

УДК 624.048

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ STARK ES И ЛИРА-САПР ДЛЯ АНАЛИЗА СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЗДАНИЯ И ОСНОВАНИЯ

и.с. Панасенко Ю.В.

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, ООО «ЕВРОСОФТ», г. Москва, Россия

До недавнего времени проектировщики зданий и сооружений нередко применяли отдельные расчетные обоснования основных несущих конструкций проектируемых и объектов и их фундаментов. При этом расчетные модели данных сооружений нередко закреплялись в основаниях жесткой заделкой и далее проводились общие и конструктивные расчеты на прочность, устойчивость и колебания без учета работы грунтовых условий. Практика показала, что при данном подходе часто получаются некорректные результаты расчетов, особенно для сооружений со сложными объемно-планировочными решениями. Но и даже для относительно простых зданий в этом случае можно получить некорректное напряженно-деформированное состояние (НДС) основных несущих конструкций сооружения.

В настоящее время в Российской Федерации действует Федеральный Закон №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», принятый Государственной Думой 23 декабря 2009 г. и вступивший в действие с 1 января 2010 г., в статьях 15 и 16 которого сформулированы основные требования к расчетным моделям проектируемых зданий и сооружений. В числе приведенных в ФЗ требований указана необходимость учета особенностей взаимодействия элементов строительных конструкций между собой и основанием.

В Лаборатории автоматизации исследований и проектирования сооружений (ЛАИПС) Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций им. В.А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко) проводится научное сопровождение и экспертиза широкого спектра строительных объектов. Для исследования особенностей учета грунтовых условий на результаты напряженно-деформированного состояния (НДС) основных несущих конструкций сооружения, в качестве примера был выбран корпус санатория «Дубовая роща», проектируемый в Ставропольском крае. Авторы проекта – ООО «ЭкоПро» (г. Москва).

Расчетное обоснование сооружения было выполнено в программных комплексах (ПК) STARK ES 2012 (разработчик – ООО «ЕВРОСОФТ», Россия) и ЛИРА-САПР 2011 (разработчик – ООО «ЛИРА САПР», Украина). Данные ПК являются независимо разработанными программными продуктами, соответствующими рекомендациям ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗЫ России о применении в практике проектирования альтернативных ПК. Кроме того, разработчики ПК осуществляют активную поддержку пользователей, применяющих сопоставительные расчеты, а также производят поставку специальных модулей для конвертации расчетных моделей из одного ПК в другой. При этом передается более 90% (а зачастую – 100%) всей

информации, содержащейся в расчетных моделях. В процессе развития ПК конвертеры постоянно совершенствуются и увеличивают количество передаваемой информации между ПК.

Подробно особенности и преимущества технологии совместного использования ПК STARK ES и ЛИРА-САПР показаны в статье [1]. Применение данной технологии позволяет значительно повысить качество расчетных обоснований проектов строительных конструкций.

На рисунке 1 показаны расчетные модели корпуса в ПК STARK ES и ЛИРА-САПР. Здание имеет развитую стилобатную часть, повышающую сейсмостойкость сооружения в условиях повышенной сейсмической опасности Ставропольского края. Основанием сооружения служит фундаментная плита, толщиной 1200 мм. Бетон тяжелый класса В25, продольная арматура класса А500, поперечная – А240.

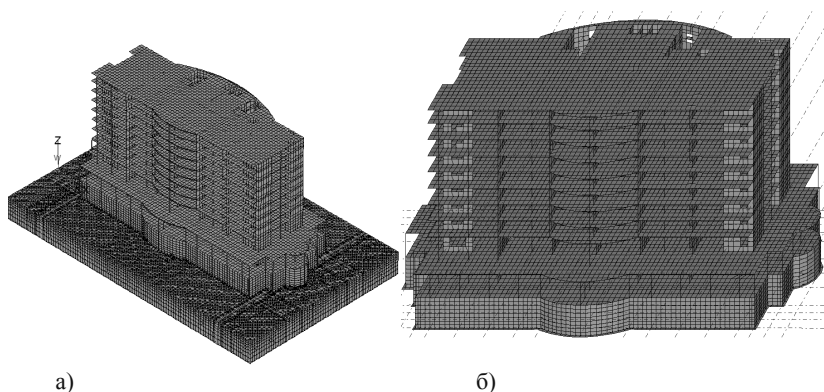


Рис. 1. Расчетные модели здания:
а – в ПК STARK ES; б – в ПК ЛИРА-САПР.

