

ложенного оперативного метода приближенного анализа для изучения колебаний сложных систем.

### Список литературы

1. ДИНАМИЧЕСКИЙ расчет зданий и сооружений: Справочник проектировщика/ М.Ф.Бернштейн, В.А.Ильичев, Б.Г.Коренев и др./ Под ред. Б.Г.Коренева, И.М.Рабиновича. - М.: Стройиздат, 1984. - 303 с.
2. КАННИНГХЭМ В. Введение в теорию нелинейных систем. - М.: Госэнергоиздат, 1962. - 435 с.
3. КАУДЕРЕР Г. Нелинейная механика. - М.: Изд-во иностр.лит., 1961. - 777 с.
4. БОНДАРЬ Н.Г., ГОРБАТОВ В.С. Устойчивость стационарных нелинейных колебаний при гармоническом возбуждении //Прикладная теория колебаний и динамика мостов: Сб.науч.тр. - Днепропетровск, 1972. - Вып. 144. - С.32-66.

УДК 625.717.02

Г.Н.Агеева, Э.Р.Девятова

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ИЗНОСА ЖЕСТКИХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Большинство ранее запроектированных и сооруженных аэродромных покрытий в настоящее время достигло проектного срока эксплуатации. Дальнейшее использование существующих покрытий возможно в качестве нижнего слоя новой многослойной конструкции. Проектирование такого сооружения должно выполняться на основе оценки прочности и жесткости нижнего слоя конструкции [1].

Исключив из рассмотрения условно постоянные величины (расчетные типы и характеристики воздушных судов, географическое положение участка строительства), проследим влияние переменных, определенное изменение которых может быть представлено как проявление износа покрытия в процессе эксплуатации. В основу анализа положена методика СНиП 2.05.08-85. Аэродромы [3], согласно которой в расчете усиления существующего покрытия при реконструкции аэродромов и при оценке его состояния определяются значения жесткости  $\Delta$ , расчетного момента  $M_d$  и ширины раскрытия трещин  $a_{срс}$ .

Перечисленные величины являются функциями параметров, входящих в расчет прочности, жесткости и трещинообразования. Часть из них в процессе эксплуатации остается постоянной. Другие, в основном те, которые оценивают изменение работы бетона во времени или при многократном приложении нагрузок, претерпевают изменения. К числу таких параметров относится модуль упругости бетона, изме-

нение которого осуществляется введением коэффициента  $\gamma$  в пределах от 1 до 0,5.

Многokrатное приложение колесной самолетной нагрузки приводит к многократному трещинообразованию, постепенно изменяющему коэффициент  $\psi_s$ , учитывающий работу бетона между трещинами в растянутой зоне, в пределах от 0,2 до 1. Выравнивание работы сжатого бетона на участках между трещинами, можно представить как изменение коэффициента неравномерности распределения деформации сжатой зоны  $\psi_c$  от 0,6 до 1.

Для оценки влияния перечисленных параметров на жесткость, ширину раскрытия трещин и расчетный момент были применены элементы программы *POKR*, разрабатываемой авторами с целью включения ее в систему автоматизированного проектирования аэродромных покрытий. Рассчитывалась железобетонная плита покрытия толщиной 0,18 м с арматурой класса А-II диаметром 16 мм. Бетон плиты принимался класса 2,8  $\sigma_{btb}$  с начальным модулем упругости  $E$ , равным  $2,6 \cdot 10^6$  МПа.

При расчете исследовались изменения значений жесткости  $B$ , высоты сжатой зоны,  $\chi$ , ширины раскрытия трещин  $a_{cr}$  и расстояний между ними  $a_c$ , безразмерного критерия сжатой зоны  $\theta_0$ , в зависимости от комплексного изменения величин  $\psi_s$ ,  $\psi_c$  и  $\gamma$  от 0,12 до 0,5 что соответствует одновременному изменению этих величин в допустимых пределах.

Безразмерный критерий  $\theta_0$ , увеличиваясь, вызывает рост размера сжатой зоны вследствие выравнивания деформации крайних волокон сжатой зоны сечения на участке между трещинами. Связанное с этим уменьшение плеча внутренней пары влечет за собой уменьшение жесткости и, как следствие, уменьшение расчетного изгибающего момента.

