

## Методика расчета сооружений на максимальное расчетное землетрясение в программном комплексе ЛИРА-САПР 2019

*В. В. Габова, В.Ю. Петров, П. А. Бармин*

*Институт архитектуры и строительства (ИАуС) Волгоградского государственного технического университета (ВолгГТУ)*

**Аннотация:** В данной статье рассмотрена методика расчета зданий и сооружений на максимальное расчетное землетрясение с помощью модуля Динамика+ программного комплекса ЛИРА-САПР 2019, с применением акселерограмм, произведен расчет и анализ промышленного здания

**Ключевые слова:** максимальное расчетное землетрясение, расчет, сейсмическое воздействие, нагрузки, акселерограмма.

При выполнении расчетов сооружений в сейсмически активных районах, согласно СП 14.13330.2014, необходимо рассматривать две ситуации:

1. Сейсмические нагрузки соответствуют уровню проектного землетрясения (ПЗ) - расчет проводится для всех зданий и сооружений. Расчетные модели сооружений принимаются в упругой области деформирования.

2. Сейсмические нагрузки соответствуют уровню максимального расчетного землетрясения (МРЗ).

Расчет на нагрузки, соответствующие максимальному расчетному землетрясению необходимо выполнять для зданий и сооружений, перечисленных в позициях 1 и 2 таблицы 3 СП 14.13330.2014. Целью расчета на МРЗ является проверка несущей способности конструкций, включая общую устойчивость сооружения или его частей, при максимальных горизонтальных перемещениях, с учетом вертикальной составляющей сейсмических ускорений. Расчетные модели задаются с учетом возможности в элементах конструкций неупругих деформаций и локальных хрупких

разрушений [1-4]. Расчет выполняется во временной области с применением синтезированных или инструментальных акселерограмм.

В программном комплексе (ПК) ЛИРА-САПР 2019 расчет на сейсмическое воздействие для ситуации максимального расчетного землетрясения можно выполнить с помощью модуля Динамика+ (динамика во времени) в линейной и нелинейной постановке задачи. Этот модуль позволяет рассчитать на динамические воздействия нелинейно деформируемые конструкции [5]. Решение задач выполняется методом прямого интегрирования уравнений движения [6].

Для выполнения расчета на МРЗ сначала необходимо провести расчет на ПЗ и создать копию расчетного файла.

В расчетной схеме на МРЗ удаляем все статические загрузки, не участвующие в комбинации на сейсмические воздействия, а также все динамические нагрузки. Далее необходимо собрать оставшиеся загрузки в одно, с понижающим коэффициентом надежности. Для постоянной нагрузки пример приведен на рис.1.

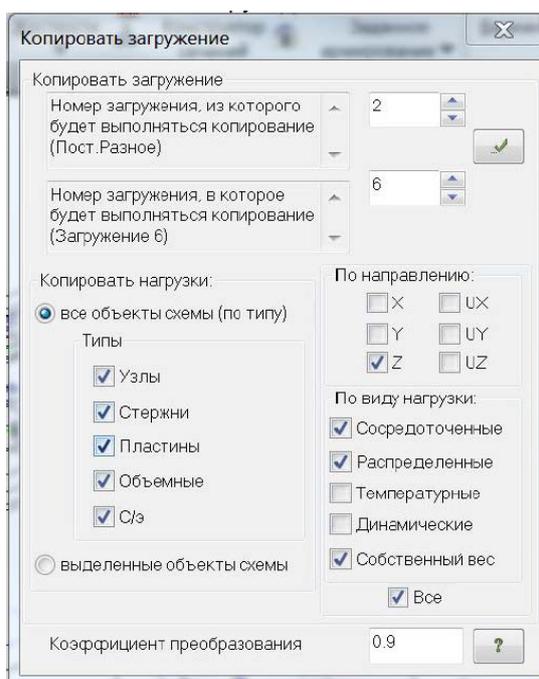


Рис. 1. – Копирование загрузки с постоянной нагрузкой

Собрав необходимые загрузки в одно, удаляем исходные, оставляя только одно общее. Теперь нам необходимо создать загрузки с динамическими массами с помощью функции «Формирование динамических загрузок из статических» (рис. 2).

