

## ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТНОЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДЗЕМНЫЕ КОММУНИКАЦИИ В ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ С.-ПЕТЕРБУРГА

**В. Н. ПАРАМОНОВ** – д-р техн. наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета путей сообщений.

Приводится методика расчетной оценки взаимного влияния зданий и подземных коммуникаций. В основе методики – численные расчеты, позволяющие выявить эффекты, не очевидные при упрощенных инженерных подходах. Рассматриваются реальные примеры применения методики на объектах в Санкт-Петербурге.

### ВВЕДЕНИЕ

Строительство зданий в условиях плотной городской застройки Санкт-Петербурга осложнено наличием существующих зданий и инженерных коммуникаций. При проектировании здания необходимо не только обеспечить допустимую осадку проектируемого здания, но и исключить недопустимые деформации зданий и инженерных сооружений, находящихся в зоне влияния нового строительства. Уровень допустимых дополнительных осадок примыкающих зданий в Санкт-Петербурге определяется требованиями Территориальных строительных норм (ТСН 50-302–96) и зависит от категории и технического состояния зданий. При выборе варианта фундаментов и технологии их устройства следует руководствоваться требованием исключения развития недопустимых деформаций существующих сооружений.

Подземная часть города насыщена коммуникациями (инженерные сети, тоннели метрополитена) и при возведении зданий требуется оценить дополнительные воздействия на эти коммуникации. Если для зданий существуют нормы, определяющие уровень допустимых воздействий, то для подземных коммуникаций такие требования отсутствуют. Единственный документ, который регламентирует условия строительства зданий в зоне

прокладки коммуникаций, это СНиП 2.07.01–89\*, определяющий расстояние от фундаментов до коммуникаций (охранную зону коммуникаций).

Тем не менее, современные условия строительства в плотной городской застройке часто не позволяют обеспечить требуемые расстояния. В таких случаях необходимо осуществить:

- оценку дополнительных осадок подземных коммуникаций и дополнительных усилий в их конструкциях, вызванных влиянием веса проектируемого здания или сооружения;
- выбор технологии устройства фундаментов, безопасной для нормальной эксплуатации подземных коммуникаций;
- оценку дополнительных деформаций проектируемых зданий и сооружений вследствие возможных утечек, аварий подземных коммуникаций.

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСАДОК ОСНОВАНИЯ ОТ ВЕСА ПРОЕКТИРУЕМОГО ЗДАНИЯ ИЛИ СООРУЖЕНИЯ НА ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Инженерные (упрощенные) методы расчета оснований широко апробированы и во многих случаях позволяют удовлетворительно прогнозировать деформации оснований и усилия в конструкциях. Однако расчет оснований в сложной геотехнической ситуации, когда необходимо оценить влияние нового

строительства на существующие инженерные сооружения в условиях плотной застройки, требует изучения полных полей напряжений и деформаций в основании и конструкциях, более адекватного в рассматриваемой ситуации отражения реакции грунтов на физические воздействия, приближения геометрии системы и схемы взаимодействия ее элементов к реальным условиям. В этом случае расчетное моделирование может быть выполнено только численным методом, например,

методом конечных элементов. Наша практика показывает, что такое моделирование позволяет во многих случаях выявить и оценить ряд факторов, которые не отражаются инженерными методами расчета и не очевидны.

В качестве примеров на рис. 1-4 приведены расчетные схемы для типичных ситуаций оценки влияния осадок основания от проектируемых сооружений на подземные коммуникации.

