати чотири розрахункові схеми взаємодії елементів в системі «корпус-опори». Якщо взяти за основу розрахункову схему нерозрізної багатоопорної балки [7], то слід відмітити наступне:

- I. жорстка балка – жорсткі опори ($D_m = \infty$; $\kappa_i = 0$);
- II. жорстка балка – пружні опори ($D_m = \infty$; $0 \leq \kappa_i \leq \infty$);
- III. пружна балка – жорсткі опори ($0 \leq D_m \leq \infty$; $\kappa_i = 0$);
- IV. пружна балка – пружні опори ($0 \leq D_m \leq \infty$; $0 \leq \kappa_i \leq \infty$).

Аналіз представлених розрахункових схем показує, що в даному випадку відображено усі теоретично можливі схеми взаємодії в системі «корпус-опори». Важливо враховувати особливості конструктивного виконання обертових агрегатів та застосовуваних матеріалів. Зокрема, на практиці, випадок із жорсткою балкою не застосовується. Обумовлено це конструктивними розмірами корпусу, достатньо значними відстанями між окремими опорами та міцністю використовуваних матеріалів.

Більш широке використання отримав випадок III. Він характеризується достатньо простою реалізацією та застосовується для дослідження міцності обертових агрегатів [5]. Однак, тут не враховується податливість опор, яка може вносити значні корективи в розрахункові дані [8]. Зумовлено це значною масою конструкції та, як наслідок, навантаженнями на елементи опорних вузлів і їхньою податливістю.

В даний час розроблено математичні підходи, що реалізують останній тип

взаємодії (випадок **IV**), які дають змогу врахувати вище зазначені особливості конструкції [7]. Однак вони характеризуються складністю виконання та потребують спеціального програмного і комп'ютерного забезпечення. Тому в роботі на основі відомого математичного апарату для випадку **IV** (взаємодії елементів в системі «пружна балка – пружні опори») виконано спрощення математичних викладок із врахуванням визначених граничних умов; отримано відповідні системи рівнянь для їх представлення.

Проведено чисельний аналіз та вивчено вплив показників жорсткості корпусу на прогин та величину і розподіл моментів для багатоопорного обертового агрегату. Встановлено, що суттєвої різниці між прогинами при значній жорсткості корпусу (особливо для випадку її збільшення на два порядки та вище), не спостерігається. Встановлено, що зростання жорсткості корпусу агрегату забезпечує випрямлення його геометричної осі. Однак, внаслідок нерівномірності прикладених навантажень, деякого зміщення центру мас конструкції відносно серединного перерізу, відбувається зміна величини та характеру розподілу моментів як на опорах, так і в прогонах агрегату. Важливо, що збільшення жорсткості корпусу багатоопорного обертового агрегату зменшує вплив податливості опор на сумарні переміщення в перерізі опорних вузлів [9].

На основі проведених досліджень в роботі отримано співвідношення для вище наведених розрахункових схем. Вони дають змогу обчислити величину опорних реакцій, а також розподіл згинних моментів в корпусі обертового агрегату.

Література:

1. Механическое оборудование цементных заводов: / Ф.Г. Банит, О.А. Несвижский. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Машиностроение, 1975. – 318 с.
2. Процеси та апарати хімічної технології: [навч. посібник] Ч. 3: Теплові процеси, нагрівання, охолодження конструкції теплообмінників, випарювання / Я. М. Ханик, Є.М. Семенишин, О.В. Станіславчук, Д.П. Кіндзера. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 340 с.
3. Химико-технологические агрегаты механической обработки дисперсных материалов / [Вареных Н. М., Веригин А. Н., Джангириян В. Г., Ишутин А. Г.]. – Санкт-Петербургский университет, 2002. – 482 с.
4. Повышение эффективности работы вращающихся печей / Е.Г. Древицкий, А.Г. Добровольский, А.А. Коробок. – М: Стройиздат, 1990. – 224 с.
5. И.В. Кузьо, Т.Г. Шевченко Расчет и контроль установки агрегатов непрерывного производства. – Львов: Вища шк., 1987. – 176 с.
6. І.В. Кузьо, Л.В. Дзюбик Оптимізація раціонального положення обертових агрегатів // 8-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: тези доп., 23 – 25 трав. 2007 р. – Львів, 2007. – С. 84 – 85.
7. Дзюбик Л.В. Статична рівновага балки змінної жорсткості на пружних опорах з попереднім зміщенням / Л.В. Дзюбик, І.В. Кузьо, І.А. Прокопишин // Машинознавство. – 2009. – № 11 (149). – С. 27 – 30.
8. І.В. Кузьо, Л.В. Дзюбик, І. Єфремов Розрахунок пружних деформацій опор та точність діагностування обертових печей // Збірник наукових праць: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2009. – Т. 3, Вип. 3(25). – С. 135 – 138.
9. Кузьо І.В., Дзюбик Л.В. Дослідження переміщень в перерізі опорного вузла цементної печі // 11-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: тези доп., 15 – 17 трав. 2013 р. – Львів, 2013. – С. 74 – 75.