

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КВАДРАТУР К РАСЧЁТУ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ ПРИ АНТИСИММЕТРИЧНОМ НАГРУЖЕНИИ

Ахмедьянов И.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет

### DESIGNING VARIABLE-THICKNESS REVOLUTION SHELLS FOR THE CASE OF ANTISYMMETRIC LOADING USING THE QUADRATURE

*I.S. Akhmedyanov. The paper deals with the application of the numerical quadrature method to integrating differential equations of variable-thickness revolution shells for the case of antisymmetric loading. The original system of differential equations is transformed into an integral one. The trapezoid quadrature formula is applied to all the integrals with variable upper limits. This makes it possible to set up a system of linear algebraic equations in order to determine the values of all the functions.*

Работа посвящена применению численного метода квадратур к расчёту оболочек вращения переменной толщины при антисимметричном («ветровом») нагружении.

Закон изменения толщины оболочки вдоль меридиана срединной поверхности может быть произвольным.

В основу работы положены соотношения моментной теории оболочек вращения в форме, предложенной Бидерманом В.Л. в его монографии «Механика тонкостенных конструкций. Статика» (М.: Машиностроение, 1977). В качестве основных неизвестных приняты перемещения  $u_r$ ,  $u_x$ ,  $v$ ,  $\vartheta_1$ , обобщённая сдвигающая сила  $S_1^*$  и изгибающий момент  $M_1$ . Для их определения в работе составлена система из шести неоднородных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами. Эта система уравнений интегрируется численным методом квадратур.

Суть метода квадратур состоит в том, что исходная система дифференциальных уравнений сначала преобразуется в систему интегральных уравнений. Затем к появляющимся при этом интегралам с переменными верхними пределами применяется квадратурная формула трапеций. В результате этого удаётся составить систему линейных алгебраических уравнений, из которой можно последовательно определить численные значения всех частных решений дифференци-

альных уравнений с заданным постоянным шагом.

Все искомые величины являются функциями аргумента  $\xi = x/l$  ( $x$  – расстояние плоскости произвольной параллели срединной поверхности оболочки от плоскости верхней параллели, измеряемое вдоль оси вращения оболочки;  $l$  – высота (длина) оболочки).

Первые два частных решения однородной системы уравнений находятся путём интегрирования от значения  $\xi = 0$  до произвольного значения  $\xi$ , двигаясь вниз от плоскости начальной параллели. При этом получается решение, «возрастающее» по мере удаления от верхнего края оболочки вниз.

Третье и четвёртое решения получают в результате интегрирования от нижней параллели  $\xi = 1$  вверх с отрицательным шагом  $t$ , что приводит к решению, «возрастающему» при движении вдоль оболочки снизу вверх. Такой способ получения первых четырёх решений позволяет в дальнейшем расчёте оболочки избегать малой разницы близких «больших» чисел.

Пятое и шестое решения определяют перемещения точек срединной поверхности оболочки при смещениях оболочки как твёрдого тела (без деформации).

Полученная совокупность всех линейно независимых частных решений однородной системы дифференциальных уравнений

имеет определитель  $D(\xi)$ , сохраняющий своё значение неизменным вдоль всей оболочки. Это условие постоянства определителя может служить контролем правильности полученных частных решений однородной системы.

Частное решение неоднородной системы можно найти методом вариации постоянных интегрирования.

В конечном итоге удаётся формально построить общее решение исходной неоднородной системы дифференциальных уравнений, содержащее шесть произвольных постоянных. Эти постоянные определяются обычным образом из граничных условий по верхнему и нижнему краям рассматриваемой оболочки.

В работе приведены результаты численного расчёта эллиптической оболочки переменной толщины, нагруженной через жёсткий центр касательной силой  $P$ .

Область применения метода квадратур не ограничивается только оболочками вращения. Метод также может быть применён для решения таких задач, как:

1. Расчёт на устойчивость прямолинейных сжатых стержней переменного сечения.
2. Определение частот и форм совместных изгибно-крутильных колебаний нестреловидного крыла переменного сечения.
3. Интегрирование произвольной системы линейных дифференциальных уравнений первого порядка с переменными коэффициентами.

УДК 621.438; 621.896

## О СПЕЦИФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ КОНСТРУКЦИЙ И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ ПРИВодОВ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ

Боев А.А.<sup>1</sup>, Трянов А.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «КУЗНЕЦОВ», г. Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет

### ABOUT SPECIFIC PARTICULARITIES DESIGN AND CONDITIONS EXPLOITATION GAS TURBINE UNITS OF ELECTROGENERATIONS

*Boev A.A., Tryanov A.E. The analysis of specific features of use converted gas turbine engines as drives of electrogenerators in the industry is carried out.*

Газотурбинные двигатели (ГТД), как приводы электрогенераторов в составе энергетических установок (ЭГТУ), имеют ряд специфических особенностей по конструкции и условиям эксплуатации по сравнению с приводами нагнетателей газоперекачивающих агрегатов (ГПА).

#### 1. Размещение ЭГТУ

В настоящее время в России широко производят реконструкцию устаревших тепловых электростанций с паровыми турбинами. Поэтому ЭГТУ, как правило, устанавливают на существующих площадях, внося изменения в их инфраструктуру. Очевидно, что в таких условиях все технические проекты носят индивидуальный характер. Во многом вследствие этого до настоящего времени для авиапроизводных приводов ЭГТУ (в от-

личие от приводов ГПА) не существует стандартизованного мощностного ряда

#### 2. Особенности эксплуатации ЭГТУ

В отличие от приводов ГПА, для которых характерен продолжительный режим работы, приводы ЭГТУ могут работать не только непрерывно в течение длительного времени, но их могут включать и временно для компенсации пиковых нагрузок в электросети (суточных или сезонных).

#### 3. Эффективность приводов ЭГТУ

В ЭГТУ, помимо электрической, дополнительно может быть получена еще и тепловая энергия за счет введения в конструкцию специальных устройств, позволяющих утилизировать тепло выхлопных газов ГТД.