

УДК 621.874

Руднєв О. М.¹, Лятуринський В.О.¹

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ МОСТОВИХ КРАНІВ

В роботі аналізується напружений стан головних балок мостового крана. Розглядаються два випадки навантаження: підйом вантажу з підхватом, бокове навантаження на штангу. Експериментально, теоретично та програм-

но визначені напруження, що виникають у цих випадках. Висновки вказують на доцільність методик розрахунку напружень для коробчастих балок.

Серед головних балок мостових кранів великої вантажопідйомності найбільш поширеними є коробчасті з розташуванням рейки над стінкою балки. Незважаючи на їх широку застосовність дійсний напружений стан різних конструктивних виконань цих балок потребує подальших досліджень. Метою роботи є визначення напружень, що виникають в мостових кранах з коробчастими балками та розміщенням рейки над стінкою трьома методами та порівняння отриманих результатів. Аналізу підлягає мостовий двобалковий колодевий кран, що працює на МК "Запоріжсталь", заводський № 292. Він призначений для завантаження виливків в нагрівальні колодці та перевантаження вже підігрітих виливків на виливковоз. Кран виготовлено на заводі ім. Тельмана (ГДР) в 1969 році. Головні характеристики крана наступні: вантажопідйомність – 20 т.; проліт – 27 м.; вага візка – 103,5 т.; база крана – 5,6 м.; база візка – 3,9 м.; швидкість підйому – 0,3 м/с; режим роботи – ВТ. Методи визначення напружень, що будуть використані: теоретичний класичний, експериментальний, кінцево-елементний аналіз тривимірної моделі.

Пролітні балки крана мають коробчастий перетин з великими та малими діафрагмами, рейки розміщені над стінками балок. Колодеві крани з металоконструкціями такого типу виробляються і сьогодні. Характерною їх особливістю є жорсткий підвіс вантажу.

Для проведення необхідного аналізу визначимо теоретичні навантаження, що діють на цей кран в процесі роботи. Розглядаються наступні випадки: підйом вантажу з підхватом, створення зусилля на штанзі захвату за допомогою лебідки. В обох випадках візок встановлено на середині прольоту. При підйомі вантажу з підхватом додаткове навантаження на балки з боку ходових коліс є сумою ваги виливка та інерції виливка, кліщів, штанги, тощо. Теоретично визначено, що воно складає 890000 Н. Тобто одна балка сприймає додаткове навантаження 445000 Н. Очевидно що під дією цього навантаження балка зазнає деформації згину та кручення (через розміщення рейки над стінкою). Зусилля на штангу за допомогою лебідки прикладається під кутом 30° до горизонту, в сторону торця цеху Горизонтальна складова зусилля викликає перерозподіл вертикальної складової навантаження на балки. Точка прикладення зусилля знаходиться на відстані 13 м від центру ваги візка. Прикладаються зусилля 45000 Н, 75000 Н, 125000 Н. Додаткове навантаження визначається за формулою 1, в ній $h = 13$ м. – за умовою експерименту, $B = 5$ м. – колія візка.

$$P_{\text{додаткове}} = \pm F_{\text{гориз}} \cdot \frac{h}{B} \quad (1)$$

Для зазначених розрахункових випадків розраховані теоретичні напруження, що мають виникнути в зонах наклеювання тензодатчиків. Для зон датчиків напруження від згину при дії вертикальної сили складають $786,5 \text{ кН/м}^2$. Для зон датчиків теоретичні напруження від 10 кН дорівнюють $713,7 \text{ кН/м}^2$. Дотичні напруження від кручення балок, при прикладенні сили 10 кН на рейку складуть: при горизонтальному напрямі сили $\tau = 130 \text{ кН/м}^2$, при вертикальному напрямі сили $\tau = 213 \text{ кН/м}^2$.

Теоретично визначені напруження в точках розміщення датчиків для обох випадків представлені в таблиці. Ці точки пронумеровано. Всі датчики розміщено на середині прольоту головних балок.

За допомогою тензометричної апаратури було визначено дійсні напруження вказаних зон пролітної будови крана для зазначених вище розрахункових випадків. Дійсні напруження, виявлені в результаті експерименту приведено в таблиці ("+" - розтяг, "-" - стиск).

Для реалізації третього метода визначення напружень була створена повнорозмірна тривимірна модель пролітної балки колодезевого крана. Модель довелося спростити через обмежені можливості APM FEM по аналізу великих моделей складної геометрії. Для аналізу необхідних нам точок спрощеної моделі достатньо. В програмному комплексі APM FEM studio було проведено кінцево-елементний аналіз напружень, що виникають в конструкції для напрямів та рівнів навантажень що тут розглядаються.

Порівняння результатів визначення напружень трьома методами вказує достатню збіжність. Відхилення аналітичного розрахунку від реально визначеного напруженого стану балок не перевищує 20%, в середньому знаходиться на рівні 5%. Це вказує на належну якість проведення експериментів. Проведений аналіз виявив, що результати кінцево-елементного модельного визначення напружень кранових балок коробчастого перетину в деяких випадках значно занижені від реальних напружень. Особливо це помітно при визначенні напружень розтягу та в другому випадку навантаження. Точність аналізу максимально напружених зон прийнята.

В результаті проведеної роботи встановлено, що при достатній повноті моделі коробчастої балки результати розрахунків в електронних програмних комплексах дають наглядний результат, але час, що потрібен для створення та аналізу моделі, значно більший ніж при класичних методах. Програмний комплекс APM FEM можна рекомендувати для малих моделей та моделей простої конфігурації. Розрахунок великих моделей ускладнений. Класичні методики розрахунків зручно використовувати для аналізу декількох перетинів при невеликій кількості розрахункових випадків та навантажень. Їх результати ближчі до реальних напружень ніж модельні. В модельних розрахунках зручно виявляти розподіл напружень. Програмний аналіз доцільно використовувати при значній кількості перетинів, що аналізуються, великій

кількості розрахункових випадків та навантажень, необхідності виявлення зон і значень максимальних напружень. Виявлено, що класичний теоретичний і кінцево-елементний розрахунок великих коробчастих балок, лише при їх спільному використанні, забезпечує додатковий запас міцності при статичному навантаженні в межах 0 – 20 %.