

УДК 624.012.45:624.131.5:004.94

**ВЛИЯНИЕ УЧЁТА ПОДАТЛИВОСТИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ
НА АРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ПК ЛИРА-САПР**

Карев Михаил Александрович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции».

Медведева Дарья Сергеевна,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

магистрант.

Аннотация

В статье рассматриваются результаты расчета здания в программном комплексе «Лира–САПР 2013» [1] с учетом податливости грунтового основания и на жестком основании. Сравниваются перемещения, усилия и армирование элементов. Авторами отмечается, что оптимальным вариантом расчета является использование вариации моделей.

Ключевые слова: грунтовое основание, армирование, железобетонные элементы, расчетная схема, перемещения.

**INFLUENCE OF ACCOUNTING THE FEATURE OF GROUND
GROUNDING ON REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE
ELEMENTS IN PK LIRA-SAPR**

Karev Mikhail Alexandrovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Building Structures".

Medvedeva Daria Sergeevna,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Undergraduate.

Abstract

The article discusses the results of the calculation of the building in the software package "Lira-SAPR 2013" [1], taking into account the compliance of the soil foundation and on a rigid basis. The displacements, forces and reinforcement of elements are compared. The authors note that the best option for the calculation is the use of model variations.

Keywords: ground base, reinforcement, reinforced concrete elements, design scheme, displacement.

В настоящее время здания и сооружения являются сложными конструкциями, состоящими из множества отдельных элементов, соединенных между собой и работающих совместно друг с другом и с грунтовым основанием. Современные технологии позволяют не только максимально точно рассчитать отдельные элементы, но и учесть их возможные недостатки. Именно благодаря компьютерным программам появилась возможность найти оптимальный вариант расчетной схемы, получить перемещения и усилия, максимально приближенные к реальным.

В качестве примера исследования выбрано отдельное нежилое здание, состоящее из двух этажей и примыкающее к основному строению, состоящему из шестнадцати этажей (см. рисунок 1). Нижний этаж – встроенный въезд в подземный паркинг, верхний этаж – офисные помещения. Кровля неэксплуатируемая. Конструктивная система колонно-стеновая. Конструктивная схема – рамная в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Колонны из монолитного железобетона класса В25, сечением 400×400 мм, 400×600 мм, 500×500 мм. Перекрытие и покрытие – монолитная железобетонная плита толщиной 180 мм из бетона класса В25 по монолитным

балкам сечением 400×650 мм и 400×800 мм. Пространственная жесткость обеспечивается за счет монолитного перекрытия толщиной 180 мм и монолитных стен толщиной 250 мм. Наружные стены – самонесущие из полнотелого керамического кирпича толщиной 250 мм с утеплением из пенополистирола и декоративной штукатуркой, заполнение световых проемов выполнено в виде витражей различных размеров.

Расчетная схема – пространственная дискретная модель, состоящая из набора конечных элементов, в частности:

- стены и плиты перекрытий и покрытий – тонкая оболочка;
- колонны и балки – пространственный стержень.

В работе сравнивались две расчетные схемы, отличающиеся учетом податливости грунтового основания (далее – жесткая схема и податливая).

Учёт податливости грунтового основания позволяет получить усилия в элементах здания после того как пройдут осадки фундаментов, т.е. в долгосрочной перспективе. В краткосрочном промежутке времени работу элементов здания можно оценить по жёсткой схеме с несмещаемыми опорами.