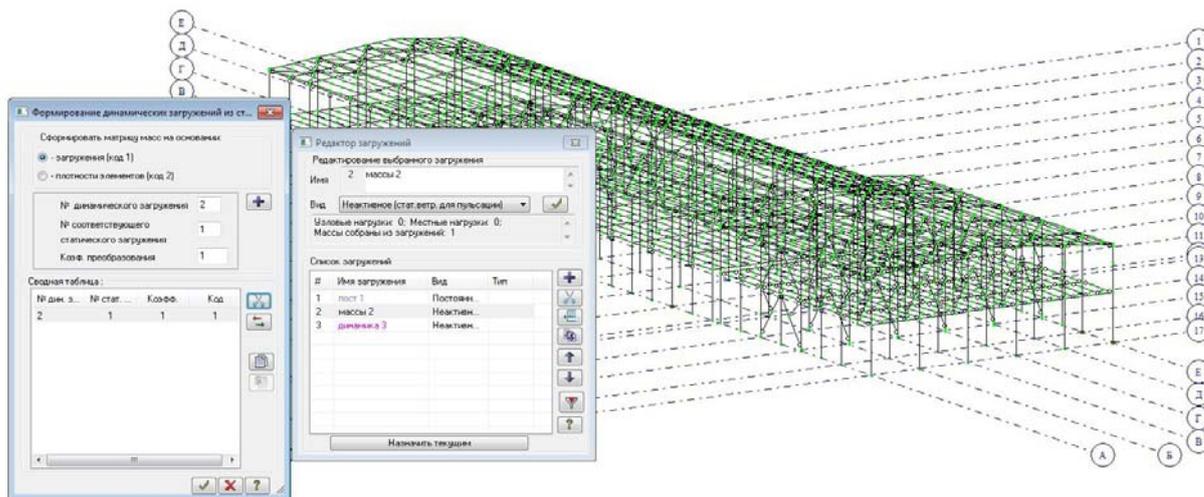


Рис. 2. – Формирование динамических загрузок из статических

После этого задаем сейсмическую нагрузку в виде акселерограммы (рис. 3) и прикладываем ее к узлам с массами (рис. 4).

