

DOI: 10.38054/iaeee-702

УДК 624.042.7; 69.059

**РАСЧЕТ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ
ВОЗДЕЙСТВИЯ УРОВНЯ МРЗ ПО СП 14.13330.2014 С УЧЕТОМ
ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ МАТЕРИАЛА КОНСТРУКЦИЙ**

Ю.Д. Гераймович⁽¹⁾, А.В. Колесников⁽¹⁾, М.М. Амирханов⁽¹⁾

⁽¹⁾ООО "ЛИРА софт", support@lira-soft.com

Аннотация. Согласно требованиям норм проектирования в РФ – СП 14.13330.2014 при расчете сооружений на максимальное расчетное землетрясение (МРЗ), необходимо учитывать физическую нелинейность конструкций, а также использовать синтезированные записи ускорений грунта – акселерограммы. В докладе рассматриваются методы и инструменты, реализованные в ПК ЛИРА 10.8 для таких расчетов.

**CALCULATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES FOR SEISMIC
ACTIONS AT THE LEVEL OF THE MDE ACCORDING TO SP 14.13330.2014,
TAKING INTO ACCOUNT THE PHYSICAL NONLINEARITY OF THE
MATERIAL OF STRUCTURES**

Y.D. Geraimovich⁽¹⁾, A.V. Kolesnikov⁽¹⁾, M.M. Amirkhanov⁽¹⁾

⁽¹⁾LLC "LIRA soft", support@lira-soft.com

Abstract. According to the requirements of design standards in the Russian Federation – Building Code as SP 14.13330.2014, in case of calculating structures for the maximum design earthquake (MDE), it is necessary to take into account the physical nonlinearity of the structures, and also to use the synthesized records of ground accelerations - accelerograms. The report considers the methods and tools implemented in software LIRA 10.8 for such calculations.

**КОНСТРУКЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМЫНЫМ ФИЗИКАЛЫК ТҮЗ
СЫЗЫКТУУ ЭМЕСТИГИН ЭСЕПКЕ АЛУУ МЕНЕН СП 14.13330.2014
БОЮНЧА МРЗ ДЕНГЭЭЛИНДЕГИ СЕЙСМИКАЛЫК ТААСИР ИЭТҮҮГӨ
ИМАРАТТАРДЫН ЖАНА КУРУЛМАЛАРДЫН ЭСЕБИ**

Ю.Д. Гераймович⁽¹⁾, А.В. Колесников⁽¹⁾, М.М. Амирханов⁽¹⁾

⁽¹⁾ООО "ЛИРА софт", support@lira-soft.com

Аннотация. РФ долбоорлоо нормаларынын талаптарына ылайык – СП 14.13330.2014 максималдык эсептик жер титирөөгө (МРЗ) курулмаларды эсептөөдө конструкциялардын физикалык түз сызыктуу эместигин эске алуу, жана дагы кыртыштын ылдамдануусунун синтезделген каттоосун – акселерограммаларын колдонуу зарыл. Макалада ушундай эсептөөлөр үчүн ПК ЛИРА 10.8 да ишке ашырылган ыкмалар жана инструменттер каралат.

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ЭКСПЕРТОВ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

Модуль ДИНАМИКА+ появился в ПК ЛИРА 9.2 еще в 2006 году, однако до настоящего времени не удавалось реализовать учет физической нелинейности для этого модуля. Это нововведение сегодня в значительной степени отличает ПК ЛИРА 10.8 от аналогов и позволяет решать многие задачи напрямую.

Библиотека конечных элементов дополнена новыми физически нелинейными изгибаемыми конечными элементами: стержневыми (501, 504, 510) и оболочечными: тонкой (542-544) и толстой (546-550) плитами [2]. Эти КЭ позволяют учитывать ползучесть, а также допускают совместное применение в задачах Монтаж+ и Теплопроводность.

