

**ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ
СИСТЕМ С БЕСКОНЕЧНЫМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ**

А.В.Ковров, Р.Э.Чайковский, А.Э.Чайковский (ОГАСА)

**DYNAMIC DESIGN
SYSTEMS WITH INFINITELY MANY DEGREES OF FREEDOM**

A.V. Kovrov, R.E. Chaikovskiy, A.E. Chaikovskiy

Анотація: виконано порівняння значень згинальних моментів, що виникають в перерізах нерозрізної балки при дії динамічно прикладеного навантаження при різних значеннях частот вимушених коливань. Значення динамічних моментів отримані за допомогою чисельно-аналітичного варіанту методу граничних елементів, а також програмних комплексів Scad та Ліра.

Аннотация: выполнено сравнение значений изгибающих моментов, возникающих в сечениях неразрезной балки при действии динамически приложенной нагрузки при различных значениях частот вынужденных колебаний. Значения динамических моментов получены при помощи численно-аналитического варианта метода граничных элементов, а также программных комплексов Scad и Лира.

Abstract: the comparison of the values of bending moments, resulting in cross-sections of a continuous beam under dynamic load applied at various frequencies of forced oscillations. The values of dynamic moments obtained using the numerical-analytical version of the boundary element method, as well as software systems Scad and Lira.

Ключевые слова: неразрезные балки, вынужденные колебания.

Key words: not cutting beams, forced oscillations.

Актуальность исследований – неразрезные балки являются системами с бесконечным числом степеней свободы. Как правило, в большинстве расчетных схем динамический расчет таких конструкции сводится к статическому расчету с последующим применением коэффициента динамичности.

Цель работы– исследовать распределение изгибающих моментов в неразрезных балках при вынужденных гармонических колебаниях.

В работах [1, 2] было рассмотрено и численно подтверждено предположение о том, что эпюры динамических усилий и перемещений в неразрезных балках могут даже по характеру различаться с эпюрами статических усилий и перемещений, вследствие того, при динамическом приложении нагрузки

распределение внутренних усилий и перемещений зависит от сил инерции, а, следовательно, от значений частоты вынужденных колебаний.

Определим значения изгибающих моментов в характерных сечениях балки при действии динамически приложенной нагрузки, расчетная схема которой приведена на рис. 1.

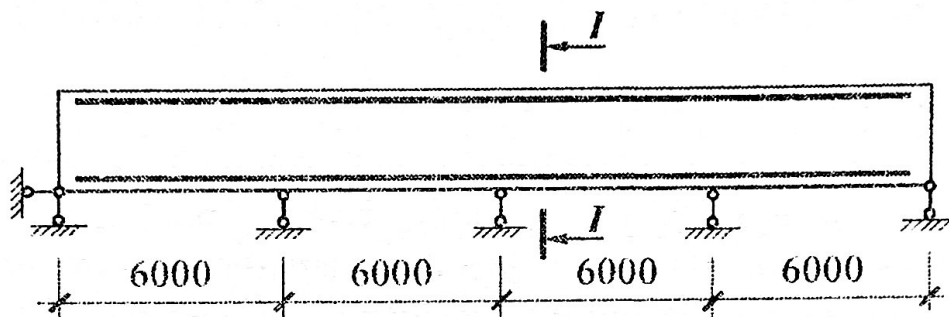


Рис. 1. Расчетная схема балки

На рис. 2 приведено поперечное сечение балки.

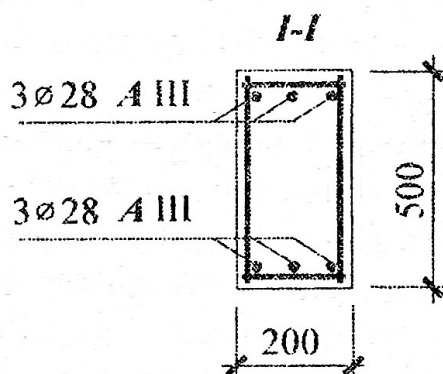


Рис. 2. Поперечное сечение

Балка выполнена из бетона класса В20, армирована симметричными каркасами с рабочей арматурой диаметром 28 мм из стали класса А III.

На рис. 3 приведена схема динамического нагружения балки.