Реализация моделей грунта в ПК STARK ES и ЛИРА-САПР имеет ряд своих особенностей. К возможностям ПК STARK ES можно отнести следующие:

1. При учете нелинейности деформирования основания под нагрузкой обеспечивается двухстадийная работа грунта на ветвях первичного и вторичного нагружения в соответствии с СП 22.13330.2011, СП 50-101-2004;
2. Возможность учета увеличения модуля деформации грунта с глубиной;
3. Возможность расчета в рамках выбранного фрагмента расчетной схемы;
4. Толщина объемных КЭ постепенно возрастает от верхних (наиболее значимых) слоев к нижним (сокращается объем решаемой машиной задачи).

В ПК ЛИРА-САПР имеется возможность применения физически нелинейных объемных конечных элементов с заданием диаграммы

деформирования материалов, в т.ч. моделирующих работу грунта с учетом закона Кулона-Мора.

На рисунке 2 приведены параметры задания грунтовых условий в ПК STARK ES. В области «Расчетная модель основания» определяется один из возможных вариантов моделирования грунтового основания. Допустимы следующие варианты: однопараметрическое упругое основание (модель Винклера), двухпараметрическое упругое основание (модели Барвашова [2], Пастернака [3], Шашкина [4]) и модель грунта, состоящая из объемных конечных элементов (объемные КЭ).

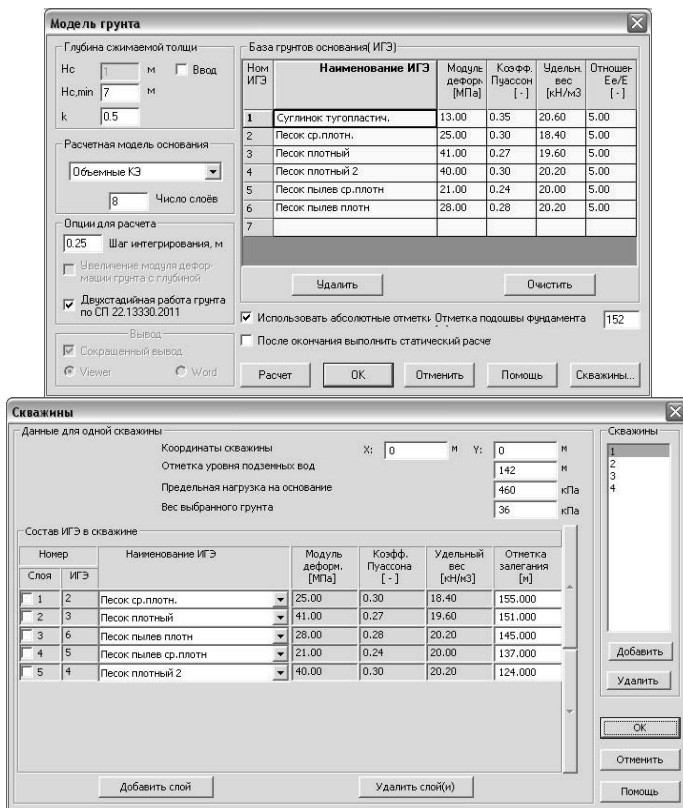


Рис. 2. Расчетные параметры задания модели грунта в ПК STARK ES

В рамках проведенной работы сопоставлялись следующие варианты моделирования условий опирания здания на основания:

1. Жесткое опирание (значение жесткости опор было принято 3×10^7 кН/м для линейных степеней свободы и кНм/рад для вращательных степеней

свободы).

2. Однопараметрическое упругое основание (модель Винклера) с переменными в плане коэффициентами жесткости.

