

## **МЕТОДИКА КОМБИНИРОВАННЫХ ЧИСЛЕННО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ**

*В статье представлена методика определения прочностных свойств аэродромных покрытий на основе испытаний нестандартных образцов, извлеченных из покрытий, и численных исследований математических моделей данных образцов*

Рациональное использование ресурсов во многих отраслях техники требует достижения высокого научно-технического уровня проектирования. Существенным элементом технологии создания эффективных конструкций, в которых оптимально сочетаются совершенные эксплуатационные качества со снижением трудоемкости изготовления, является детальный и точный расчет, учитывающий различные режимы изготовления и эксплуатации объекта. Такой предварительный анализ возможен при использовании расчетных моделей, достоверно отражающих работу конструкций. При наличии специальных ГОСТ, СНиП, методики испытания, обеспечивающей достаточную степень достоверности, оценка железобетонных элементов заводского изготовления не представляет больших затруднений. Выявление же эксплуатационных характеристик элементов аэродромных покрытий представляет задачу более сложную.

Необходимость оценки несущей способности аэродромных покрытий, как правило, от неуверенности в их надежности, а также в результате обнаружения дефектов.

Изгиб жестких покрытий может вызываться не только нагрузкой от колес воздушных судов, но и неравномерным распределением температуры по толщине покрытия при колебаниях температуры воздуха, а также пучением грунтового основания при зимнем промерзании и неравномерной осадкой при весеннем оттаивании.

Разрушение бетонных плит может возникать и при многократных воздействиях нагрузок, единичные приложения которых вызывают напряжения, не превосходящие допускаемых. Причиной возникновения этих разрушений являются местная концентрация напряжений в местах передачи нагрузки с одной плиты на другую и накопление остаточных просадок грунта, подстилающего покрытие. После многократного прохода нагрузок плиты в отдельных местах перестают опираться на грунт и работают как консольные или опертые по контуру, наблюдается также накопление пластических остаточных деформаций в самой плите.

Продолжительность службы плиты зависит от надежности ее основания: чем оно прочнее и меньше подвержено накоплению остаточных деформаций, тем медленнее развиваются деформации в бетоне. Верх плиты быстрее нагревается днем и охлаждается ночью; температура низа плиты в связи с влиянием теплоемкости грунта основания изменяется меньше. Разность температуры верха и низа плиты вызывает ее коробление, которому препятствует отпор соседних плит и собственный вес плиты.

Свободному температурному сжатию и расширению плит препятствуют силы трения и сцепления, развивающиеся между нижней поверхностью плиты и основанием. Силы трения и сцепления приложены эксцентрично по отношению к центру тяжести поперечного сечения плиты и вызывают дополнительные изгибающие напряжения.

Если изучение материалов аэродромных конструкций можно производить в специализированных лабораториях – механической, строительных материалов и т. п., то для изучения самого покрытия приходится выносить лабораторию на аэродром и с помощью специальных приборов изучать его работу в реальных условиях эксплуатации под эксплуатационными или специальными пробными нагрузками. Только таким путем можно получить отчетливое представление о свойствах покрытия, о тех силовых процессах, которые в нем происходят, о факторах, вредно действующих на состояние и работу аэродромных конструкций.

Достаточно полное представление о материале также может быть получено лишь при изучении его поведения не только в лабораторных условиях, но и в условиях его эксплуатации.

В случае необходимости для получения недостающих данных за деформациями покрытия могут быть установлены длительные инструментальные наблюдения, позволяющие с любой степенью точности наблюдать за осадками его различных частей, горизонтальными перемещениями, раскрытием трещин и т. п.

Однако учесть дефекты в расчетах часто бывает затруднительно, а иногда и вовсе невозможно. Расчетом нелегко, например, выявить влияние какого-либо искривления или местного повреждения элемента, нельзя учесть влияния действительной жесткости узлов (точнее степени их податливости в тех случаях, когда узлы конструируются как жесткие), нельзя учесть также пространственной работы сооружения, состоящего из плоских элементов, объединенных связями. При расчете покрытия приходится идти на те или иные упрощения, так как в противном случае расчет сделался бы практически невыполнимым по своей сложности.

Поэтому необходимо также испытание сооружения. На основании материалов испытания можно успешно разрешить ряд затруднительных вопросов и выработать достаточно простую схему расчета, которая наиболее близко соответствовала бы действительным условиям работы сооружения.