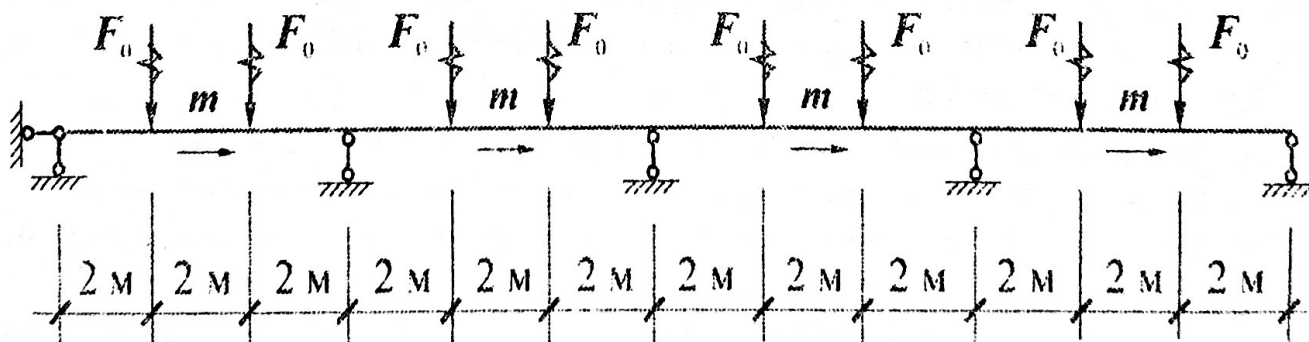


Рис. 3. Схема динамического нагружения балки

Вынуждающая динамическая нагрузка принимается заданной по гармоническому закону $F(t) = F_0 \sin \theta t$.

Инерционная сила, возникающая при работе оборудования, $F_0 = 20 \text{ кН}$, погонная масса балки $m = 2,5 \text{ кН/м}$, жесткость железобетонной балки $B = 79615,11 \text{ кНм}^2$.

В работах [1, 2] определены первые шесть частот собственных колебаний рассматриваемой балки.

Частоту вынужденных колебаний θ зададим с шагом на отрезке $0 < \theta \leq \omega_1$, равным $\Delta = 0,1\omega_1$, на отрезке $\omega_1 < \theta \leq \omega_2$, равным $\Delta = 0,1(\omega_2 - \omega_1)$, на отрезке $\omega_2 < \theta \leq \omega_3$, равным $\Delta = 0,1(\omega_3 - \omega_2)$ и т.д. до шестой частоты ω_6 включительно.

Динамический расчет выполнен с помощью программы, основанной на применение численно-аналитического варианта МГЭ [3].

Найденные значения динамических изгибающих моментов сравнивались со значениями, полученными при помощи программных комплексов Scad и Лира.

Расчетная модель рассматриваемой неразрезной балки при динамическом расчете с использованием программного комплекса Scad приведена на рис. 4.