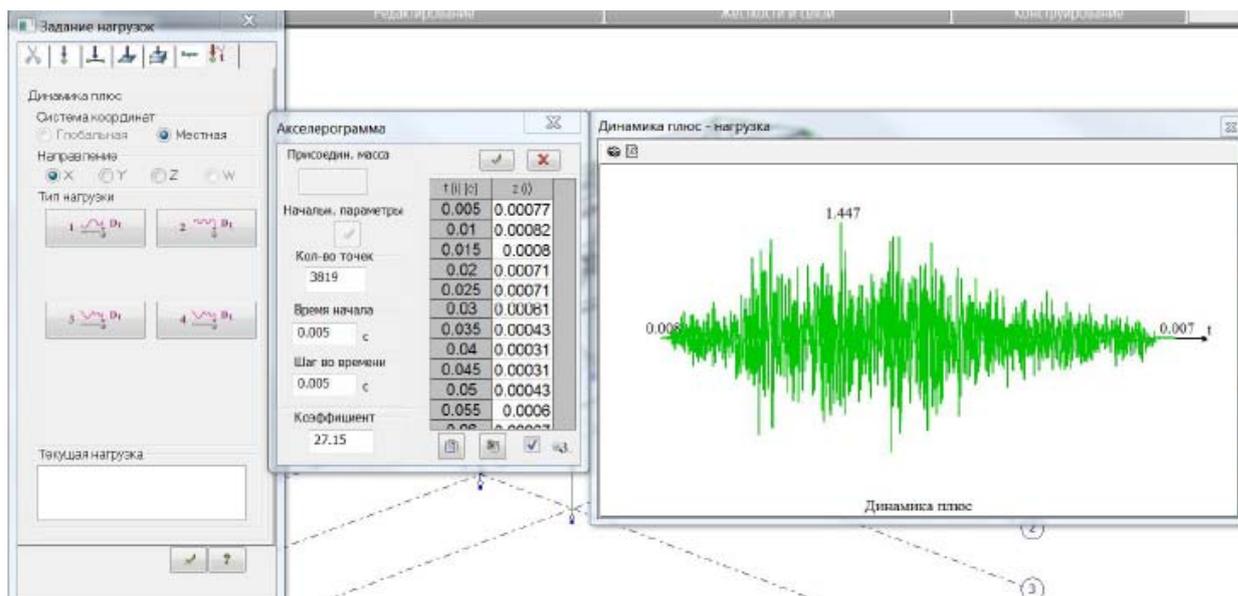


Рис. 3. – Задание сейсмической нагрузки в виде акселерограммы

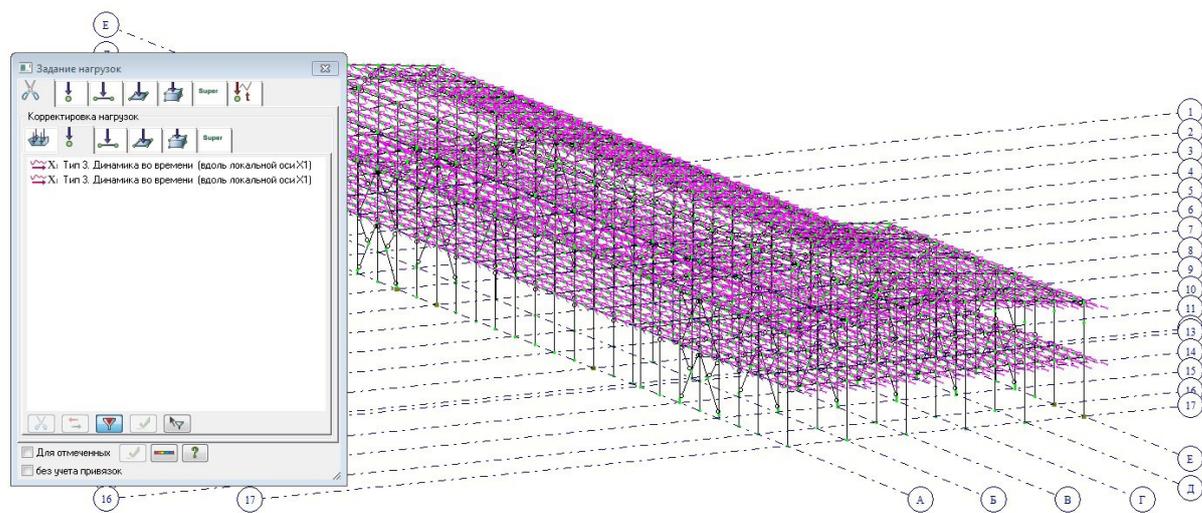


Рис. 4 – Приложение динамической нагрузки

Далее задаем коэффициенты Рэлея

$$\alpha = \zeta \cdot \frac{2 \cdot \omega_1 \cdot \omega_2}{\omega_1 + \omega_2}; \quad \beta = \zeta \cdot \frac{2}{\omega_1 + \omega_2},$$

где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности массы

$\beta$  -коэффициент пропорциональности жесткости

$\zeta$  - коэффициент демпфирования

$\omega$  - собственная частота, рад/сек, определяемая от первых (низших частот).

Выполняем расчет. В расчетном процессоре «Динамика+» параметры для вычисления РСУ назначаются автоматически.

После выполнения расчета необходимо проанализировать усилия в элементах [7-9] (рис. 5), проверить конструкцию по группам предельных состояний и убедиться, что разрушенные элементы отсутствуют (рис 6).

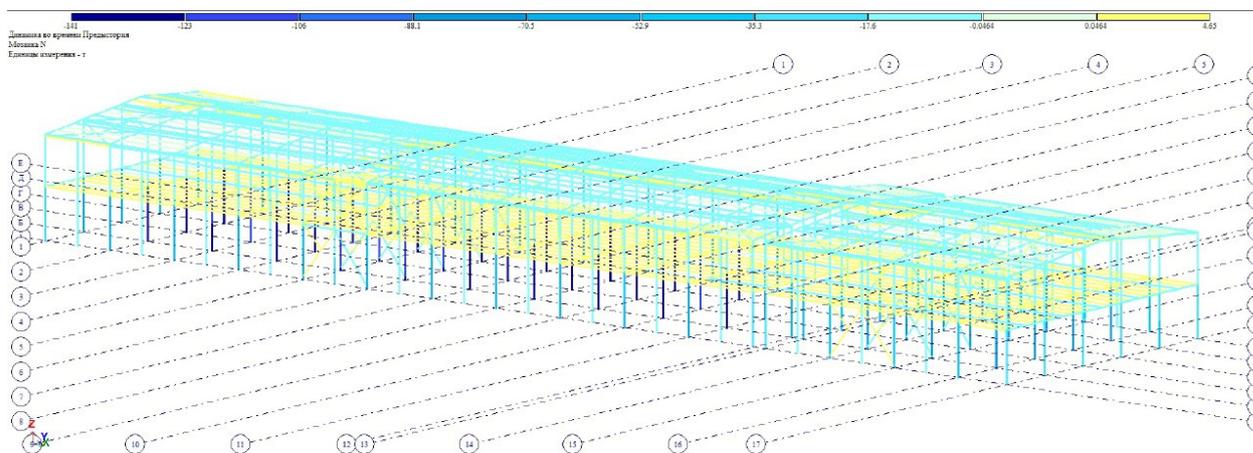


Рис. 5. – Расчетные сочетания усилий в элементах конструкции.

