

DOI:10.38045/iaeee-401

УДК 624.042.7

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ. ПРИМЕР РАСЧЕТА СЕЙСМОИЗОЛИРОВАННОГО ЗДАНИЯ

Гераймович Ю.Д. <sup>(1)</sup>, Джинчвелашвили Г.А. <sup>(1)</sup>, Колесников А.В. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> ООО «ЛИРА софт», Москва, Россия, [heallex@lira-soft.com](mailto:heallex@lira-soft.com)

## ADVANCED CALCULATION METHODS OF BUILDINGS AND STRUCTURES FOR SEISMIC ACTIONS. CALCULATION EXAMPLE OF SEISMIC ISOLATED BUILDING

Geraimovich Yu.D. <sup>(1)</sup>, G.A. Dzhinchvelashvili <sup>(1)</sup>, A.V. Kolesnikov <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> LLC "LIRA soft", Moscow, Russia, [heallex@lira-soft.com](mailto:heallex@lira-soft.com)

## СЕЙСМИКАЛЫК ТААСИР ЭТҮҮЛӨРГӨ ИМАРАТТАРДЫ ЖАНА КУРУЛМАЛАРДЫ ЭСЕПТӨӨНҮН ЗАМАНБАП ЫКМАЛАРЫ. СЕЙСМО ОБОЧОЛОНТУЛГАН ИМАРАТТЫН ЭСЕБИНИН МИСАЛЫ

Гераймович Ю.Д. <sup>(1)</sup>, Джинчвелашвили Г.А. <sup>(1)</sup>, Колесников А.В. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> ООО «ЛИРА софт», Москва, Россия, [heallex@lira-soft.com](mailto:heallex@lira-soft.com)

Сейсмостойкость сооружений в ПК ЛИРА 10.6 можно оценить тремя способами: прямое интегрирование уравнений движения, спектральный метод и нелинейный статический метод. Рассмотрим применение наиболее прогрессивных из них на примере сейсмоизоляции и оценки несущей способности сооружений с учетом сейсмических воздействий.

Для расчета установленного в здании оборудования применяют способ, который заключается в использовании так называемых поэтажных акселерограмм и поэтажных спектров отклика (рис. 1). Для таких задач имеется возможность построения таких спектров и их огибающих (осредненного спектра для нескольких узлов).

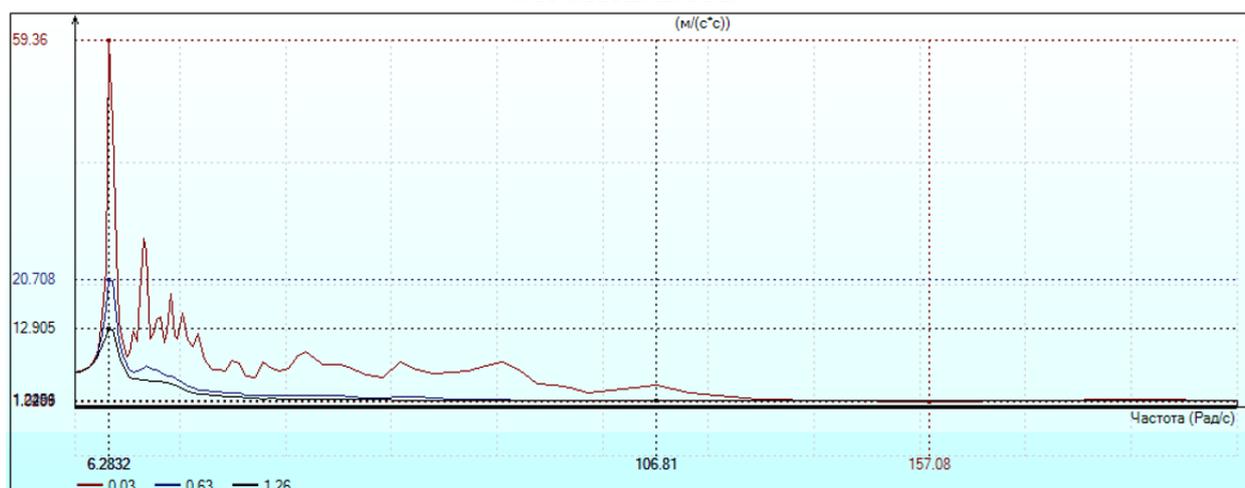


Рис. 1. Построение поэтажных спектров реакции.

Использование сейсмоизолирующих опор является одним из прогрессивных методов сейсмозащиты зданий и находит широкое применение при реализации систем сейсмозащиты за рубежом. В ПК ЛИРА есть конечный элемент с учетом предельных усилий (КЭ 255), для моделирования действительной диаграммы работы опор сейсмоизоляции необходимо ввести параллельно еще и линейный конечный элемент (КЭ 55) – создав тем самым комбинированный элемент (Рис. 2).

