**РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИК И АЛГОРИТМОВ РАСЧЕТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВО ВРЕМЕННОЙ И ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ В ПК STARK ES**

**В.В. Курнавин**, инж., нач. отдела ООО ЕВРОСОФТ.

**Ю.П.** **Назаров,** д-р техн. наук, проф.,

(ООО «Еврософт», АО «НИЦ «Строительство»)

**Е.В. Позняк** канд. техн. наук

(НИУ МЭИ, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»)

**В.Н. Симбиркин**, канд. техн. наук

(ООО «ЕВРОСОФТ»)

**Аннотация.** В докладе рассматривается вопрос анализа зданий и сооружений, расположенных в сейсмических районах. Представлен пример оптимального алгоритма расчета решения задачи о нахождении собственных форм и частот колебаний.

**Ключевые слова:** собственные частоты колебаний, собственные формы колебаний, расчет на сейсмические воздействия

Анализ прочности зданий и сооружений, расположенных в сейсмических районах, в инженерной практике выполняется во временной и частотной области. При этом, расчетная модель воздействия (РМВ) описывается в виде волнового процесса.

Расчет на сейсмическое воздействие включает в себя определение и анализ собственных форм колебаний, который выполняют посредством метода разложения по собственным формам во временной области и линейно-спектрального метода в частотной области. При решении задачи о нахождении собственных значений требуются численные алгоритмы с противоречивыми требованиями точности, надежности, скорости получения решений при постоянном увеличении размерности задачи.

Одним из оптимальных алгоритмов, представленным в данной работе, является реализация блочного метода Ланцоша, используемым совместно с фронтальным методом исключения неизвестных. Метод Ланцоша позволяет находить большое число собственных частот и форм колебаний, а время его работы практически линейно зависит от их количества [3]. Преимуществом использования фронтального метода является возможность решения системы линейных алгебраических уравнений большой размерности [4]. Особенностью алгоритма является возможность нахождения достаточного количества собственных форм с дополнительной фильтрацией. Критерием остановки алгоритма служит условие достижения требуемой суммы модальных масс отобранных форм по трем взаимно перпендикулярным направлениям, совпадающим с осями глобальной системы координат. В процессе решения производится исключение найденных форм колебаний, если значения модальных масс меньше заданного порога. Дополнительно введен критерий оценки вращательного движения грунтового основания [4].

Основной проблемой выполнения прочностных расчетов на сейсмическое воздействие является задача подготовки исходных данных для описания РМВ. Данную задачу решает ПК «Одиссей» [8-12], который производит обработку записей сейсмического движения грунта, представленных акселерограммами, в том числе синтезированными. Нормативные документы не регламентируют методы определения коэффициента динамичности (КД) по акселерограммам. В докладе представлена как методика определения и построение огибающей КД для многокомпонентного движения грунта, так и другие возможности ПК «Одиссей».

В инженерной практике, РМВ формируется в основном в частотной области, а расчеты, связанные с проверкой принятых конструктивных решений – во временной области. В докладе рассматриваются следующие задачи [3-13]:

* формировании РМВ для разных видов волновой модели – Интегральной (дилатационной, дилатационно-ротационной) и дифференцированной, с возможностью учета до шести компонентов сейсмического воздействия.
* применением спектральной теории сейсмостойкости, в рамках которой сейсмическое воздействие задается в виде квазистатический сил, зависящих от коэффициента динамичности и коэффициентов нормированных интенсивностей сейсмического воздействия.

Для всех частей настоящего доклада приведены основные математические зависимости и их решения в ПК STARK ES и Одиссей, а также представлены примеры расчетов реальных зданий и сооружений [3-14].