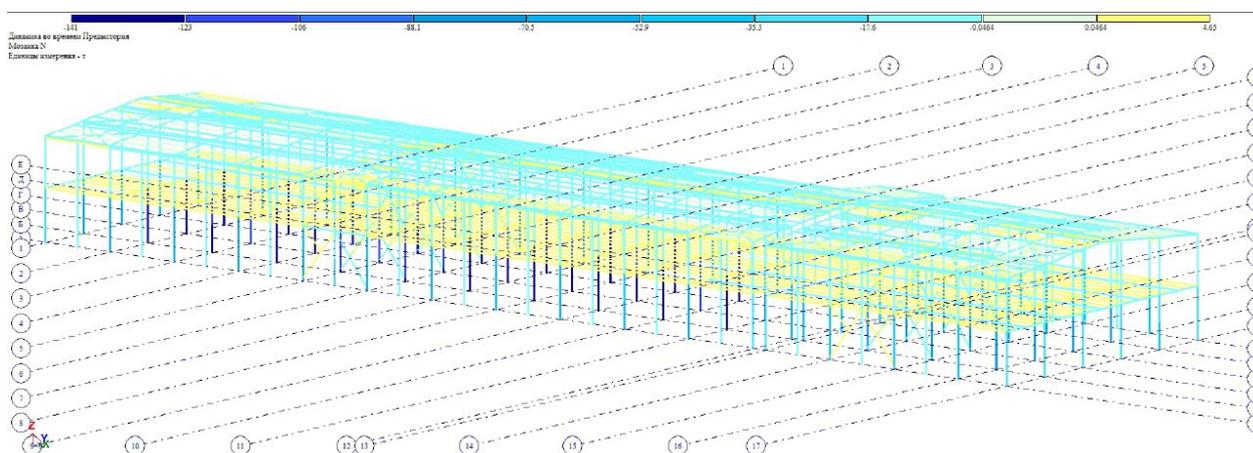


Рис. 6. – Проверка конструкции по 1 предельному состоянию.

Если строительные конструкции прошли проверку, можно считать, что расчет на МРЗ выполнен [10]. Если есть разрушающиеся элементы, необходимо подобрать оптимальный профиль и пересчитать обе задачи (на ПЗ и МРЗ).

### Литература

1. Бирбраер А. Н. Расчет конструкций на сейсмостойкость. СПб.: Изд-во Наука, 1998. - 254 с.
2. Чылбак А. А. Воздействие сейсмических сил на здания и сооружения // Вестник Технические и физикоматематические науки. 2016. № 3. С. 100-104.

3. Costanzo S., D'Aniello M., Landolfo R. Seismic design criteria for Chevron CBFs European vs North American codes (part 1) // Journal of constructional steel research. 2017. №135. pp. 83-96.

4. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Draft № 6, Version for translation (Stage 49), 2003. – 223 p.

5. Зотова Е. В., Панасюк Л. Н. Численное моделирование динамических систем с большим числом степеней свободы на импульсные воздействия // Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/933/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/933/)

6. Дроздов В. В. Пшеничкина В. А. Расчет зданий повышенной этажности по критерию предельно допустимого риска // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. С. 117.

7. Кравченко Г.М, Труфанова Е.В., Костенко Д.С. Исследование характера распределения нагрузок в расчетных схемах МКЭ // Новый университет. Серии: Технические науки. 2015. №1-2 (35-36). с. 118-122.

8. Габова В. В., Савченко Т. С., Селиванова К. А. Исследование влияния чрезвычайных ситуаций на конструкции опорных блоков морских платформ из ЖБ и металла // Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5412](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5412)

9. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Цуриков С.Г., В.И. Лукьянов В.И. Расчет железобетонного каркаса здания с учетом аварийного воздействия во временной области // Инженерный вестник Дона, 2015, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886).

10. Ордобаев Б. С. О фундаментальной концепции сейсмостойкости и сейсмоустойчивости зданий при сильнейших землетрясениях // Вестник КРСУ. 2015. Т. 15. № 9. С. 133-137.

## References

1. Birbrayer A. N. Raschet konstruktsiy na seysmostoykost. [Design analysis for earthquake resistance]. SPb.: Izd-vo Nauka, 1998. 254 p.
2. Chylbak A. A. Vestnik Tekhnicheskkiye i fizikomatematicheskkiye nauki. 2016. № 3. p. 100-104.
3. Costanzo S., D'Aniello M., Landolfo R. Journal of constructional steel research. 2017. № 135. pp. 83-96.
4. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Draft № 6, Version for translation (Stage 49), 2003. 223 p.
5. Zolotova E. V., Panasuk L. N. Inzenernyj vestnik Dona, 2012, № 3. URL:[ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/933](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/933)
6. Drozdov V. V. Pshenichkina V. A. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. № 5. p. 117.
7. Kravchenko G.M, Trufanova E.V., Kostenko D.S. Novyj universitet. Serii: Tekhnicheskkiye nauki. 2015. №1-2 (35-36). pp. 118-122.
8. Gabova V.V., Savchenko T.S., Selivanova K.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5412](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5412)
9. Kravchenko G.M., Trufanova E.V., Curikov S.G., Luk'yanov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886).
10. Ordobayev B. S. Vestnik KRSU. 2015. T. 15. № 9. pp. 133-137.