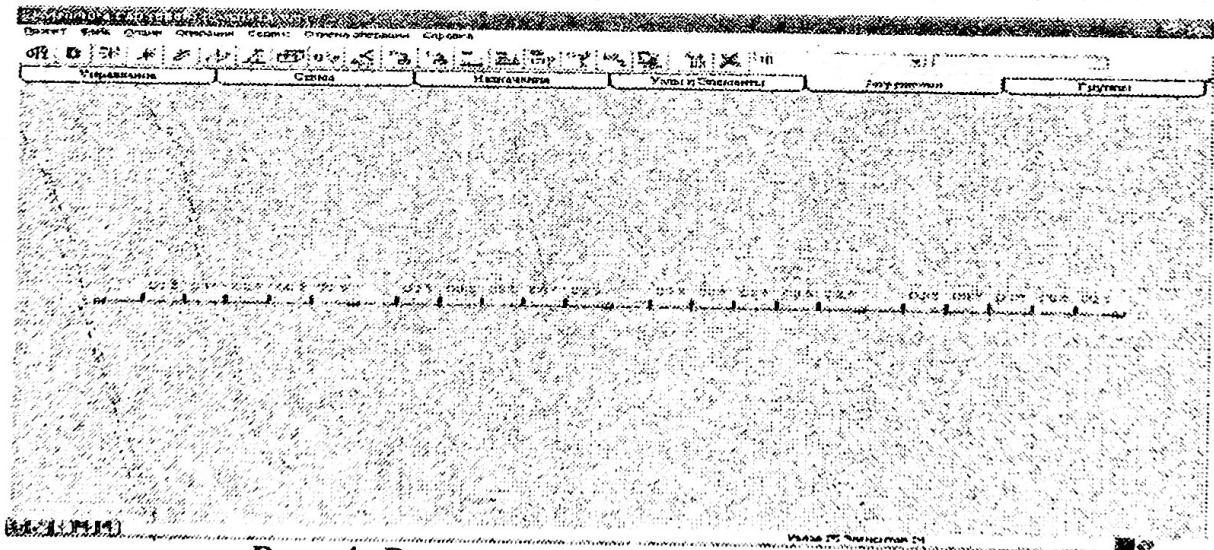


Рис. 4. Расчетная модель балки в ПК Scad

Каждый пролет балки был разбит на шесть равных частей. Погонная масса балки приложена сосредоточенно в узлы. Жесткость балки задавалась численным описанием – стержень плоской рамы (Тип 2).

На рис. 5 приведена расчетная модель балки с использованием программного комплекса Лира.

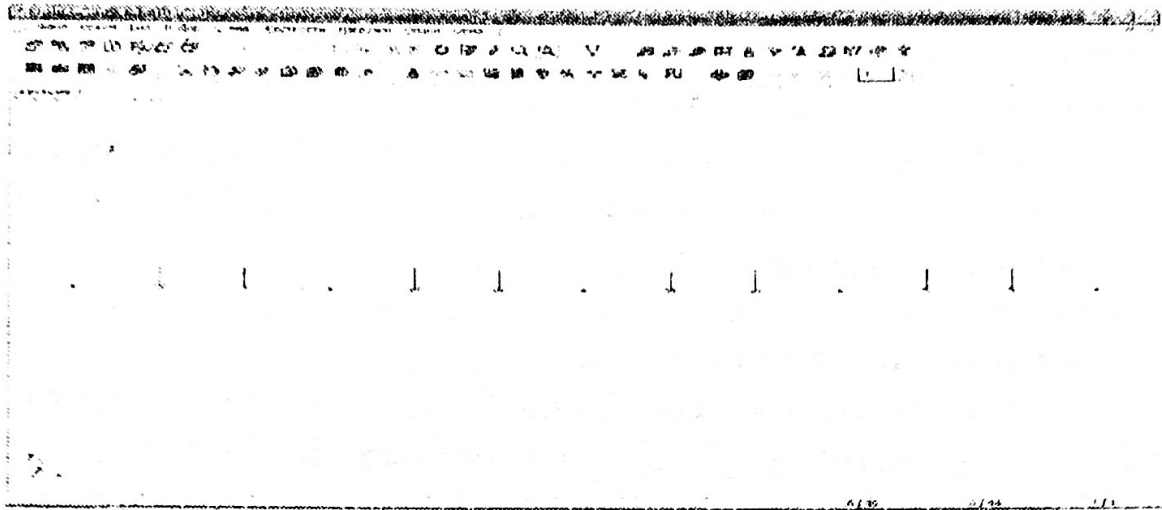


Рис. 5. Расчетная модель балки в ПК Ли́ра

Для задания жесткости поперечного сечения балки использовался модуль КЭ 2, в котором была задана изгибная и продольная жесткости сечения, а также величина погонной массы.

Проведена статистическая обработка полученных значений отношений изгибающих моментов, возникающих в характерных сечениях балки при действии динамически приложенной нагрузки при различных значениях частот вынужденных колебаний (таблица 1).

На рис. 6 приведены эпюры изгибающих моментов, возникающих в характерных сечениях половины балки при частоте вынужденных колебаний $\theta = \omega_5 + 0,8(\omega_6 - \omega_5)$, полученных при помощи ЧАВ МГЭ, а также программных комплексов Scad и Ли́ра.