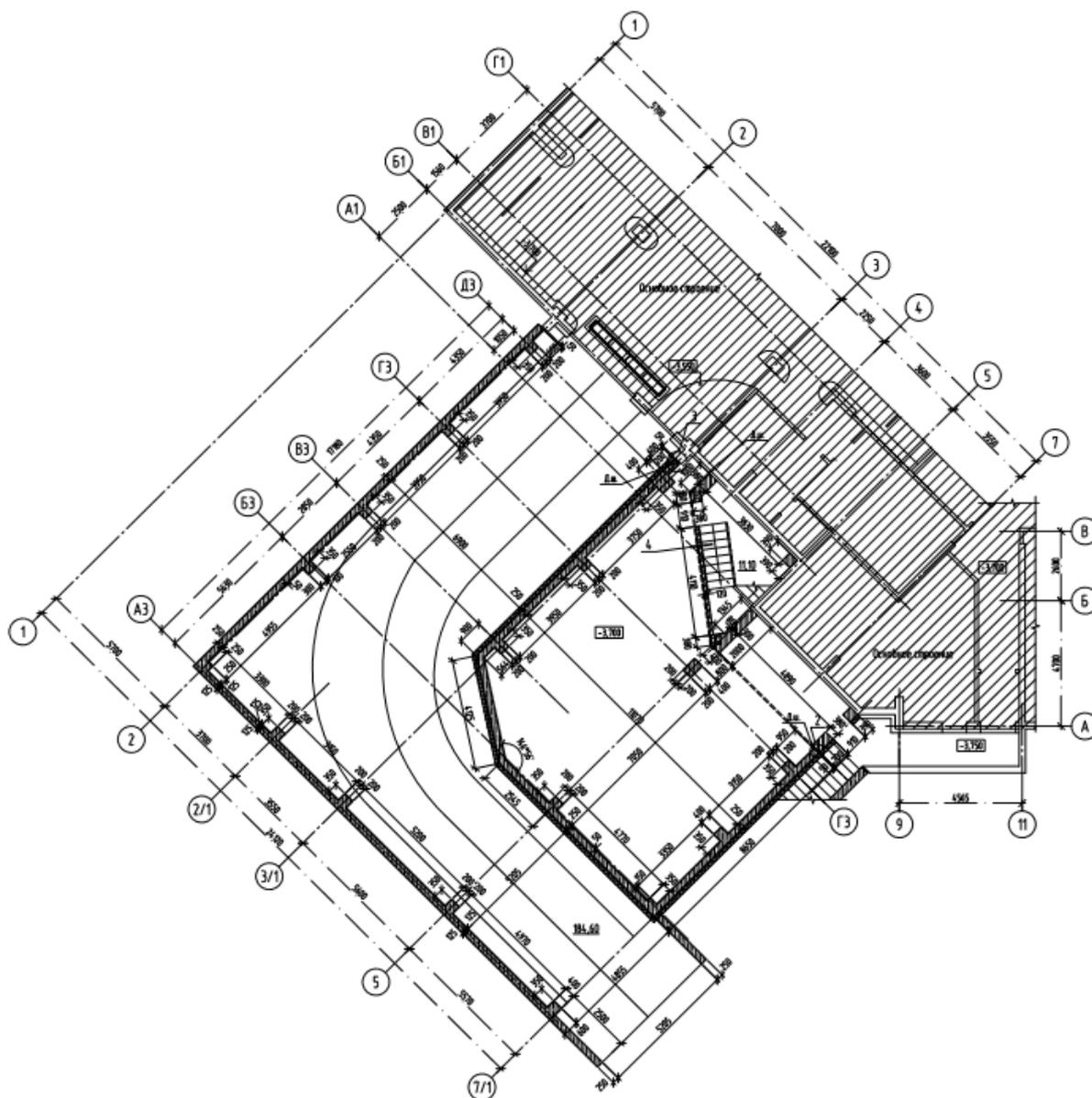


Рисунок 1 – План здания на отм. –3.700

Рассмотрим перемещения по оси Z от суммарной нормативной вертикальной нагрузки. В жесткой схеме максимальные перемещения возникают в плите покрытия в осях 2-3/1—А3-Б3 со значением 3,64 мм. Небольшая область возле колонны, расположенной на пересечении осей 7/1-А1 имеет перемещения с противоположным знаком. В податливой схеме максимальные перемещения сконцентрированы в обширной области плиты покрытия в осях 2/1-5—Г3-Б1 со значением 28,4 мм, что в 7,8 раз больше относительно максимального значения перемещений на жесткой схеме.

