

**ОПЫТ И ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА
СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ
ОЛИМПИАДЫ СОЧИ 2014 И СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЧМ ПО
ФУТБОЛУ 2018**

А.В. Колесников⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Технический директор ООО «ЛИРА софт», Москва, Россия, heallex@lira-soft.com*

**EXPERIENCE AND FEATURES IN STRUCTURAL ENGINEERING
OF BUILDINGS AND STRUCTURES FOR SEISMIC ACTIONS BASED ON
EXAMPLE OF OBJECTS OF THE SOCHI 2014 OLYMPIAD AND SPORT
STRUCTURES OF THE FOOTBALL WORLD CHAMPIONSHIP 2018**

Alexey V. Kolesnikov⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Technical Director of LLC “LIRA soft”, Moscow, Russia, heallex@lira-soft.com*

**СОЧИ 2014 ОЛИМПИАДАСЫНЫН ОБЪЕКТИЛЕРИНИН ЖАНА 2018
ФУТБОЛ БОЮНЧА ДЧ СПОРТТУК КУРУЛМАЛАРЫНЫН
МИСАЛЫНДА СЕЙСМИКАЛЫК ТААСИР ЭТҮҮЛӨГӨ
ИМАРАТТАРДЫ ЖАНА КУРУЛМАЛАРДЫ ЭСЕПТӨӨНҮН
ТАЖРЫЙБАСЫ ЖАНА ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ**

А.В. Колесников⁽¹⁾

⁽¹⁾ *«ЛИРА софт» ААКтын техникалык директору, Москва, Россия, heallex@lira-soft.com*

При проектировании особо ответственных и уникальных зданий и сооружений, например, таких как стадионы, высотные сооружения (более 100 м), театры и др., необходимо выполнять расчетное обоснование с большей тщательностью и с применением широкого набора инструментов. Так, например, большинство объектов олимпиады Сочи 2014 и спортивных сооружений ЧМ по футболу 2018 было запроектировано и рассчитано с учетом следующих факторов:

- Взаимодействие сооружения с грунтом основания
- Эксплуатационные нагрузки
- Снеговые воздействия (Красная поляна – около 1 т/м²)

- Пульсация ветра
- Боковое давление грунта
- Требования комфортности (расчет на согласованное движение зрителей)
- Поэтапное возведение конструкций
- Сейсмические воздействия, в том числе с учетом нелинейной работы конструкций
- Температурные воздействия
- Устойчивость к прогрессирующему обрушению
- Расчеты в 2 ПК

Рассмотрим примеры таких расчетов. На рис. 1 изображен футбольный стадион к ЧМ по футболу 2018 г., строящийся в г. Ростов-на-Дону (Расчетное обоснование: Келасьев Н.Г. (ЦНИИПромзданий, гл. инженер), Мкртычев О.В. (МГСУ, зав. НИЛ НСС), Колесников А.В. (ЛИРА софт).

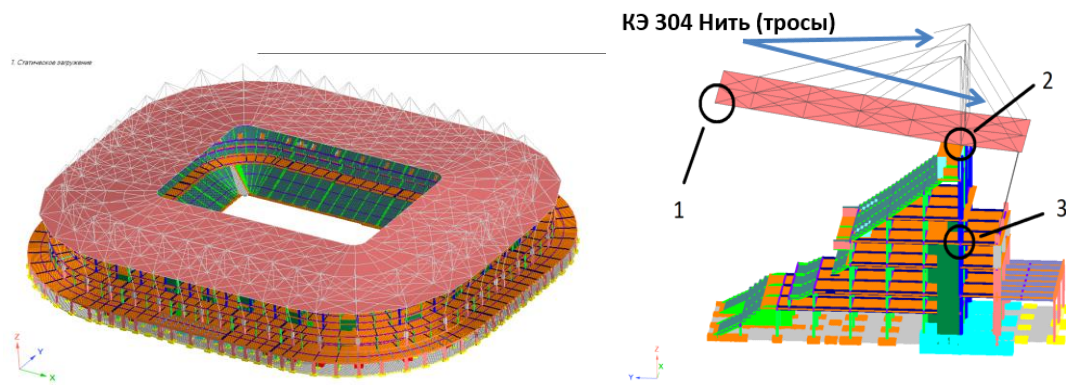


Рис. 1 Стадион в Ростове-на-Дону (ЧМ по футболу 2018)

Так как сооружение строится в сейсмически активном районе, необходимо обосновать принятые конструктивные решения на предмет сейсмостойкости. Проблема заключается в том, что действующие документы по сейсмостойкому строительству, основанные на спектральном методе расчета, неприменимы, поскольку (как минимум) использование в конструкции покрытия тросов (рис. 1), работающих только на растяжение, предполагает использование нелинейных методов расчета. Таким образом, необходимо использовать прямые методы интегрирования уравнений с применением акселерограмм и с использованием нелинейных конечных элементов.

При этом необходимо оценивать полученные ускорения и перемещения в узлах во времени (рис. 2), а также изменяющиеся во времени усилия в конечных элементах.