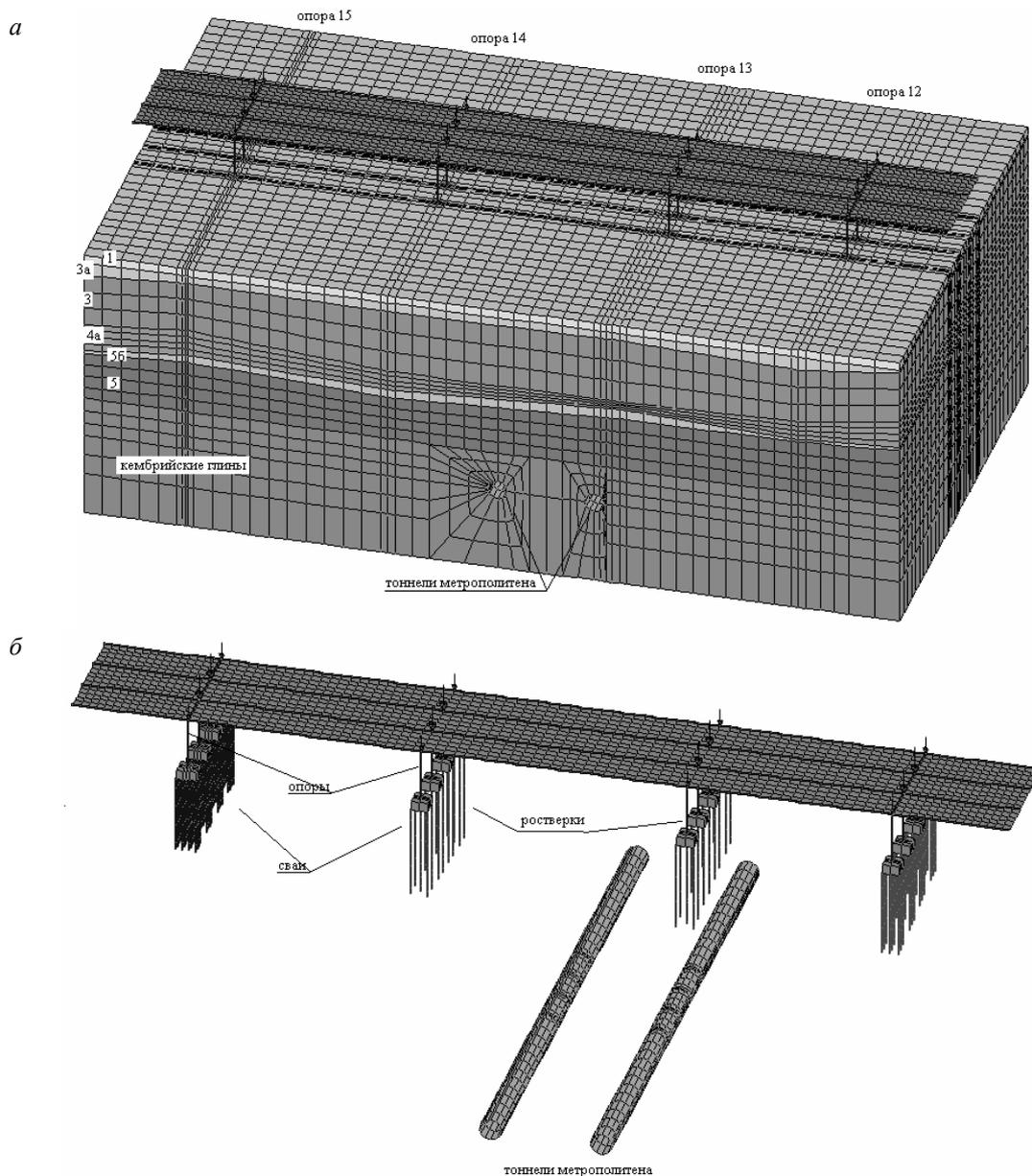


Рис. 1. Расчетная схема задачи к оценке влияния строительства эстакады над тоннелями метрополитена: *a* – общий вид; *б* – вид конструкций (при «прозрачном» массиве грунтов)

При решении геотехнических задач, связанных с нагружением полупространства, одной из основных проблем конечноэлементных расчетов является назначение глубины

