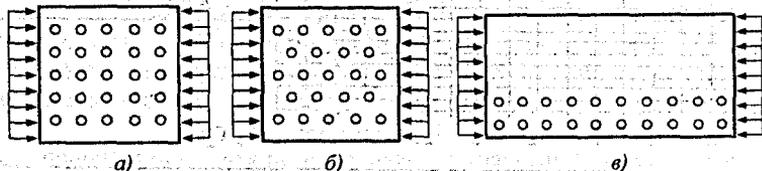


## ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПЕРФОРАЦИИ НА ПОТЕРЮ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН

Пронкевич С.А.

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

Рассмотрим влияние различного вида перфораций круглыми отверстиями различного диаметра на величину критической нагрузки и форму потери устойчивости прямоугольных пластин с соотношением сторон  $a/b=1,2,3$  (рисунок 1). В качестве сравнения использовались величины критической нагрузки для прямоугольной пластины без отверстий с соответствующим отношением сторон. Пластина выполнена из изотропного материала, свободно оперта по контуру и сжимается с противоположных сторон.



а) — «прямой» порядок перфорации (а), «шахматный» порядок перфорации (б), частично перфорированная пластина (в)

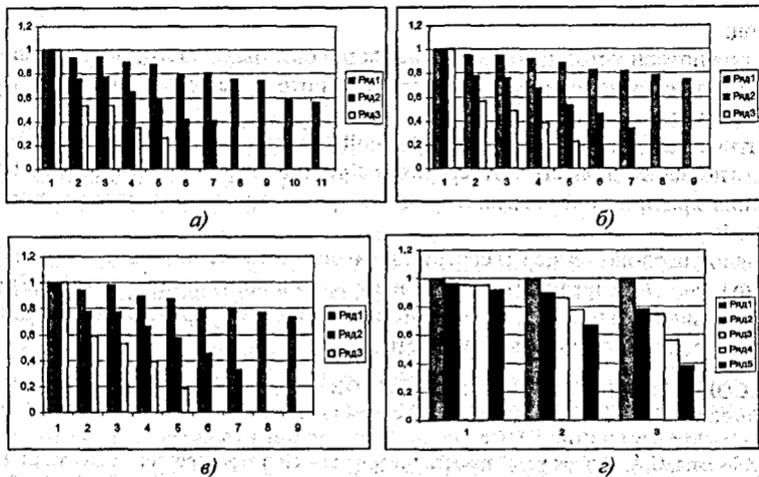
Рисунок 1 - Схема нагружения и расположения перфораций пластины при расчете потери устойчивости

При рассмотрении потери устойчивости квадратной пластины с соотношением диаметра отверстий  $d$  к ширине пластины  $b$  до  $d/b=0,1$  форма потери устойчивости не меняется и соответствует формам потери устойчивости пластины без отверстий.

На рисунке 2 показаны графики коэффициента критической нагрузки  $N^*$  - отношения величины критической нагрузки перфорированной пластины  $N^p$  к величине критической нагрузки пластины без отверстий  $N^0$  в зависимости от типа перфорации  $N^* = \frac{N^p}{N^0}$ . Из графиков видно, что квадратные пластины и прямоугольной пластины с соотношением сторон 1:2 и 1:3, перфорированные отверстиями в «шахматном» порядке, имеют величину критической нагрузки меньшую, чем перфорированные в «прямом». Формы потери устойчивости не изменяются.

При перфорировании прямоугольной пластины с соотношением сторон  $a/b=3$  отверстиями  $d/b=0,05$  формы потери устойчивости остаются теми же, что и для пластины без отверстий, но при перфорации отверстиями большого диаметра ( $d/b>0,1$ ) наблюдается изменение форм потери устойчивости (рисунок 3 а-г).

Как видно из рисунка 3, на форму потери устойчивости прямоугольной пластины, сжатой с торцов, влияет как порядок перфорации, так и ее диаметр.