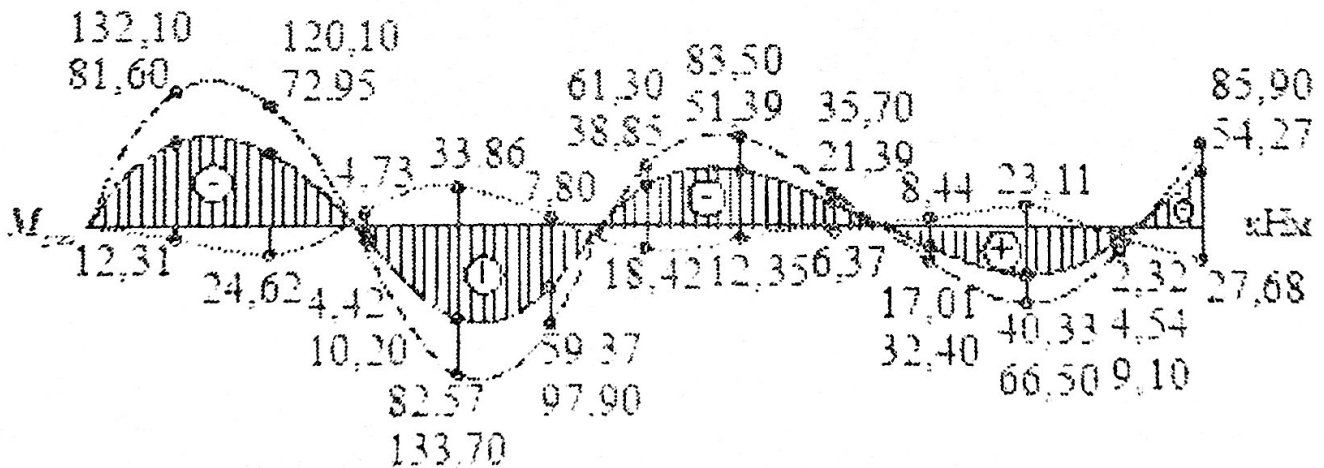


Рис. 6. Эпюры изгибающих моментов $M_{дин}$ при частоте вынужденных колебаний $\theta = \omega_5 + 0,8(\omega_6 - \omega_5)$

- ЧАВ МГЭ
- - - - - Scad
- Ли́ра

Выводы

1. Значения динамических изгибающих моментов при всех значениях частот вынужденных колебаний, близких к резонансному режиму, определенных при помощи численно-аналитического варианта МГЭ, а также программных комплексов Scad и Лира существенно различаются.
2. Проведенные исследования показали, что в целом значения динамических изгибающих моментов, определенных при помощи программного комплекса Лира удовлетворительно согласуются со значениями, полученными при помощи численно-аналитического варианта МГЭ, в области вынужденных частот $\theta < \omega_2$, а при помощи программного комплекса Scad – $\theta < \omega_4$.
3. Рассмотрение вопроса о распределении изгибающих моментов в неразрезных балках при вынужденных гармонических колебаниях при более высших значениях вынужденных частот требует дальнейших исследований.

Литература

1. Ковров А.В. Распределение внутренних усилий и перемещений в неразрезных балках при вынужденных колебаниях / А.В.Ковров, Р.Э.Чайковский, А.Э.Чайковский // Сборник научных трудов. Современные строительные конструкции из металла и древесины – Одесса, 2010. – № 14. – Часть 1. – С. 119-124.
2. Ковров А.В. Исследование возможности применения динамического коэффициента при динамическом расчете неразрезных балок / А.В.Ковров, Р.Э.Чайковский, А.Э.Чайковский // Вісник ОДАБА. – Одесса, 2010. – № 37. – С. 197-202.
3. Ковров А.В. Применение численно-аналитического варианта метода граничных элементов к определению напряженно-деформированного состояния вынужденных колебаний неразрезной железобетонной балки / А.В.Ковров, Р.Э.Чайковский // Вісник ПДАБА. – Днепропетровск, 2008. – № 6-7. – С. 10-14.
4. Баженов В.А. Строительная механика. Специальный курс. Применение метода граничных элементов / В.А.Баженов, А.Ф.Дашенко, Л.В.Коломиец, В.Ф.Оробей. – Одесса: Астропринт, 2001. – 288с.
5. Оробей В.Ф., Ковров А.В. Решение задач статики, динамики и устойчивости стержневых систем. Применение метода граничных элементов. – Одесса, 2004. – 122с.