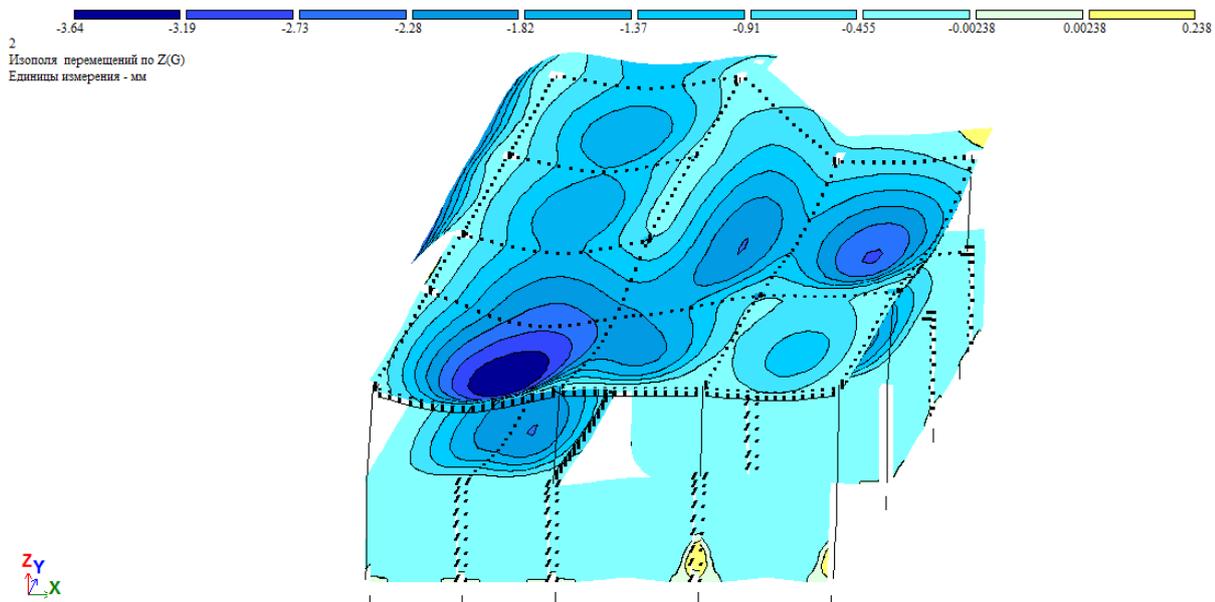


Рисунок 2 – Перемещения по оси Z в жесткой схеме

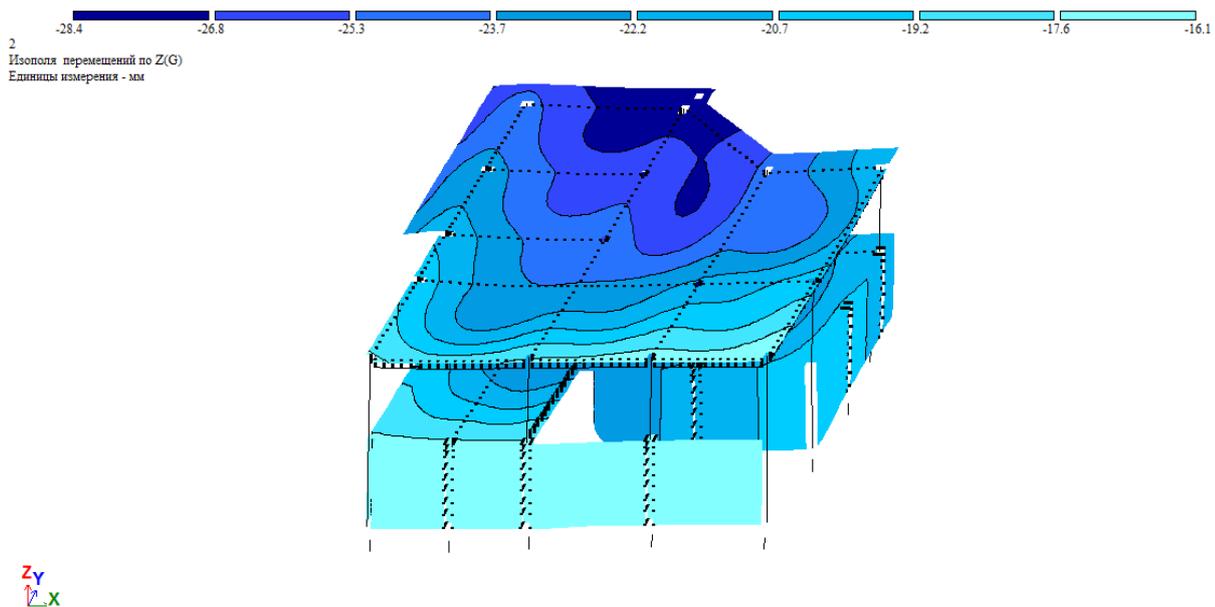


Рисунок 3 – Перемещения по оси Z в податливой схеме

При анализе требуемой площади расчетной арматуры было выявлено, что плита покрытия и наружные стены имеют различия в характере распределения и в требуемой площади.