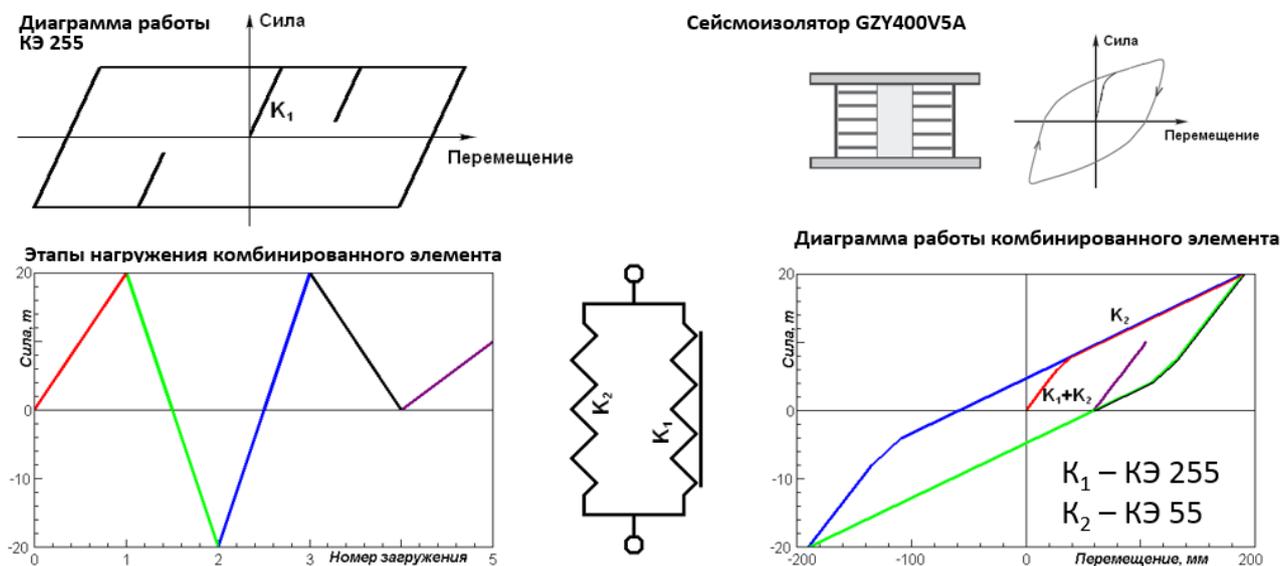


Рис. 2. Расчет сейсмоизоляции в ПК ЛИРА 10.6.

Система сейсмозащиты при помощи резинометаллических сейсмоизолирующих опор приводит к существенному снижению сейсмической нагрузки. В отличие от здания без сейсмозащиты характер деформирования здания с сейсмозащитой носит ярко выраженный поступательный характер. Здание колеблется как одно целое, что приводит к более равномерным изменениям усилий во времени.

Существует еще один метод, называемый нелинейным статическим, который, с одной стороны является инженерным, с другой, позволяет в той или иной степени учесть нелинейные свойства конструкций не в виде коэффициента к инерционным силам (как это сделано в спектральном методе), а непосредственно из запасов сооружения. Данная методика позволяет оценить поведение конструкции при сейсмических воздействиях за пределом упругости. Этот метод связывает несущую способность, представленную как зависимость перемещения верха здания от силы сдвига в основании, с сейсмическим требованием, представленным в виде спектра реакции (рис. 3).

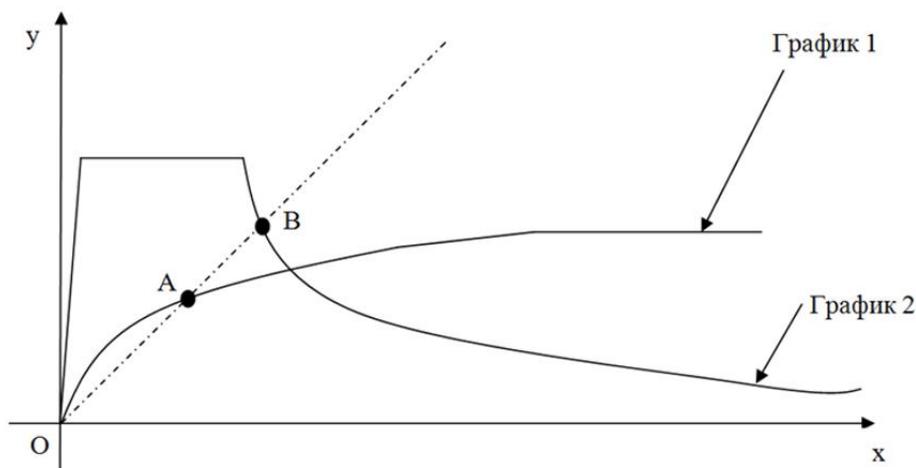


График 1:  $Q^{осн}(u^{точка\ в\ перекрытии})$

Кривая несущей способности

График 2  $SPa(SPd)$

График «сейсмического требования»

$$SPa = \beta g K_c K_\psi \quad | \quad SPd = \frac{SPa}{\omega^2}$$

Рис. 3. Нелинейный статический метод (Pushover analysis).

Вычисляется точка пересечения кривых несущей способности и спектра реакции - динамического равновесия, по которой определяется ожидаемое поведение конструкции. В результате расчета нелинейным статическим методом, инженер-исследователь оценивает реальные запасы конструкции в результате учета пластических и других неупругих свойств конструкций зданий и сооружений и получает коэффициент редукции, который можно использовать при расчете спектральным методом. При этом  $K_1$  определяется как отношение  $OA$  к  $OB$ .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Wilson Edward L. Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures. A Physical Approach With Emphasis on Earthquake Engineering. Berkeley, California, USA: Reprint January, 2002. 423 с*
2. *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance*
3. *Клаф Р., Пензиен Дж. Динамика сооружений. М.: Стройиздат, 1979.*
4. *Джинчвелашвили Г.А. Нелинейные динамические методы расчета зданий и сооружений с заданной обеспеченностью сейсмостойкости / Дисс. на соискание ученой степени доктора техн. наук. – М.: МГСУ, 2015. – 427 с.*