

- [1]. НП 306.2.208-2016 «Вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій».
- [2]. НП 306.2.141-2008. Загальні положення забезпечення безпеки атомних станцій.
- [3]. ПНАЭ Г-10-007-89. Норми проектування залізобетонних споруд локалізуючих систем безпеки атомних станцій.

**THE RESULTS OF THE RESEARCH OF REINFORCING ROPES  
AND CONTAINMENT OF WWER-1000/V-302 UNDER LOAD  
COMBINATION OF THE MAXIMUM DESIGN BASIS ACCIDENT AND  
OPERATING BASIS EARTHQUAKE**

*In framework of the work the features of prestressed containment system developing within reinforced concrete structures are reviewed and evaluated. Considering the complexity of containment design the detailed finite elements model which describes real behavior of containment has been created and used. The calculation of stress and strain state of containment has been provided using state of art software. The results of stress and strain state calculation of containment and results of minimum acceptable tension of reinforcing ropes definition under load combination of the maximum design basis accident and operating basis earthquake have been analyzed.*

УДК 624.3

**ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ СВЯЗАННЫХ  
ФИБРОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРИ ИХ  
АППРОКСИМАЦИИ СИСТЕМОЙ С ДВУМЯ  
СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ**

**Маковкина Т.С., аспирант, Сурьянинов Н.Г., д.т.н., проф.**  
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

На основе определенного нами оптимального состава фибробетонной смеси изготовлены несколько типов конструкций — балки, арки, плиты, цилиндрические панели и оболочки, с разными вариантами армирования — только фибрового или комбинированного, с использованием фибры и стержневой арматуры.

Все эти конструкции были подвергнуты многоплановым испытаниям — статическим, динамическим и на устойчивость.

Одной из проблем, исследованных экспериментально, являются вынужденные колебания балок прямоугольного поперечного сечения. В процессе экспериментов две одинаковых балки соединялись четырьмя

арматурными стержнями, имитирующими соединение ригелей или фундаментных балок, а затем подвергались вынужденным колебаниям. При этом испытывались балки с 100% армированием фиброй по всему объему, с армированием фиброй растянутой зоны до половины высоты сечения и с комбинированным армированием фиброй и стержневой арматурой. Рассмотрен аналитический подход к решению указанной задачи. Пусть внешние вынуждающие силы изменяются по произвольному периодическому (не гармоническому) закону. Как известно, периодические внешние вынуждающие силы можно представить в виде суммы гармоник. А затем, на основании принципа суперпозиции, определить суммарное движение, как сумму движений, вызванных каждой из гармоник в отдельности. В результате задача сводится к задаче о вынужденных колебаниях системы фибробетонных балок под действием гармонической вынуждающей силы  $F = F_i \sin pt$  (или, что то же самое,  $F = F_i \cos pt$ ).

Рассмотрено решение этой задачи известным в динамике методом разложения по собственным формам колебаний [1 – 3]. Указанный способ приводит к отдельным дифференциальным уравнениям, каждое из которых описывает колебания системы с одной степенью свободы.

Получены обобщенные координаты вынужденных колебаний рассмотренной системы двух фибробетонных балок.

Подобного рода отдельные дифференциальные уравнения могут быть получены при любом числе соединенных между собой балок.

Вычисления, проведенные на основе рассмотренного метода, показали хорошее совпадение с экспериментальными данными.

### Литература

1. Безухов Н.И. Устойчивость и динамика сооружений / Безухов Н.И., Лужин О.В., Колкунов Н.В. – М.: Высшая школа, 1987. – 264 с.
2. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний / Бидерман В.Л. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.
3. Пановко Я.Г. Устойчивость и колебания упругих систем / Пановко Я.Г., Губанова И.И. – М.: Наука, 1987. – 352 с.

## FORCED VIBRATIONS OF RELATED FIBRO-CONCRETE BEAMS FOR THEIR APPROXIMATION OF A SYSTEM WITH TWO DEGREES OF FREEDOM

*The forced oscillations of a system of two fiber-reinforced concrete beams of rectangular cross-section are considered. The beams are connected to each other and with a rigid support by four reinforcing bars, which simulate the connection of crossbars or foundation beams. In order to verify the results obtained experimentally, an analytic solution of the problem is proposed by the method of expansion in terms of eigenmodes of oscillations, while the considered system is approximated as a system with two degrees of freedom.*