Рассмотрим требуемую площадь расчетной арматуры в плите покрытия по оси Y у верхней грани. В жесткой схеме максимальная требуемая площадь расчетной арматуры $15,4\text{см}^2/\text{м}$, что соответствует арматуре A500 $d=14\text{мм}$ с

шагом $S=100$ мм. Располагается возле колонн на пересечении осей 2-ВЗ, 2-ГЗ, 2-ДЗ, 3/1-ВЗ, 3/1-ГЗ, 3/1-ДЗ, 5-БЗ, 7/1-БЗ; на оси БЗ, от её пересечения с осью 5 до её пересечения с осью 7/1. В податливой схеме максимальная требуемая площадь расчетной арматуры $11,3\text{см}^2/\text{м}$, что соответствует арматуре А500 $d=12\text{мм}$ с шагом $S=100$ мм. Отличается характер распределения: у колонны в осях 3/1-ВЗ требуется меньше арматуры; требуется армирование у колонн в осях 2-БЗ, 5-ГЗ, 7/1-ГЗ, 7/1-АЗ, 5-АЗ, 3/1-АЗ. И, в отличие от жесткой схемы, не требуется армирование на оси БЗ, от её пересечения с осью 5 до её пересечения с осью 7/1.

Рассмотрим требуемое расчетное армирование наружных стен в осях 2-7/1—АЗ и 2—АЗ-ДЗ по оси X у верхней грани. В жесткой схеме максимальная требуемая площадь расчетной арматуры $7,85\text{см}^2/\text{м}$, что соответствует арматуре А500 $d=10\text{мм}$ с шагом $S=100$ мм. Располагается в нижней части стены возле колонн на пересечении осей 2-АЗ, 3/1-АЗ, 5-АЗ, 7/1-АЗ; в верхней части стены у колонны, расположенной на пересечении осей 2/1-АЗ. В податливой схеме максимальная требуемая площадь расчетной арматуры $20,1\text{см}^2/\text{м}$, что в 2,6 раз больше аналогичной площади в жесткой схеме и соответствует арматуре А500 $d=16\text{мм}$ с шагом $S=100$ мм. Отличается характер распределения. Аналогично жесткой схеме, требуется армирование в нижней части стены у колонн на пересечении осей 2-АЗ, 7/1-АЗ; в верхней части стены у колонн на пересечении осей 2/1-АЗ. В отличие от жесткой схемы, требуется армирование в верхней части стены у колонн на пересечении осей 7/1-АЗ, в нижней части стены на пересечении осей 2-ВЗ, 2/1-АЗ; на всю высоты стены возле колонны на пересечении осей 2/1-АЗ.

Колонны наиболее ярко отражают различие между жесткой и податливой схемами. Рассмотрим армирование колонн, в которых возникают максимальные усилия, а именно стержни 2445, 2446, 2447, 2454, 4151 (см. рисунок 4).

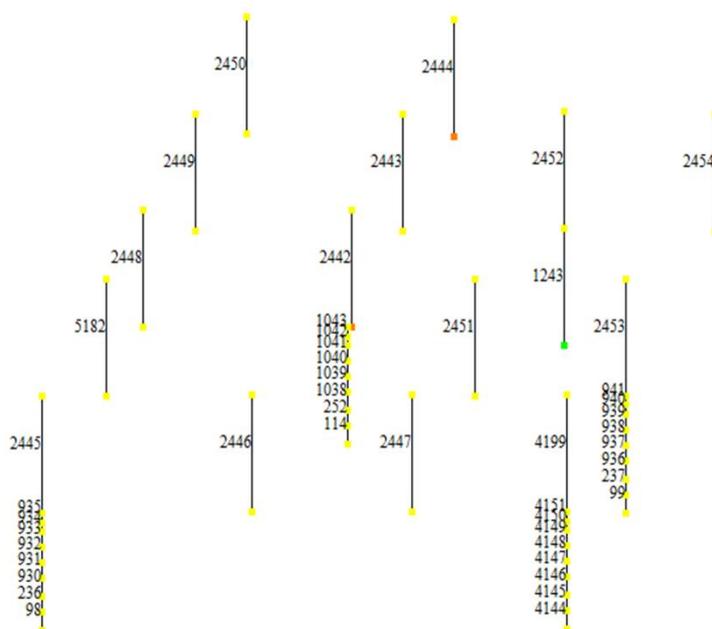


Рисунок 4 – Номера элементов колонн

Стержень 2445: (сечение 5) Площадь угловой арматуры при симметричном армировании для жесткой схемы составляет $0,88 \text{ см}^2$, для податливой – $1,38 \text{ см}^2$; площадь распределенной арматуры для податливой схемы составляет $0,01 \text{ см}^2$; процент армирования – $0,14 \%$ для жесткой схемы, для податливой – $0,22 \%$; площадь поперечной арматуры для жесткой схемы составляет $0,01 \text{ см}^2$, для податливой – $0,15 \text{ см}^2$.