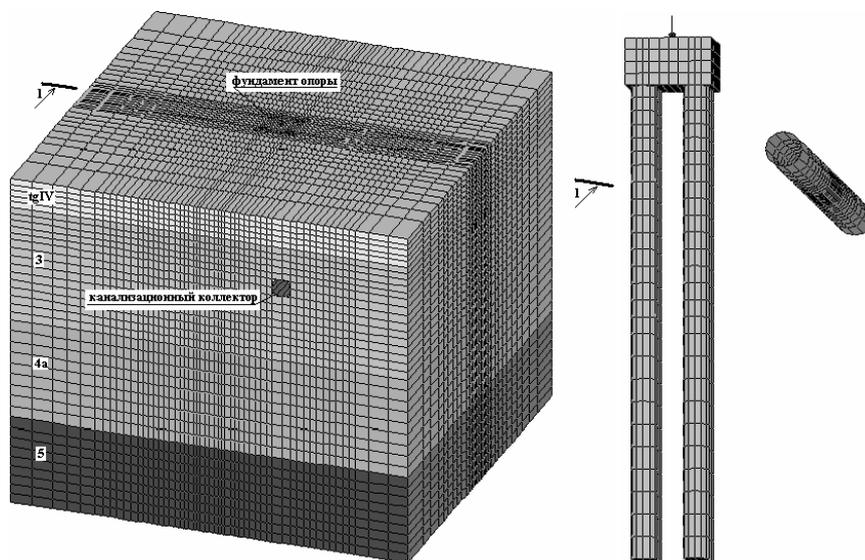


Рис. 2. Расчетная схема задачи к оценке влияния возведения опоры мостового перехода рядом с коллектором