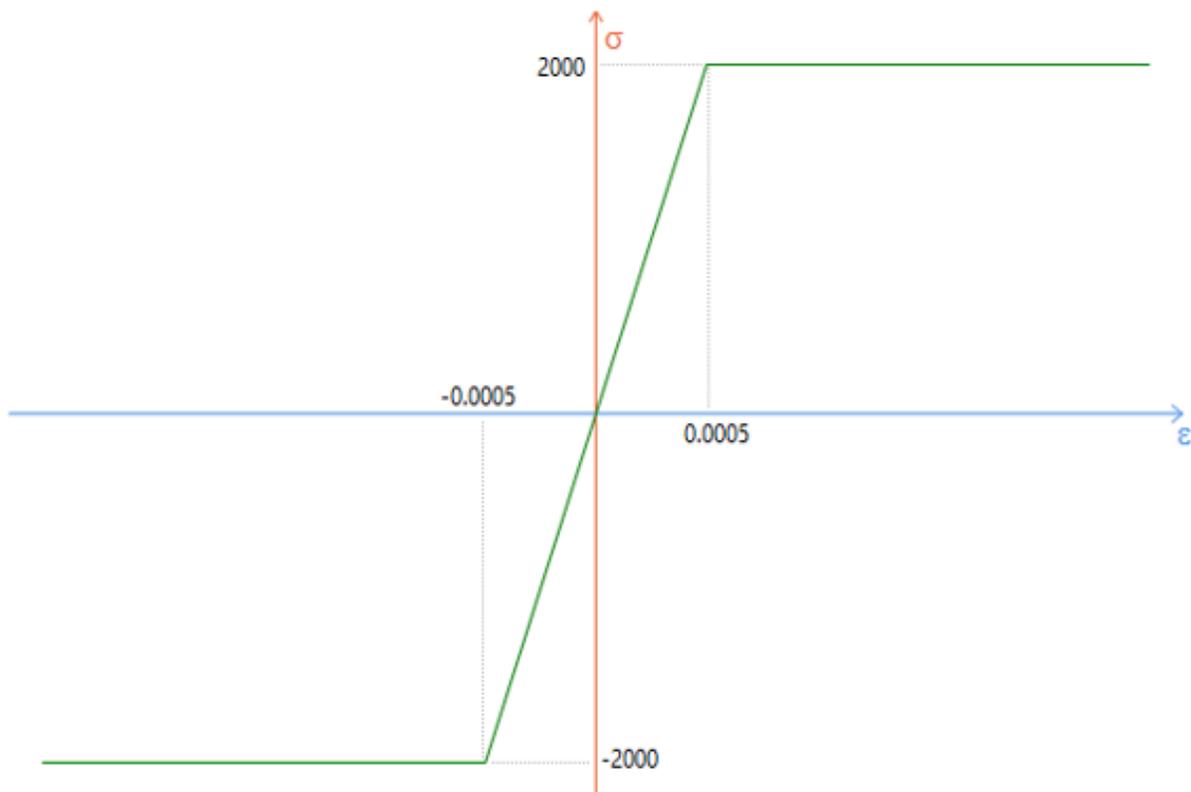


Рис. 1. Диаграмма работы материала

Благодаря этому становится возможным выполнять полноценный нелинейный динамический расчет в системе ДИНАМИКА+ во временной области с применением инструментальных или синтезированных акселерограмм согласно требованиям п.5.2.2 [1].

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ЭКСПЕРТОВ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