Стержень 2446: (сечение 5) Площадь угловой арматуры при симметричном армировании для жесткой схемы составляет $1,44 \text{ см}^2$, для податливой – $4,47 \text{ см}^2$; площадь распределенной арматуры для жесткой схемы составляет $0,02 \text{ см}^2$, для податливой – $0,03 \text{ см}^2$; процент армирования – $0,24 \%$ для жесткой схемы, для податливой – $0,75 \%$; площадь поперечной арматуры для жесткой схемы составляет $0,19 \text{ см}^2$, для податливой – $0,32 \text{ см}^2$.

Стержень 2447: (сечение 5) Площадь угловой арматуры при симметричном армировании для жесткой схемы составляет $0,48 \text{ см}^2$, для податливой – $4,68 \text{ см}^2$; площадь распределенной арматуры для жесткой схемы составляет $0,02 \text{ см}^2$, для податливой – $0,13 \text{ см}^2$; процент армирования – $0,08 \%$ для жесткой схемы, для податливой – $0,8 \%$; площадь поперечной арматуры для жесткой схемы составляет $0,26 \text{ см}^2$, для податливой – $1,59 \text{ см}^2$.

Стержень 2454: (сечение 5) Площадь угловой арматуры при симметричном армировании для жесткой схемы составляет $1,20 \text{ см}^2$, для податливой - $4,80 \text{ см}^2$; площадь распределенной арматуры для податливой схемы составляет $0,02 \text{ см}^2$; процент армирования для жесткой схемы составляет $0,2 \%$, для податливой схемы - $0,8 \%$; площадь поперечной арматуры для жесткой схемы составляет $0,06 \text{ см}^2$, для податливой – $0,23 \text{ см}^2$.

Стержень 4145: (сечение 1) Площадь угловой арматуры при симметричном армировании для жесткой схемы составляет $0,23 \text{ см}^2$ и $0,21 \text{ см}^2$, для податливой – $2,16 \text{ см}^2$; площадь распределенной арматуры для жесткой схемы составляет $0,50 \text{ см}^2$ и $0,42 \text{ см}^2$, для податливой – $0,39 \text{ см}^2$; процент армирования – $0,11 \%$ для жесткой схемы, для податливой – $0,42 \%$; площадь поперечной арматуры для жесткой схемы составляет $5,46 \text{ см}^2$ и $7,27 \text{ см}^2$, для податливой – $4,63 \text{ см}^2$.

Таким образом, характер деформаций податливой схемы полностью соответствует ожиданиям того как будет деформироваться данное здание. Следовательно, значения внутренних усилий и соответствующее им расчётное армирование в податливой схеме будут максимально приближены к реальным условиям.

Максимальное значение вертикальных перемещений в податливой схеме – $28,4 \text{ мм}$, что в $7,8$ раз больше, чем в жесткой – $3,6 \text{ мм}$. На одних и тех же характерных участках перемещения отличаются более чем в 6 раз. При анализе армирования плиты покрытия было выявлено, что максимальная площадь продольной расчетной арматуры на некоторых участках в податливой схеме на $26,6\%$ меньше. При анализе армирования наружных стен было выявлено, что максимальная требуемая площадь продольной расчетной арматуры в податливой схеме на 61% больше. При анализе армирования колонн было выявлено, что максимальная требуемая площадь угловой арматуры в податливой схеме при симметричном армировании в среднем в $5,6$ раз больше чем в жесткой; требуемая площадь распределенной арматуры в податливой схеме при симметричном армировании в среднем в $2,9$ раз больше чем в

жесткой; требуемая площадь поперечной арматуры в податливой схеме при симметричном армировании в среднем в 12,7 раз больше чем в жесткой; процент армирования в податливой схеме в среднем в 4,5 раза больше чем в жесткой. Таким образом, по количественным показателям требуемая площадь арматуры в податливой схеме значительно больше чем в жесткой. Но на примере плиты покрытия видно, что такая тенденция проявляется не всегда. Следовательно, наиболее оптимальным вариантом расчета для наиболее полного учёта всех возможных аспектов работы монолитного здания является использование вариации моделей с комбинацией упруго-податливого и жёсткого основания.

Библиографический список:

1. Программный комплекс Лира-САПР 2013: Учебное пособие / Д.А. Городецкий, М.С. Барабаш, Р.Ю. Водопьянов и др. Под ред. академика РААСН А.С. Городецкого. М.: Электронное издание, 2013. 376 с.