**Библиография**

1. СП 14.1330.2014. Строительство в сейсмических районах. СНиП II-7-81\*. – М.: Минстрой России, 2014. – 125 с.
2. Wilson, E.L. Static & dynamic analysis of structures: a physical approach with emphasis on earthquake engineering. – Computers and Structures Inc, 2004. – 304 p.
3. Якушев В.Л., Симбиркин В.Н., Филимонов А.В., Новиков П.А. Эффективность методов расчета конструкций на собственные колебания в программном комплексе STARK ES// Будiвельнi конструкцii: Мiжвiдомчий науково-технiчний збiрник наукових праць. – Вип. 73. – Киiв: НДIБК, 2010. – С. 289-294.
4. В.Л. Якушев, В.Н. Симбиркин, А.В. Филимонов, П.А. Новиков, И.Н. Коньшин, Г.Б. Сушко, С.А. Харченко. Решение плохообусловленных симметричных СЛАУ для задач строительной механики параллельными итерационными методами// Труды Международной суперкомпьютерной конференции «Научный сервис в сети Интернет: экзафлопсное будущее», 19-24 сентября 2011г., г. Новороссийск. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – С. 333-342.
5. Назаров Ю.П., Симбиркин В.Н., Филимонов А.В. Динамический расчет пространственных сооружений с использованием интегральной модели сейсмического воздействия// Доклады VI Российской национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию, г. Сочи, 19-24 сентября 2005 г. – 8 с.
6. Симбиркин В.Н., Филимонов А.В. Определение опасных направлений сейсмического воздействия для пространственных сооружений// Вестник НИЦ «Строительство». Исследования по теории сооружений: Сб. статей. Вып. 6 (XXXI) / под ред. И.И. Ведякова и Г.С. Варданяна. – М.: НИЦ «Строительство», 2012. – С. 23-30.
7. Филимонов А.В. Учет ненайденных форм собственных колебаний при расчете реакции зданий и сооружений на сейсмические воздействия // Строительная механика и расчет сооружений. – 2014. – № 2. – С. 46-53.
8. Ю.П. Назаров, Е.В. Позняк. Определение коэффициента динамичности в расчетах на сейсмостойкость. Строительство: наука и образование. 2015. №1.
9. Назаров Ю.П. "Аналитические основы расчета сооружение на сейсмические воздействия". / Ю.П. Назаров. -М.: Наука, 2010. - 468 с. - ISBN 978-5-02-037487-4 (в пер.).
10. Назаров Ю.П. "Расчетные модели сейсмических воздействий". / Ю.П. Назаров. -М.: Наука, 2012. - 414 с. - ISBN 978-5-02-037507-9 (в пер.).
11. Назаров Ю.П. "Расчетные параметры волновых полей сейсмических движений грунта". / Ю.П. Назаров. -М.: Наука, 2015. -374 с. - ISBN 978-5-02-039164-2 (в пер.).
12. Позняк Е.В. «О расчетах на сейсмостойкость с программным обеспечением ЕВРОСОФТ ПК Одиссей» // Приложение к журналу «Справочник. Инженерный журнал». – 2013. – № 5. – С. 22-24.
13. YuriP.Nazarov, ElenaPoznyak, AntonV.Filimonov A brief theory and computing of seismic ground rotations for structural analyses // Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 71(2015) p.31–41.
14. Назаров Ю.П., Жук Ю.Н., Симбиркин В.Н., Ананьев А.В., Курнавин В.В. Анализ проектов несущих конструкций Центрального стадиона и Большой ледовой арены для хоккея с шайбой в Сочи// Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 10. – С. 4-6.

**APPLICATION OF NUMERICAL METHODS OF CALCULATION OF BUILDINGS ON SEISMIC EFFECTS IN STARK ES SOFTWARE**

**Yu.P. Nazarov**, Ph.D., Professor, Head of section "Seismic resistance of structures" *«NITS «Stroitel’stvo» Ministry of Construction of Russia*

**E.V. Poznyak,** Ph. D., Ass. Professor, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Laboratory of Automation Research and Design of Structures, Research Center of Construction, Moscow

**V.N. Simbirkin**, Ph.D., chief engineer, *EUROSOFT*, Moscow

**V.V. Kurnavin**, Ph.D., head of Department, *EUROSOFT*, Moscow