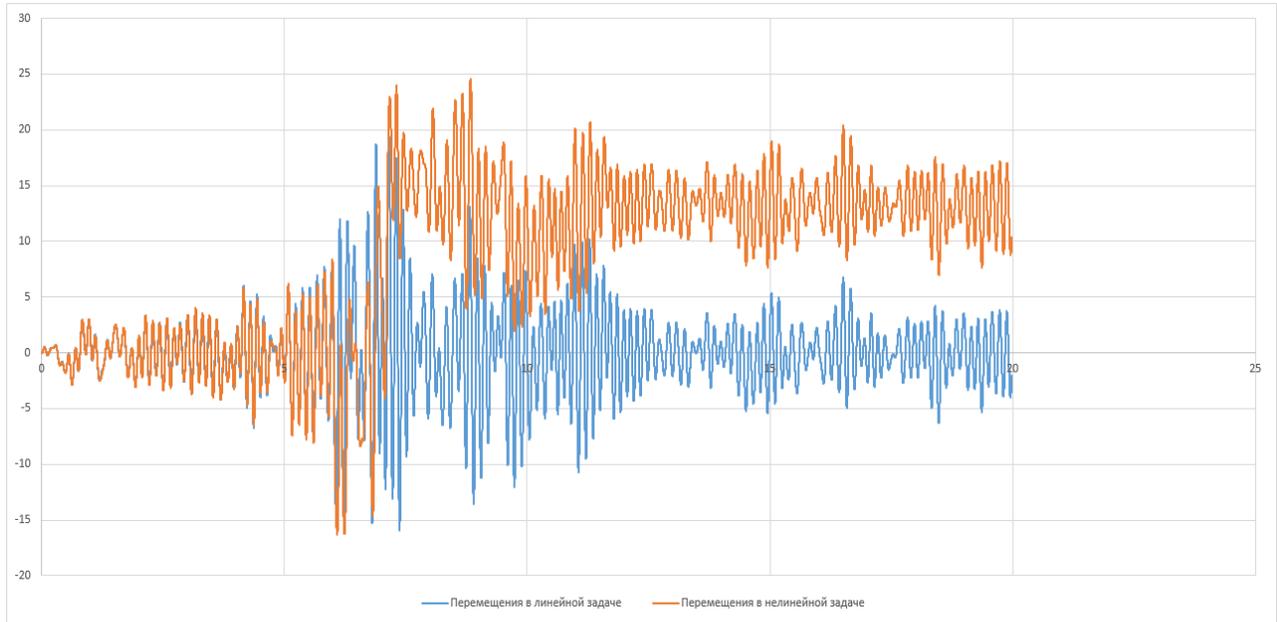


Рис. 2. Результаты расчета одномассового осциллятора

Результаты расчета для одномассового осциллятора: наблюдаем смещение графика за счет остаточных деформаций (синим цветом указаны ускорения при линейной задаче, красным – нелинейная задача).

При решении задачи в прямой динамической постановке необходимо задавать сейсмическое воздействие в виде акселерограммы или сейсмограммы. Сейсмограмму можно получить, имея акселерограмму в ПК ЛИРА 10.8:

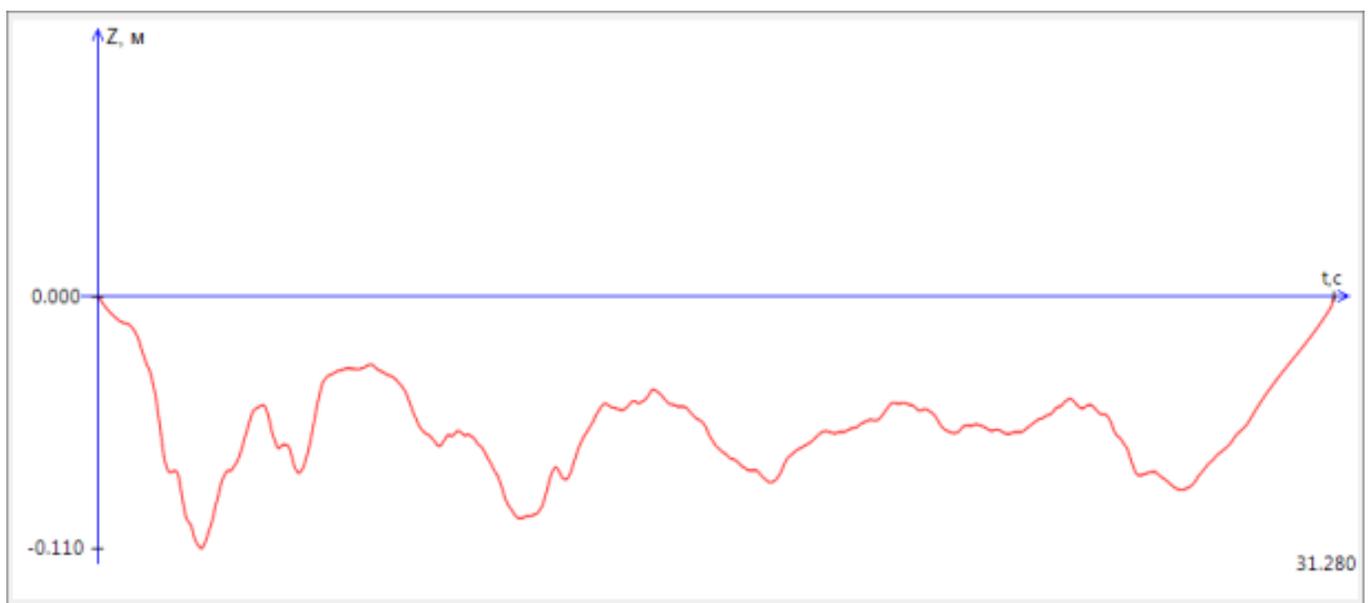


Рис. 3. Сейсмограмма землетрясения

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ЭКСПЕРТОВ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

При выполнении поверочных расчетов конструкций на воздействие уровня МРЗ помимо прямых динамических методов также применяют и упрощенные методы, например, нелинейный статический метод (Pushover), с помощью которого можно заранее организовывать пластические шарниры в нужных зонах – как это требует Eurocode. Метод расчета Pushover можно применять и к действующему в РФ документу [1], а также произвольному другому документу – с заданными спектрами [3].