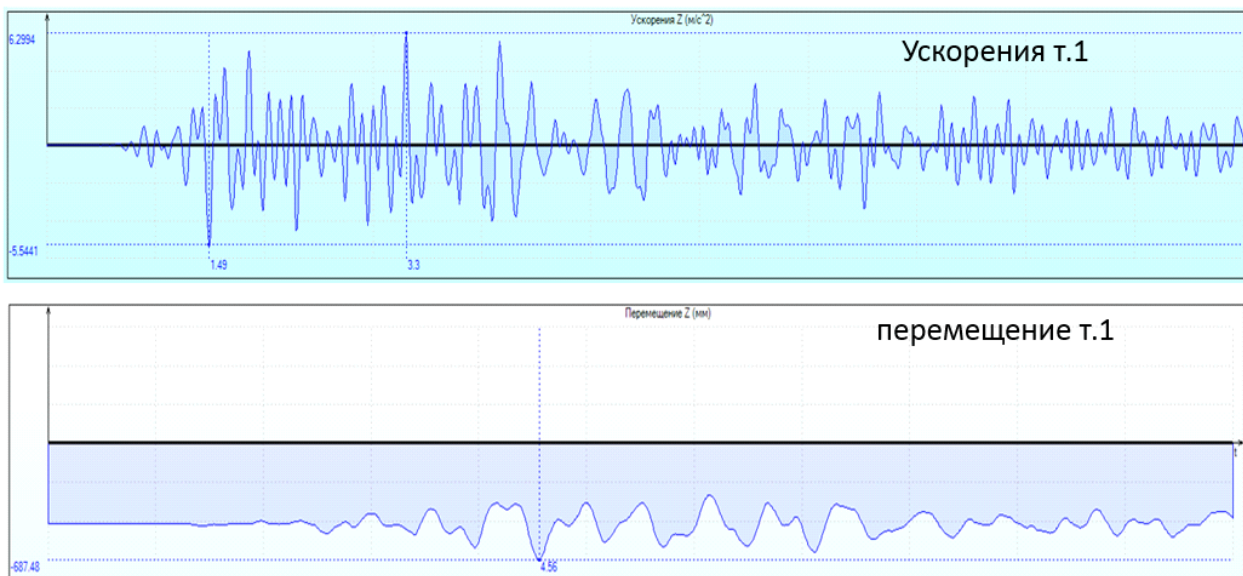
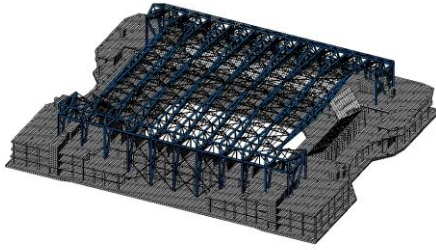


Рис.2 Ускорения и перемещения для точки 1 (консоль «козырька» покрытия)

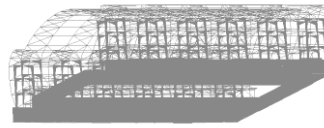
При проектировании таких сооружений, как правило, разрабатываются специальные технические условия (СТУ) на проектирование, в которых даются указания на проектирование таких зданий, которых нет или они (указания) противоречат действующим нормам. Так, например, необходимость создания СТУ на Ледовую арену для Керлинга, построенную для Олимпиады 2014 [2] объясняется отсутствием в нормах следующих параметров:

- В расчетах на особые сочетания нагрузок следует учесть сейсмическую нагрузку согласно требованиям СНиП II-7-81*, СП 31-114-2004, СНКК 22-301-2000* и настоящих СТУ.
- С учетом сейсмичности площадки коэффициент А в формуле (2) СНиП II-7-81* следует принять равным 0.5 (500 см/с²).
- Расчеты сооружения на особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий необходимо выполнить в двух вариантах по п. 2.2,а и п. 2.2,б СНиП II-7-81*.

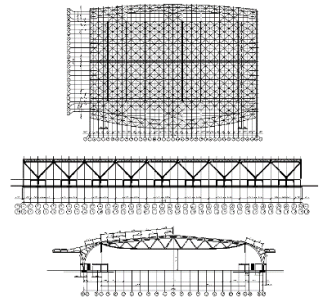
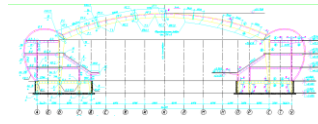
Большинство объектов Олимпиады 2014 (рис.3) проектировались по СТУ с примерно похожими требованиями, описанными выше.



Ледовый ДС для фигурного катания



Ледовая арена для керлинга



Крытый конькобежный центр

Рис.3 Некоторые из олимпийских объектов Сочи 2014

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- СНиП II-7-81*. *Строительство в сейсмических районах (с изм. 2000г.)*. – М.: ЦНС, 2003. – 48 с.
- *СТУ на проектирование объекта «Ледовая арена для керлинга», ЦНИИСК им. Кучеренко, 2008 г.*