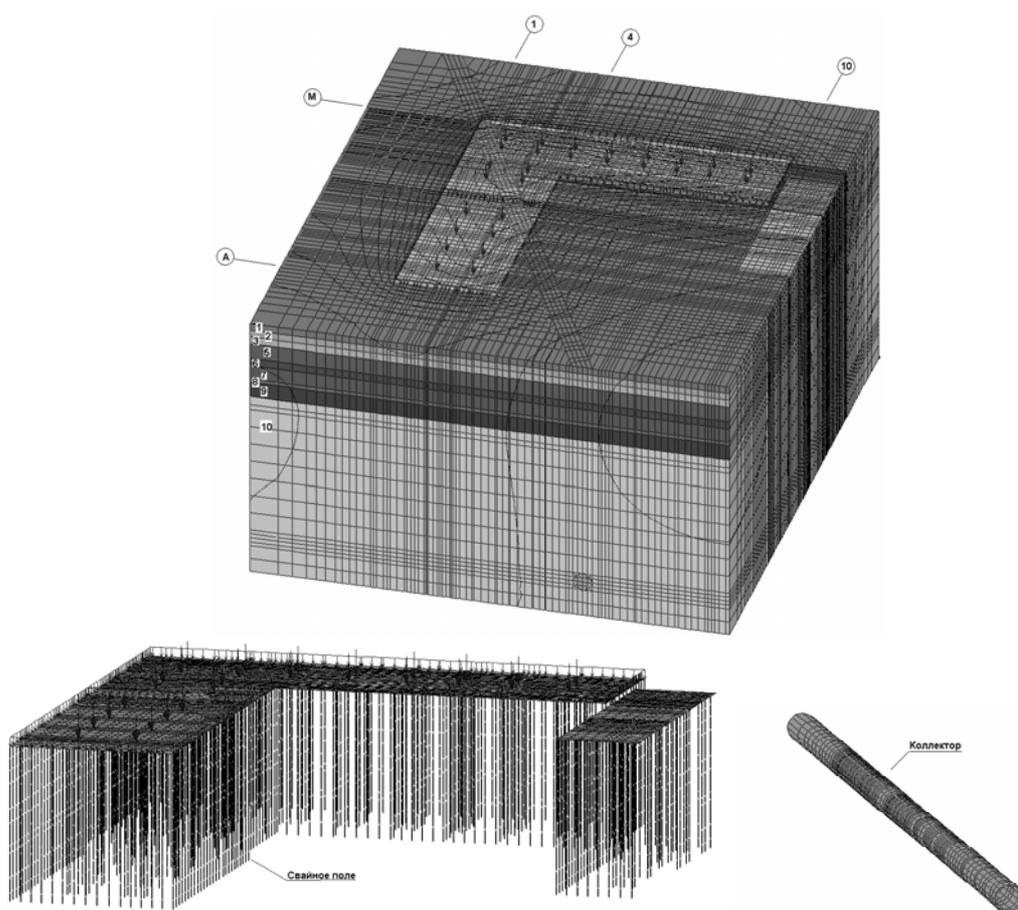


Рис. 3. Расчетная схема задачи о возведении здания над коллектором

сжимаемой толщи. Единственным нормативным требованием при этом является требование СНиП 2.02.01–83\*, согласно которому глубина сжимаемой толщи соответствует отметке, на которой дополнительное давление от нагрузок от сооружения не превышает 20% от природного давления. Исходя из этого, в конечноэлементных расчетах рекомендуется предварительно выполнить расчет с заранее завышенной мощностью сжимаемой толщи, определить глубину сжимаемой толщи по наибольшим значениям дополнительных

напряжений под пятном застройки (рис. 5), с учетом требований СНиПа и в дальнейших расчетах ограничить расчетную схему снизу этой глубиной. Заметим, что в таких расчетах глубина сжимаемой толщи окажется больше, чем под отдельным фундаментом, поскольку расчет учтет взаимное влияние всех фундаментов.

Если подземные сооружения находятся ниже глубины сжимаемой толщи, можно считать, что возведение здания не вызовет деформаций коллектора. Если же подземное