3. Двухпараметрическое упругое основание (модель Пастернака) с переменными в плане коэффициентами жесткости.

4. Модель грунта, состоящая из объемных конечных элементов (построенные в ПК STARK ES и ЛИРА-САПР).

Результаты проведенных исследований приведены в таблице 1, деформированная схема основания здания для модели из объемных элементов показана на рисунке 3. В таблице 1 приведены максимальные значения осадки фундаментной плиты и максимальное армирование основных несущих колонн нижнего яруса. Для оценки расхождения полученных результатов условно в качестве эталонных приняты результаты расчета по модели из объемных КЭ в STARK ES.

*Таблица 1
Максимальные осадки и максимальное армирование колонн нижнего яруса*

Вид основания	Параметр	Значение (max)	Расхождение (%)
Жесткое	Осадка, мм	0	-
	Армирование, см ²	43.1	14
Винклер	Осадка, мм	41.4	12.5
	Армирование, см ²	72.4	44.5
Пастернак	Осадка, мм	38.8	5.4
	Армирование, см ²	69.4	38.5
Объемные элементы (STARK ES)	Осадка, мм	36.8	0
	Армирование, см ²	50.1	0
Объемные элементы (ЛИРА-САПР)	Осадка, мм	40	8.7
	Армирование, см ²	52.5	4.8

Полученная разница в результатах расчета по ПК STARK ES и ЛИРА-САПР связана с тем, что в данных программных продуктах реализованы приближенные численные методы. Однако, количественное (и качественное) значение этой разницы позволяет судить о близости результатов расчета в применяемых независимо разработанных программных продуктах. Таким

образом, применение ПК ЛИРА-САПР, в дополнение к ПК STARK ES, позволило удостовериться в точности результатов расчета и принять более надежное конструктивное решение. Вариант с жестким опиранием дает заниженное значение армирования колонн нижнего яруса и других несущих конструкций здания. НДС сооружения в этом случае нельзя считать корректным.

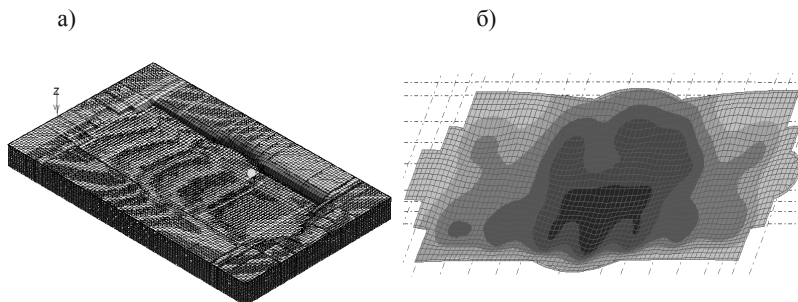


Рис. 3. Деформированная схема основания здания для модели из объемных элементов: а – в ПК STARK ES; б – в ПК ЛИРА-САПР.

Очевидно, что представленный пример далеко не полностью раскрывает эффективность совместного использования двух программных комплексов. Можно привести еще не один десяток реальных проектов, наглядно показывающих преимущества предлагаемой технологии, позволяющей совместно использовать те или иные возможности ПК STARK ES и ЛИРА-САПР.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Городецкий А.С., Назаров Ю.П., Жук Ю.Н., Симбиркин В.Н. Повышение качества расчетов строительных конструкций на основе совместного использования программных комплексов STARK ES и ЛИРА// Информационный вестник Мособлэкспертизы, – 2005. – № 1(8). – С. 42-49.
2. Барвашов В.А. К расчету осадок грунтовых оснований, представленных различными моделями// Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1979. - №4. – С. 25-27.
3. Пастернак П.Л. Основы нового метода расчета фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели. – М.: Госстройиздат, 1964.
4. Шашкин К.Г. Использование упрощенных моделей основания для решения задач совместного расчета основания и конструкций сооружения/ Реконструкция городов и гидротехническое строительство. Интернет журнал. - №1. – 1999.