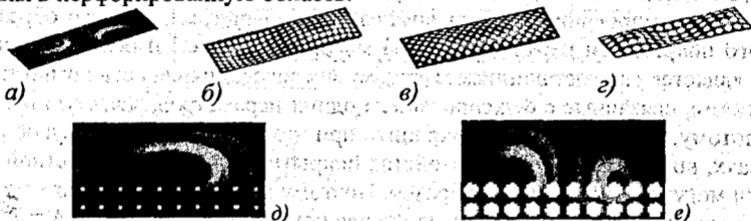


- 1 – пластина без отверстий; 2– 16 отверстий в «прямом» порядке;  
 3 – 13 отверстий в «шахматном порядке»; 4 – 25 отверстий в «прямом» порядке;  
 5 – 25 отверстие в «шахматном» порядке; 6 – 49 отверстий в «прямом» порядке;  
 7- 43 отверстия в «шахматном» порядке; 8- 64 отверстия в «прямом» порядке;  
 9 – 61 отверстие в «шахматном» порядке; 10 – 121 отверстие в «прямом» порядке;  
 11 – 113 отверстий в «шахматном» порядке

Рисунок 2– Формы потери устойчивости квадратной (а) и прямоугольной с соотношением сторон 1:2 (б), прямоугольной с соотношением сторон 1:3 (в), с частично перфорированной пластины (г)

Рассмотрим частично перфорированную прямоугольную пластину с соотношением сторон  $a/b=2$ , шарнирно опертую по контуру. Пластина сжимается с противоположных сторон распределенными нагрузками (рисунок 3 д, е).

При несимметричной перфорации отверстиями диаметром  $d/b=0,05$  формы потери устойчивости по сравнению с равномерно перфорированной пластиной не претерпевают каких-либо заметных изменений. При перфорации пластины отверстиями диаметром  $d/b=0,15$  наблюдается смещение максимумов прогибов пластины в перфорированную область.



- а) пластина без перфораций, б) перфорация  $d/b=0,1$ , прямой порядок 154 отверстий в) перфорация  $d/b=0,1$ , шахматный порядок 134 отверстия, г) перфорация  $d/b=0,15$  прямой 75 отверстий д) частичная перфорация  $d/b=0,05$ , е) частичная перфорация  $d/b=0,1$

Рисунок 3 - Формы потери устойчивости перфорированной пластины с соотношением сторон  $a/b=3$

Вывод:

- формы потери устойчивости для перфорированных пластин в подавляющем большинстве случаев совпадают с формами потери устойчивости для пластин без отверстий;

- критическая нагрузка перфорированной пластины уменьшается при увеличении отношения диаметра отверстия к ширине пластины ( $d/b$ ), зависимость изменения критической нагрузки от диаметра отверстия является практически линейной;

- порядок расположения отверстий при малом отношении диаметра к ширине пластины ( $d/b < 0,2$ ) незначительно влияет на величину критической нагрузки, но при большом количестве отверстий диаметром  $d/b = 0,3$  и выше форма потери устойчивости значительно изменяется.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григолюк, Э.И. Перфорированные пластины и оболочки / Э.И. Григолюк, Л.А. Фильштинский. – М.: Наука, 1970. – 556 с.
2. Пронкевич, С.А. Потеря устойчивости прямоугольной перфорированной пластины, в зависимости от вида и размера перфораций // Аспирант и соискатель. – М., 2013. – № 5. – С. 121–123.
3. Лебедев, А.В. Устойчивость пластин, ослабленных отверстиями // Вестник СПбГУ, Сер. I. – 2009. – № 2. – С. 94–99.

УДК 620.17

### ОЦЕНКА И КОНТРОЛЬ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ С PVD/CVD ПОКРЫТИЕМ

*Константинов В.М., Ковальчук А.В.*

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

Несмотря на существенный прогресс в области создания слоистых композиций с высоким уровнем свойств, существует проблема создания поверхностей с PVD/CVD покрытиями с заданным уровнем свойств. Это связывают с тем, что процесс формирования свойств композита с покрытием, а также образования самого покрытия и переходной зоны между покрытием и основным материалом, является многостадийным. Поэтому исследования свойств композитов покрытиями, связанные с фиксированием одних параметров, зачастую невозможны потому, что невозможно сохранить при этом неизменными другие [1]. А в случаях, когда это возможно, свойства покрытий и всей поверхностной композиции могут меняться скачкообразно. Поэтому актуальными являются исследования свойств систем покрытия на основе комплексного подхода. А так как нет известных технологических процессов, позволяющих реально получать вакуумные покрытия на металлических поверхностях с заданным или регулируемым уровнем свойств, то актуальным в условиях производства является контроль свойств поверхностей с покрытиями по основным параметрам в соответствии с условиями эксплуатации упрочняемых изделий.