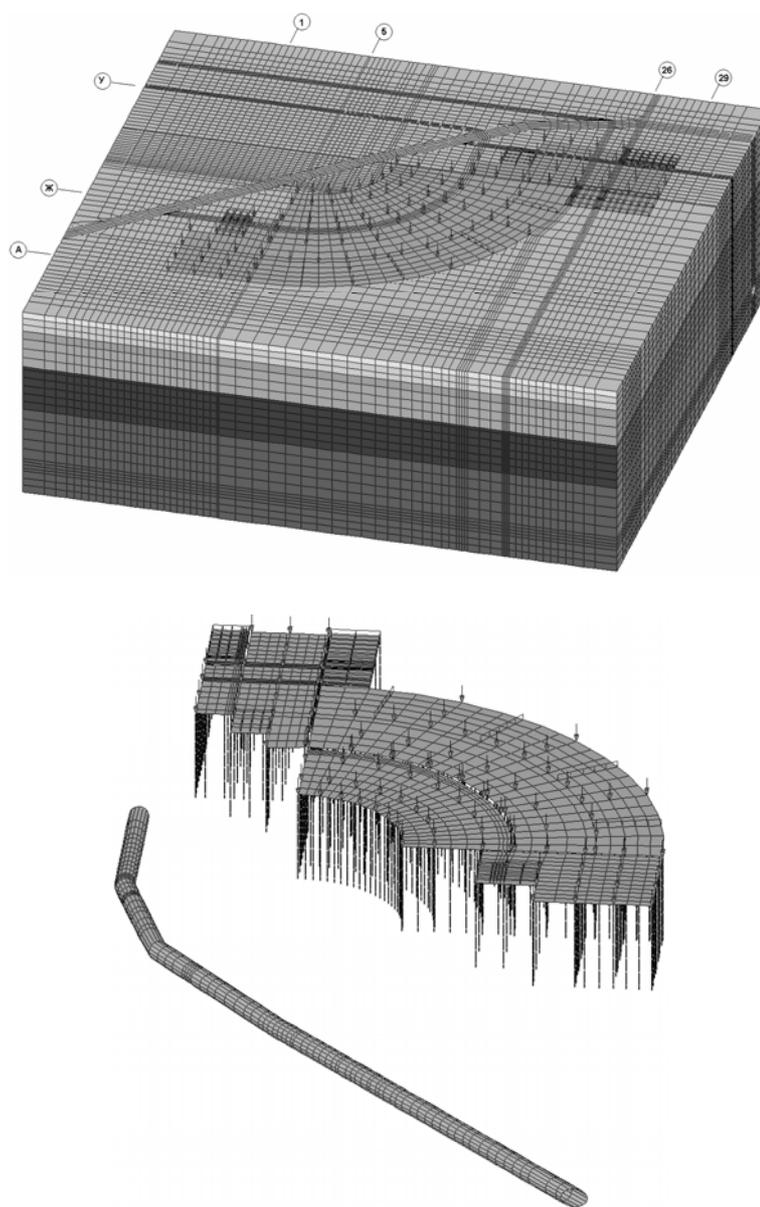


Рис. 4. Расчетная схема задачи о возведении здания в охранной зоне коллектора

сооружение оказывается в пределах сжимаемой толщи, необходимо выполнить оценку неравномерности деформаций сооружения (рис. 6), оценить возможность раскрытия швов между отдельными элементами сооружения.

Независимо от глубины и мощности сжимаемой толщи необходимо выполнить оценку дополнительных усилий, возникающих в конструкциях подземного сооружения (рис. 7,8), и произвести проверку по первой группе предельных состояний.

Кроме того, при назначении расчетных параметров модели грунта и конструкций обделки канализационных коллекторов необходимо учесть состояние коллектора. Напри-

мер, герметичность стыков тубингов коллекторов, устроенных в 60–70-х гг. XX в., часто оказывается недостаточной, поэтому вследствие постоянного просачивания воды в окружающий массив грунта прочностные и деформационные характеристики последнего могут быть более низкими, чем у окружающего грунта. В связи с этим до проведения работ нулевого цикла рекомендуется выполнять техническое обследование состояния коллектора. Из опыта расчетов отметим, что проблема назначения характеристик грунта вокруг коллектора актуальна, только если коллектор находится ниже подошвы фундаментов или нижнего конца свай. В этом случае расчетные

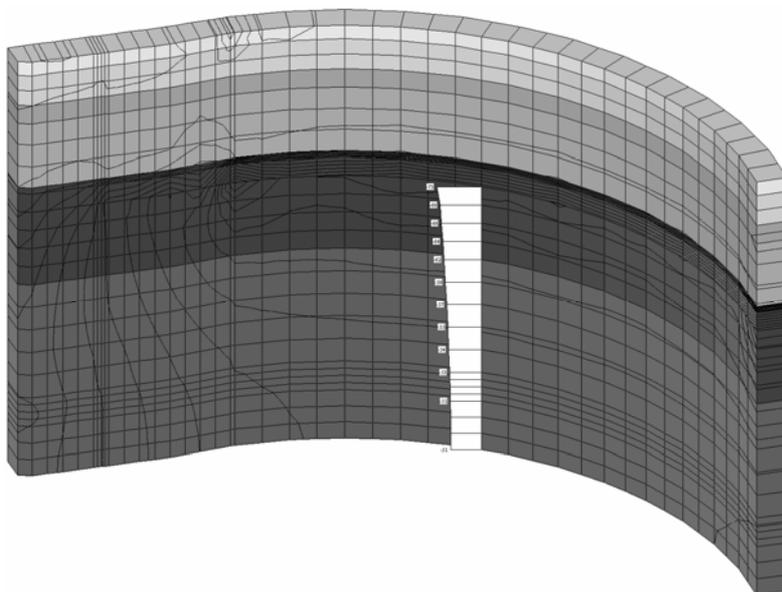


Рис. 5. Эпюра дополнительных вертикальных напряжений от веса сооружения в основании свайного фундамента (кПа)