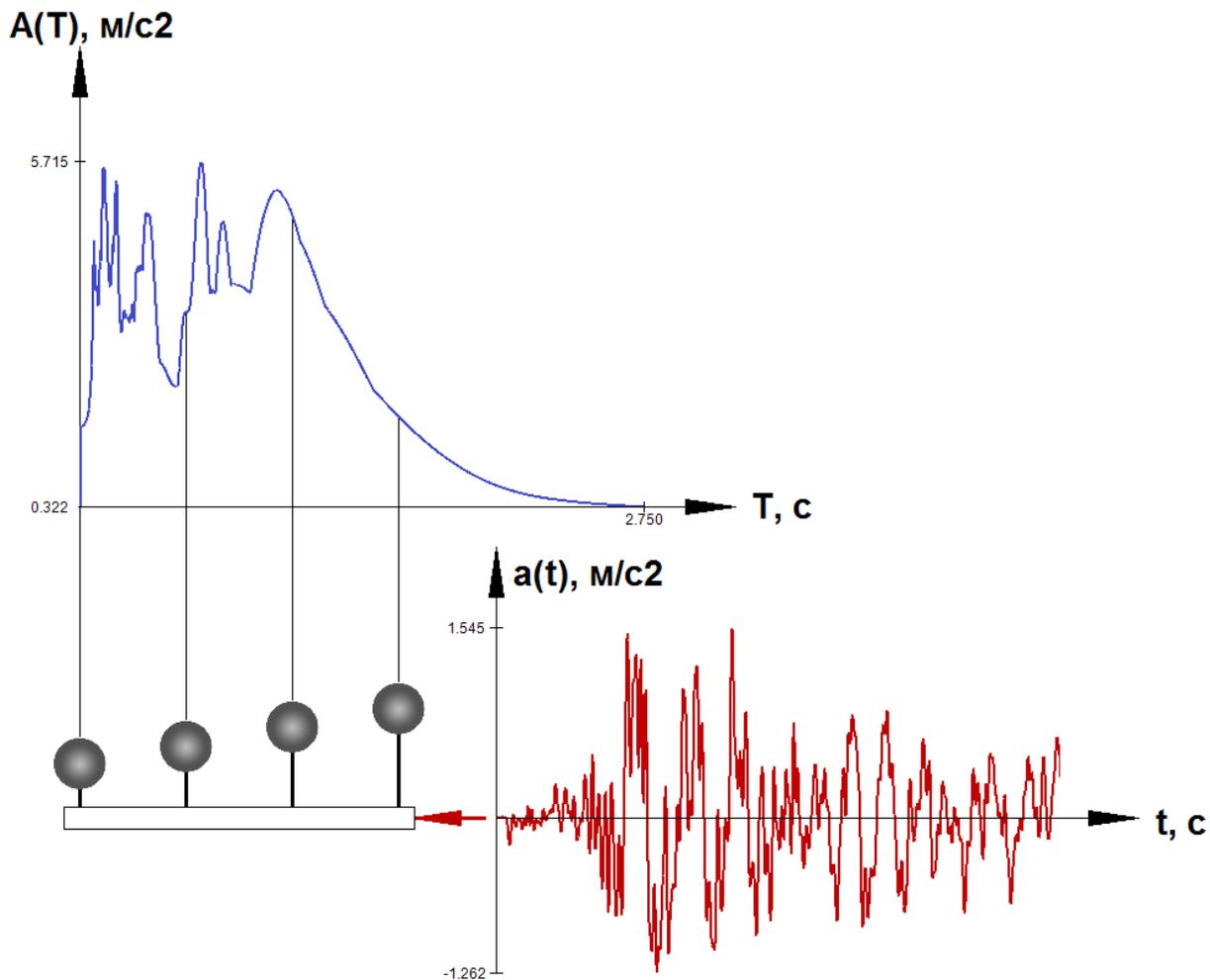


Рис. 4. Сейсмограмма землетрясения

При необходимости использования спектра можно воспользоваться функцией построения огибающего спектра по имеющимся акселерограммам (рис. 4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 14.13330.2014 “Строительство в сейсмических районах”

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ЭКСПЕРТОВ ПО
СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

2. **Горбовец А.В., Евзеров И.Д.** Приближенные схемы для стационарных и нестационарных задач с односторонними ограничениями// Вычислительные технологии. - 2000. Т.5. №6. – С. 33-35.

3. **Джинчвелашвили Г.А., Булушев С.В., Колесников А.В.** Нелинейный статический метод анализа сейсмостойкости зданий и сооружений «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений». 2016, № 5, С. 39-47