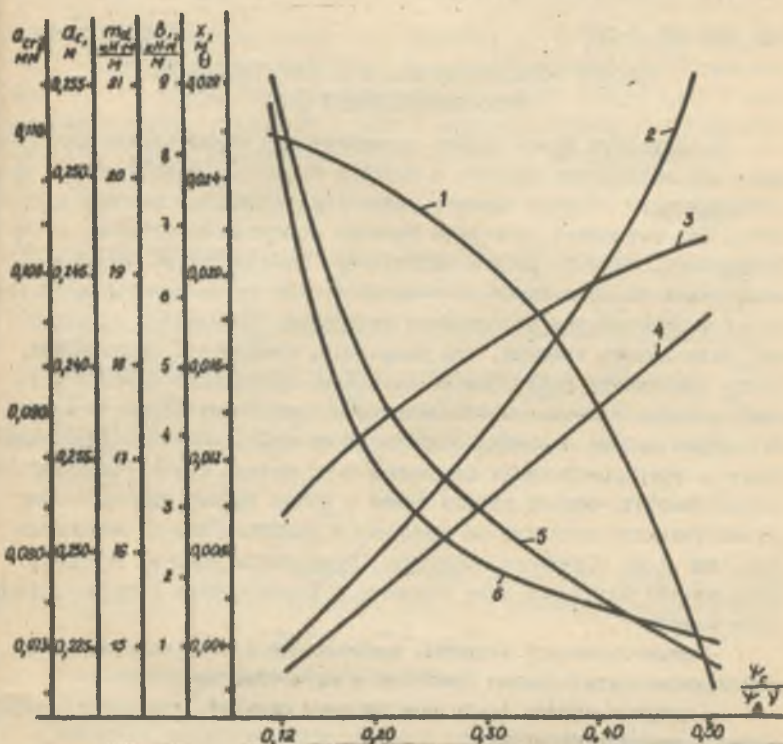
В процессе эксплуатации покрытия увеличивается количество и ширина раскрытия трещин (см. рисунок). Это определяет состояние покрытия на момент его усиления. Наличие и характер трещин позволяют установить категорию разрушения жесткого покрытия и предопределить выбор варианта усиления.

Для использования существующего покрытия в качестве нижнего слоя при его усилении в расчет будет вводиться новая измененная величина жесткости  $B$ , значение  $m_d$  в этом случае не является показателем.

Использование стандартной программы расчета жестких аэродромных покрытий с введением измененных прочностных величин позволит проследить характер работы покрытия, максимально использовать запас

прочности существующего покрытия и выбрать наиболее рациональную конструкцию.

Вместе с тем методика СНиП 2.05.08-85. Аэродромы [3] не в полной мере позволяет учесть характер работы существующего и вновь проектируемого покрытия в зависимости от конструкции деформированных швов, совмещения или несомещения швов верхнего и нижнего слоев. Определенные возможности для уточнения методики СНиП 2.05.08-85 представляют численные методы расчета слоев многослойной конструкции.



Зависимости величин от комплексного изменения:  
 1 - безразмерного критерия величины сжатой зоны; 2 - высоты сжатой зоны; 3 - ширины раскрытия трещин; 4 - расстояния между трещинами; 5 - расчетного изгибающего момента; 6 - жесткости

## Список литературы

1. СОКОЛЬНИКОВА В.А. Выбор оптимальной конструкции жесткого аэродромного покрытия// Проектирование, строительство и эксплуатация аэродромов: Сб.науч.тр. - М.: МАДИ, 1983. - С.62 - 69.
2. ФЕДУЛОВ В.К. Несущая способность железобетонных плит сборных покрытий дорог и аэродромов с учетом раскрытия нормальных трещин// Проектирование, строительство и эксплуатация аэродромов: Сб.науч. тр. - М.: МАДИ, 1984.
3. СНиП 2.05.08-85. Аэродромы/ Госстрой СССР. - М.: ЦИП Госстроя СССР, 1985. - 59 с.

УДК 624.041.6:681.3

В.Я.Слободянюк

### РАСЧЕТ НЕРАЗРЕЗНЫХ БАЛОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРТОНОРМИРОВАННЫХ ЭПОР

Неразрезные балки широко применяются в строительных конструкциях для перекрытия средних и больших пролетов. Возникающие в них отрицательные опорные моменты уменьшают изгибающие моменты в пролете. Это позволяет уменьшить размеры поперечного сечения, а следовательно, снизить расход материалов. Уменьшение же массы железобетонной балки снижает изгибающий момент от постоянной нагрузки. Поэтому такие балки экономичнее разрезных. Но расчеты неразрезных балок более сложные, чем разрезных, становятся громоздкими, когда приходится рассчитывать несколько вариантов. В таких случаях удобным является использование рекуррентных формул и матричной формы записи и счета, полученных на основе метода ортогонализации и ортонормирования единичных эпюр метода сил [1]. Такой способ расчета весьма удобен также с точки зрения использования вычислительной техники. Он применим к расчетам как на неподвижную, так и на подвижную нагрузку. Определение опорных моментов неразрезной балки при этом сводится к формированию и перемножению двух матриц:

- симметрической матрицы, заключающей в себе информацию о конструкции балки (длины пролетов и их жесткости);
- матрицы-строки фиктивных опорных реакций, содержащей информацию о внешних нагрузках:

$$M_k = -R_k^* \times (M_{ix}^{00})^5,$$

где  $M_k$  и  $R_k^*$  - искомый изгибающий момент и фиктивная реакция на  $k$ -й опоре.