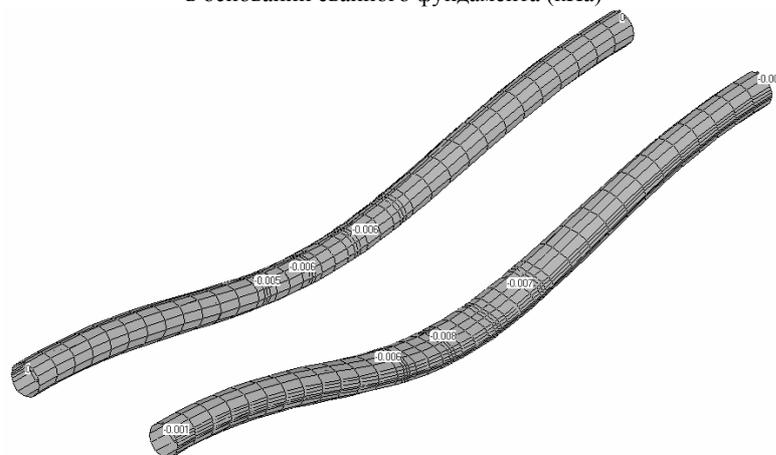


Рис. 6. Деформации тоннелей метрополитена (масштаб деформаций увеличен в 2000 раз)

осадки как самого сооружения, так и коллектора оказываются больше, чем на природном основании.

### ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ

В инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга расчетные осадки зданий на фундаментах мелкого заложения могут составлять десятки сантиметров, в связи с чем в последние десятилетия под новое строительство проектируются преимущественно свайные фундаменты, прорезающие толщу слабых грунтов и передающие нагрузку на нижние, относительно малосжимаемые слои основания.

Использование забивных свай вблизи существующих сооружений регламентируется ВСН 490–87. В соответствии с п. 3.1 ВСН влияние динамических воздействий на подземные коммуникации можно не оценивать, если при забивке свай молотами расстояние до коммуникаций составляет не менее 10 м. В противном случае необходимо выполнить расчет параметров колебаний обделки коллекторов и, при необходимости, перейти на щадящие методы погружения свай – свай вдавливания или буровых свай.

При устройстве буронабивных свай большого диаметра под защитой обсадной трубы дополнительные деформации коллектора могут быть вызваны динамическими воздействиями на этапе изготовления свай:

1. При проходке насыпного слоя, в котором встречаются препятствия.
2. При разработке грунта грейферами.
3. При проходке обсадной трубой через крупные валуны в моренных отложениях.

4. При извлечении первых (нижних) звеньев обсадной трубы в процессе бетонирования скважины (за счет большой присоединенной массы грунта).

Безопасное расстояние от сваи до коллектора при использовании грейфера для разработки грунта можно определить только экспериментально – замером ускорения колебаний грунта на различных расстояниях от опытной сваи. В противном случае разработка грунта должна вестись безударными методами (например, шнеком).

Для исключения развития недопустимых деформаций коллектора при устройстве свай необходимо соблюдать следующие требования:

1. На всех этапах устройства сваи должны быть исключены ударные, вибрационные и иные динамические воздействия, приводящие к расструктурированию грунтов основания.

2. Изготовление свай должно осуществляться по технологиям, предусматривающим проходку скважины в щадящем режиме (например, шнеком или желонкой) под защитой обсадной трубы, погружаемой статическим вдавливанием с возвратно-вращательным движением. Извлечение шнека должно сопровождаться его вращательным движением для исключения вакуумного эффекта.

3. Следует исключить длительные технологические перерывы при бурении скважины. В противном случае необходимо пригрузить забой скважины весом шнека.

4. На протяжении всего технологического цикла следует избегать операций, не предусмотренных технологией.

Безопасность изготовления свай вблизи коллектора может быть гарантирована приме-

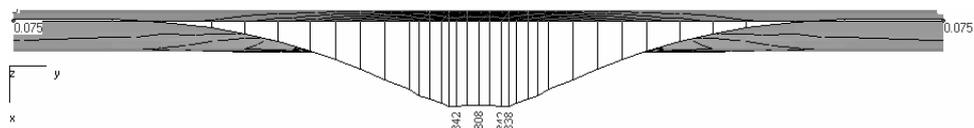


Рис. 7. Изолинии и эпюра дополнительных изгибающих моментов  $M_y$  в обделке коллектора