Испытание аэродромных конструкций, когда нужно оценить их состояние, выполняется далеко не во всех случаях, так как требует довольно значительных затрат труда, материальных средств и привлечения квалифицированных специалистов. Однако оно позволяет получить важные дополнительные данные и иногда может оказаться необходимым. Таким образом, в сложных случаях только сочетание освидетельствования, расчета и испытания сооружения нагрузкой может дать правильный ответ на все поставленные вопросы.

В настоящее время определение прочности при сжатии является универсальным испытанием для многих строительных материалов. Предел прочности определяют на прессах различных различных систем и мощности.

Для испытаний бетона в зависимости от наполнителя используют кубики 100×100×100, 150×150×150, 200×200×200, 300×300×300 мм. Т.е. для достоверности испытаний необходимы стандартные образцы, что влечет за собой дополнительные затраты на обработку, шлифовку и т.д.

Данная методика предполагает более простой и экономичный способ испытания образцов, не соответствующих требованиям ГОСТ. Она основана на определении прочностных свойств материала железобетонных конструкций по результатам исследования нестандартных образцов, не требующих специальной обработки (придание образцу правильной кубической формы с соблюдением стандартных размеров для определения кубиковой прочности), т.е. таких образцов, которые могут быть получены не в стационарных условиях и испытаны на доступном оборудовании.

При помощи стационарного оборудования вырезаются образцы. Часть из них обрабатывается до получения стандартных в соответствии с ГОСТ. Остальные обрабатываются для получения ровной контактной поверхности (наносится слой прочного материала – эпоксидной смолы). Производятся испытания образцов. При сравнении результатов определяются переходные коэффициенты перехода от стандартных образцов к нестандартным.

Производится математическое моделирование образцов, затем моделированию конструкции аэродромного покрытия внутри которой моделируются извлеченные образцы. При этом мы получаем возможность сравнить поведение исследуемых участков при статических испытаниях

При расчетах жестких покрытий аэродромов исходят из решений строительной механики для плит, лежащих на упругих основаниях. Определение внутренних усилий в плитах сводится к тому, что находят функцию эпюр реактивного отпора (реакции) основания от заданной нагрузки. При этом обычно принимают, что осадка поверхности основания в точности совпадает с прогибами плиты под нагрузкой. Для плит это условие выражается общим дифференциальным уравнением:

$$B \left( \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} \right) + c\omega = g(x,y), \quad (1)$$

где  $\omega$  - прогиб плиты;  $x, y$  - координаты серединной плоскости плиты;  $B = Eh^3 / 12(1 - \mu^2)$  – цилиндрическая жесткость плиты;  $E, \mu$  - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала плиты;  $c$  - коэффициент постели грунта;  $h$  - толщина плиты.

Левая часть равенства представляет собой бигармоническое уравнение изгиба серединой плоскости плиты на упругом основании, характеризуемом реактивным отпором основания, а правая - функцию внешней нагрузки  $g(x, y)$ .

Особенность предварительно напряженных покрытий состоит в том, что в общем случае плита такого покрытия является анизотропной, причем учет анизотропии плиты имеет решающее значение для правильного принятия основных конструктивных параметров покрытия. Ярко выраженной ортотропностью обладают однооснообжатые предварительно напряженные покрытия с поперечной ненапряженной арматурой. В качестве расчетной для предварительно напряженных покрытий должна быть принята схема ортотропной плиты, лежащей на упругом основании. Если плита ортотропна и направления осей  $x$  и  $y$  совмещены с главными направлениями упругости, то уравнение ее изогнутой поверхности:

$$B_x \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2B \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + B_y \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} + c\omega = g(x,y), \quad (2)$$

$$\text{где } B_x = \frac{E_1 h^3}{12(1 - \mu_1 \mu_2)}, \quad B_y = \frac{E_1 h^3}{12(1 - \mu_1 \mu_2)}, \quad B = B_x \mu_1 + 2B_k, \quad B_y = \frac{Gh^3}{12}, \quad B_x, B_y -$$

жесткости изгиба и кручения,  $G$  - модуль сдвига.

### Список литературы

1. СНиП 2.05.05-85. Аэродромы/ Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1985. – 58 с.
2. Жесткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог / Г.И. Глушков, В.Ф. Бабков, В.Е. Тригопи и др.; Под ред. Г.И. Глушкова. – М.: Транспорт, 1994. – 349 с.
3. *Адамсон А.* Физическая химия поверхностей. Пер. с англ. – М.: Мир, 1979. - 568с.
4. *Смирнов Э.Н., Соколов В.С., Ключников Г.Я.* Диагностика повреждений аэродромных покрытий. – М.: Транспорт, 1984. – 152 с.