

## К расчету жестких нитей методом конечных элементов

Давыдов Е. Ю.

Белорусский национальный технический университет

Вантовые системы с использованием гибких нитей имеют существенные преимущества перед традиционными конструктивными решениями, прежде всего, по металлоёмкости. Основным недостатком таких систем является большая деформативность, которая в значительной степени обусловлена кинемагическими перемещениями. Указанный недостаток может быть уменьшен с помощью увеличения доли равновесной нагрузки, преднапряжения или применения жестких нитей, обладающих конечной изгибной жесткостью. Дифференциальное уравнение равновесия жесткой нити может быть представлено в виде

$$E \cdot I \cdot \omega^{IV} - H(\omega + y_0)'' + q(k) = 0.$$

Для решения приведенного уравнения используются, как правило, приближенные методы, в том числе метод последовательного приближения. В настоящей работе для определения НДС жестких нитей используется метод конечных элементов (ПК «Лира»). Особенностью поставленной задачи являются значительные перемещения жестких нитей под нагрузкой, а также наличие перемещений, не обусловленных напряжениями. Целью исследования является определить область применения МКЭ при указанных особенностях.

Исследовались жесткие нити со следующими геометрическими характеристиками: 1.  $A=61,25\text{ см}^2$ ;  $I=15750\text{ см}^4$ ; 2.  $A=41,92\text{ см}^2$ ;  $I=6328\text{ см}^4$ ; 3.  $A=32,9\text{ см}^2$ ;  $I=2996\text{ см}^4$ ; 4.  $A=10,32\text{ см}^2$ ;  $I=171\text{ см}^4$ ; 5.  $A=25\text{ см}^2$ ;  $I=52\text{ см}^4$ ;

6.  $A=3,133\text{ см}^2$ ;  $I=0,82\text{ см}^4$ ; Использовались как равновесные, так и неравновесные нагрузки. По результатам проведенных исследований сделаны следующие предварительные выводы:

1. Подтвержден вывод, сделанный другими авторами, на основе аналитических исследований о незначительном влиянии изгибной жесткости на значения распоров;

2. С увеличением изгибной жесткости отношения напряжений, вызванных изгибом и растяжением, могут уменьшаться.

3. С уменьшением изгибной жесткости разность между перемещениями, полученными аналитически и численным способом возрастает и при малых изгибных жесткостях ( $I=3,133\text{ см}^4$ ;  $I=0,82\text{ см}^4$ ) и особенно при неравновесных нагрузках, перемещения достигают значений, не сопоставимых с реально возможными перемещениями.

Полученные результаты могут иметь практическое применение при расчете криволинейных поверхностей (например, в виде гиперболических

параболоидов) и резко конструктивно-анизотропных материалов. Данную работу предполагается продолжить с целью получения статистического материала при других геометрических и загрузочных характеристиках.

УДК 624.072

### **Кручение и изгиб тонкостенных стержней**

Белич А.В.

Белорусский национальный технический университет.

Данная работа направлена на анализ напряженно-деформированного состояния тонкостенного элемента, испытывающего стесненное кручение. Были произведены расчеты нескольких вариантов однопролетной балки с сечением в виде прокатного швеллера.

Основной задачей работы являлась оценка влияния кручения на несущую способность балки, а также учет дополнительных напряжений в поперечном сечении, возникающих при стесненном кручении.

Кручение, возникающее в случае, когда наложенные на тонкостенный стержень открытого профиля связи препятствуют свободному перемещению контура при действии крутящих моментов, называется стесненным или изгибным.

В процессе работы использовалась следующая методика вычислений:

1. Определение координаты центра изгиба.
2. Определение секториального момента инерции.
3. Определение секториальных площадей для крайних точек полок.
4. Вычисление момента инерции при кручении.
5. Вычисление изгибно-крутильной характеристики.
6. Определение максимального значения бимомента.
7. Вычисление чормальных напряжений.

Расчет производился для следующих вариантов загрузки:

1. На полную нагрузку, воспринимаемую сечением при изгибе.
2. На 20% от максимальной нагрузки воспринимаемой сечением при изгибе.
3. На 70% от максимальной нагрузки воспринимаемой сечением при изгибе с уменьшением расчетной длины балки с 6 до 2 метров.

Исследования, проведенные в данной работе, показали, что дополнительные напряжения, возникающие при кручении, являются доминирующими, и для их снижения необходимо устраивать раскрепление.