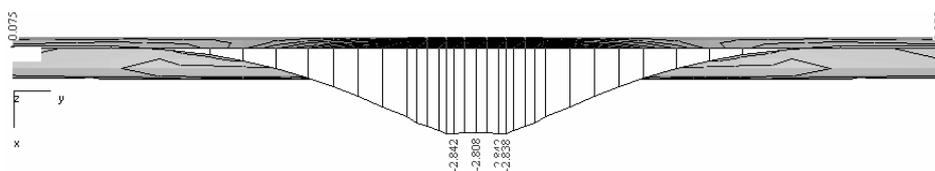


Рис. 8. Изолинии и эпюра дополнительных изгибающих моментов  $M_x$  в обделке коллектора

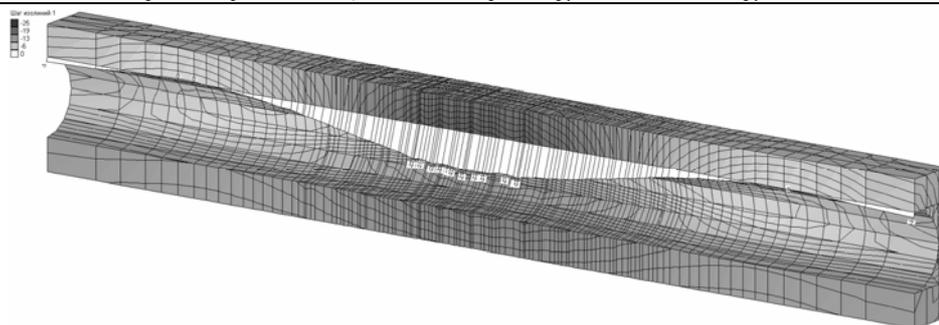


Рис. 9. Изолинии и эпюра максимальных дополнительных напряжений на обделку коллектора

нением постоянного контроля параметров процесса изготовления сейсмоизмерительными приборами и анализом распределения деформационных зон в грунте при производстве работ.

#### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОЗМОЖНЫХ УТЕЧЕК, АВАРИЙ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ НА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Проблема влияния аварий коллектора на деформации существующих зданий является наименее изученной. В связи с этим может быть рекомендован самый невыгодный вариант для моделирования аварийной ситуации, когда обделка коллектора разрушена и авария сопровождается полным заполнением грунтом полости коллектора (без дальнейшего выноса грунта по коллектору, который маловероятен в случае “схлопывания” полости коллектора). В этом случае расчетом будет получен размер воронки оседания поверхности и дополнительные осадки проектируемого здания.

В качестве примера на рис. 10 показана эпюра оседания дневной поверхности при заполнении полости коллектора грунтом. Как показывает расчет, оседание дневной поверхности распространяется на значительное расстояние. Максимальная осадка поверхности грунта развивается, как правило, непосредственно над коллектором и в приведенном случае по расчету составляет 1 см.

Как правило, ни один вариант фундаментов не исключает развития дополнительных осадок здания при аварии коллектора. В этом

случае возможно только сравнение дополнительных осадок с допускаемыми по ТСН 50-302–96 для зданий данного типа. Для полного же исключения влияния аварии коллектора на здание требовалось бы устройство свай с заложением острия ниже коллектора.

В таких случаях более целесообразным представляется совместный расчет основания с наземными конструкциями, который позволит оценить дополнительные усилия, развивающиеся в конструкциях здания и при необходимости предусмотреть меры по предварительному усилению конструкций, обеспечивающие дальнейшую безопасную эксплуатацию здания.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видим, задача оценки влияния строительства зданий на существующие подземные коммуникации и сооружения является неординарной, требующей решения комплекса проблем – расчетной оценки взаимного влияния здания и подземного сооружения, экспериментальных наблюдений и обследований. В настоящее время отсутствует надежная теоретическая база и экспериментальные данные по такому влиянию, в связи с чем расчетная схема для моделирования взаимного влияния здания и подземного сооружения должна рассматривать наиболее невыгодные условия решения. Безопасность же строительства сооружений в зоне влияния подземных сооружений может быть гарантирована при условии постоянного контроля параметров колебаний сейсмоизмерительными приборами и анализа распределения деформационных зон в грунте при строительстве здания.

