

ВПЛИВ ТЕРТЯ НА КОНТАКТНУ ВИТРИВАЛІСТЬ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ГТД

¹ Національний університет "Запорізька політехніка"

Анотація

Розглянуто питання важливості урахування масогабаритних параметрів зубчастих передач при проектуванні сучасної авіаційної техніки. Показані недоліки існуючої методики розрахунку на контактну витривалість згідно з ДСТУ ISO 6336-2:2005 для високонавантажених зубчастих передач. Наведена уточнена методика розрахунку з урахування тертя. Проведено теоретичне дослідження впливу тертя на напружений стан в зоні контакту. Наведено розподіл еквівалентних контактних напружень уздовж лінії зчеплення для різних зубчастих передач. Показано вплив тертя на контактну витривалість високонавантажених зубчастих передач газотурбінних двигунів (ГТД) та вертольотних редукторів.

Ключові слова: газотурбінний двигун, контактна витривалість, еквівалентні контактні напруження, зубчаста передача, тертя

При проектуванні сучасних редукторів газотурбінних двигунів і вертольотів значну увагу приділяють масогабаритним параметрам. Одним з основних напрямків збільшення питомої потужності редуктора є підвищення навантажувальної здатності зубчастих коліс. Максимальна навантажувальна здатність лімітована контактною міцністю зубів та міцністю зубів при згині. Для запобігання втомного викришування робочих поверхонь зубів, при розрахунках зубчастих передач є обов'язковим визначення контактних напружень, які не повинні перевищувати допустимих напружень.

Згідно з ДСТУ ISO 6336-2:2005 діюче максимальне нормальне контактне напруження розраховується для полюсу зчеплення. Проте, з практики експлуатації зубчастих передач відомо, що втомне викришування виникає не в полюсі, а на деякій відстані від нього в залежності від геометричних характеристик самого зчеплення. Тому в розрахунках треба знайти зону найменшої контактної витривалості для конкретної проектованої зубчастої пари. Також в даному ДСТУ не враховується вплив тертя на напружений і тепловий стан в зоні контакту, чим для високонавантажених зубчастих коліс ГТД і вертольотних редукторів знехтувати неможна.

Для дослідження впливу тертя розроблено уточнену методику розрахунку на контактну витривалість, в якій замість максимальних нормальних напружень по Герцу використовується еквівалентні поверхневі контактні напруження σ_e з урахуванням дотичних навантажень від тертя. Для оцінки опору заїдання робочих поверхонь зубчастих коліс додатково розраховується критерій заїдання.

Для визначення зони найменшої контактної витривалості розглянуто 2 прямозубі циліндричні зубчасті передачі з різним призначенням:

- передача приводу агрегатів газотурбінного двигуна з модулем 2;
- передача 2 ступеня вертольотного редуктора з модулем 5,5.

Побудовані епюри контактних напружень, коефіцієнти тертя та критерій заїдання вздовж лінії зчеплення. Критерій заїдання для заданих умов роботи зубчастих коліс не повинен перевищувати $60 K \cdot m^2 / kg$.

Згідно з розрахунками контактних напружень, еквівалентне поверхневе контактне напруження з урахуванням тертя для приводної зубчастої передачі діє не в полюсі, а в біляполюсній зоні по обидві сторони в місцях дії максимального коефіцієнту тертя. В даних точках еквівалентне контактне напруження σ_e вище максимального нормального напруження σ_H на 9,5%. Величина критерію заїдання K_j значно нижче граничної величини.

Для редукторної зубчастої передачі ситуація інша: максимальне значення еквівалентного контактного напруження діє не в місцях максимального коефіцієнту тертя. Для даної зубчастої передачі існує дві зони найменшої контактної витривалості: точка входу в зачеплення ніжки зуба ведучої шестерні і головки зуба веденого колеса та точка в місці переходу від двопарного зчеплення до однопарного. Величина критерію заїдання K_f нижче граничної величини.

Таким чином, результати дослідження показують, що тертя змінює картину напруженого стану в зоні контакту, тому при розрахунках на контактну витривалість необхідно його враховувати. Це дасть змогу підвищити точність розрахунків при проектуванні зубчастих передач та зменшити вірогідність дострокового виходу з ладу високонавантажених зубчастих передач ГТД та вертольотних редукторів по причині втомного викришування.

Слинько Георгій Іванович, д.т.н., професор, завідувач кафедри ДВЗ, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, gslynko@zntu.edu.ua

Стаднік Олександр Вікторович, аспірант, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, wellllmen@gmail.com

EFFECT OF FRICTION ON THE CONTACT FATIGUE OF HIGHLY LOADED GEARS OF GAS TURBINE ENGINES

Abstract

The question of the importance of taking into account the mass and size parameters of gears in the design of modern aircraft is considered. The disadvantages of the existing method of calculating the contact fatigue in accordance with ДСТУ ISO 6336-2:2005 for highly loaded gears are shown. The specified technique of calculation taking into account friction is resulted. A theoretical study of the effect of friction on the stress state in the contact zone was held. The distribution of equivalent contact stresses along the coupling line for different gears is resulted. The effect of friction on the contact fatigue of highly loaded gears of gas turbine engines and helicopter reducers is shown.

Keywords: gas turbine engine, contact fatigue, equivalent contact stresses, gear, friction

Slynko Georgiy I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Internal combustion engines department, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, gslynko@zntu.edu.ua

Stadnik Oleksandr V., Master in Mechanical Engineering, PhD student, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, wellllmen@gmail.com