

## **АНАЛІЗ ЗУСИЛЬ ТА МОМЕНТІВ В ІНТЕРФЕЙСНИХ ТОЧКАХ КОСМІЧНИЙ АПАРАТ (КА) - РАКЕТА НОСІЙ (РН), ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ТЕРМОПРУЖНИХ, МОНТАЖНИХ ТА ІНЕРЦІЙНИХ СКЛАДОВИХ З МОМЕНТУ ЗБИРАННЯ ДО ВІДДІЛЕННЯ КА ВІД РН**

Дмитро Акімов<sup>1</sup>, Дмитро Клименко<sup>2</sup>

ДП «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля», м. Дніпро,  
<sup>1</sup>Akimoff2017@gmail.com, <sup>2</sup>klymenko\_dv@hotmail.com

При інтеграції КА на РН однією з головних задач для виробника КА є визначення навантажень в інтерфейсних точках на всіх етапах його експлуатації. Особливу важливість ця задача має, коли граничні по міцності навантаження вже визначені для виготовлених КА, що не дає розробнику можливості вносити суттєві конструктивні зміни. Крім того, великий вплив на розподіл зусиль і моментів в інтерфейсних точках КА має схема інтеграції КА на РН та матеріали елементів конструкцій, які стикаються. Особливого значення це завдання набуває, коли КА встановлений в космічну головну частину, вертикально по осі РН, в цьому випадку точки кріплення навантажуються нерівномірно на всіх етапах експлуатації КА в складі РН.

Розглянемо рішення даної задачі на прикладі розрахунку зусиль та моментів в інтефейсних точках КА з моменту складання двох КА з РН в «чистій» камері, в процесі наземної експлуатації, старту і польоту РН до відділення КА.

При розрахунку зусиль і моментів в інтерфейсних точках КА враховано:

- вплив навантажень, що виникають через зміну температури конструкцій (термопружні навантаження);
- вплив навантажень, що виникають при збиранні через похибки виготовлення конструкцій (монтажні навантаження);
- вплив інерційних навантажень на всіх етапах експлуатації.

У даній роботі представлені результати розрахунку сумарних навантажень в інтерфейсних точках КА з урахуванням вищенаведених складових та проведено оцінку впливу кожної зі складових на всіх етапах експлуатації. Для проведення розрахунку використаний програмний комплекс MSC.NASTRAN на основі методу скінченних елементів. Визначення напружено-деформованого стану проводились з урахуванням геометричної та фізичної нелінійності (тип аналізу Nonlinear Static). При скінченно-елементному моделюванні використовувалися типи скінченних елементів – Solid, Beam, Plate.

Результати розрахунків зусиль та моментів в інтерфейсних точках КА показали, що максимальний вплив термопружних складових навантажень реалізується при складанні, наземної експлуатації та при відділенні КА.

Максимальний вплив монтажних складових реалізується при складанні двох КА з РН.

Максимальний вплив інерційних складових реалізується при транспортуванні КА в складі РН та особливо при польоті РН.

Проведений аналіз зусиль та моментів в інтерфейсних точках КА дозволив визначити сумарні навантаження в кожній точці кріплення КА на всіх етапах експлуатації та визначити вплив кожного з факторів на їх величину.

Порівняння визначених сумарних навантажень у кожній інтерфейсній точці КА з допустимими значеннями виробником КА показало, що вони їх не перевищують і забезпечують стійкість до рівня діючих навантажень у площині інтерфейсу КА – РН на всіх етапах експлуатації.

**ANALYSIS OF STRESSES AND MOMENTS AT KA-PH INTERFACE POINTS,  
DETERMINATION OF THEIR THERMAL ELASTIC, ASSEMBLY AND INERTIAL  
COMPONENTS FROM THE MOMENT OF ASSEMBLY TO THE MOMENT  
OF SEPARATION OF KA FROM PH**

*This paper presents the results of calculating the total loads at the interface points of the spacecraft taking into account the above components, and an assessment of the impact of each of the components at all stages of operation is carried out.*