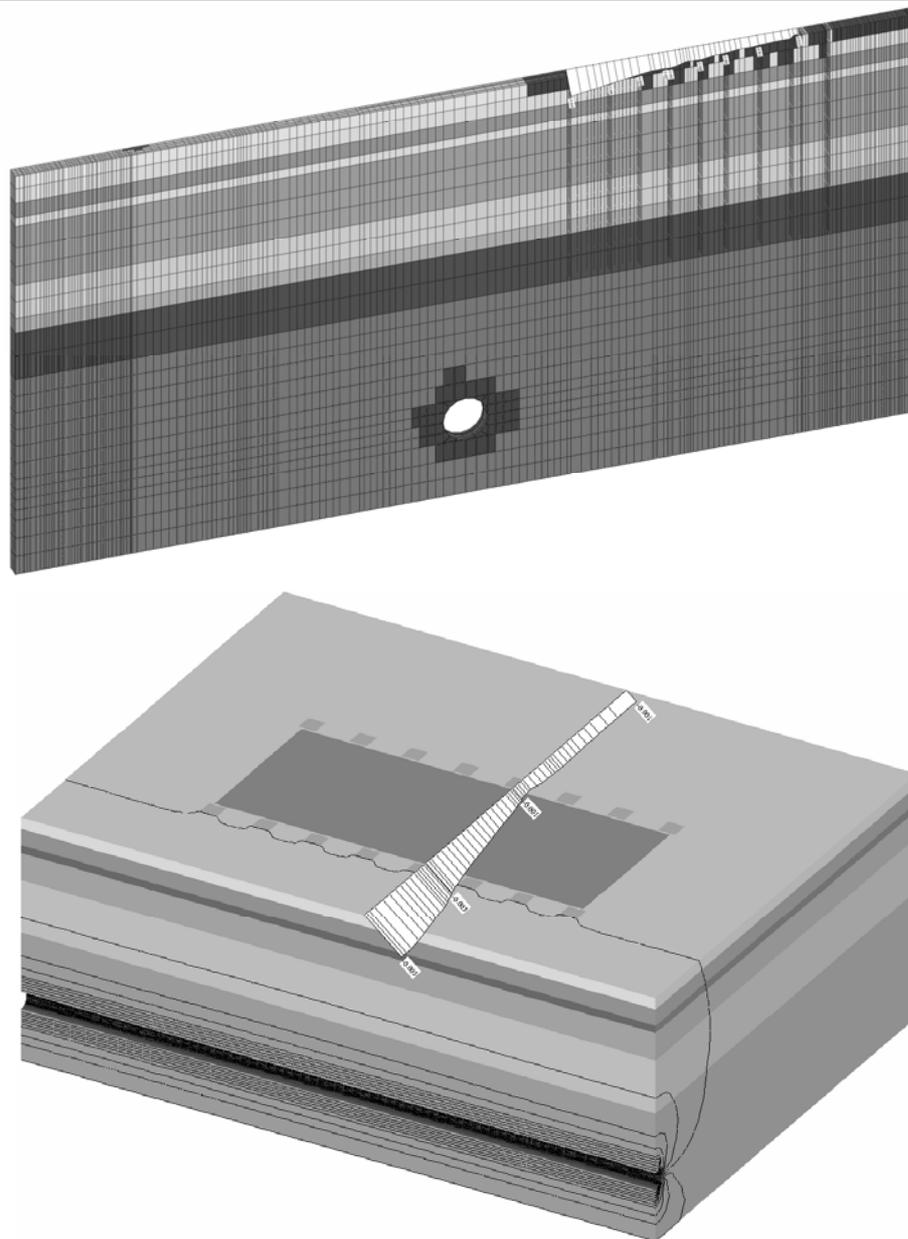


Рис. 10. Изолинии и эпюра дополнительных осадок основания здания на сваях при аварии коллектора