

## ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ, ПРИНЯТЫХ ПРИ УСИЛЕНИИ ФУНДАМЕНТОВ ОДЕССКОГО ТЕАТРА ОПЕРЫ И БАЛЕТА

Шевченко А.В., студентка гр. ПГС-503м.  
Научный руководитель – Тугаенко Ю.Ф., д.т.н., профессор

Приведены критерии, положенные в основу принятых решений по усилению фундаментов Одесского театра оперы и балета и их оценки по результатам применения новой методики испытаний циклически-возрастающей нагрузкой.

Основание фундаментов Одесского национального академического театра оперы и балета сложено лессовой толщей мощностью около 12 м. (слои 2...7). Из них сильнопросадочный - №4, среднепросадочный №6 и малопросадочные №3,5,7. Ниже залегают красно-бурые глины и понтические известняки. Подошва фундаментов стен, ограждающих зрительный зал и служащих опорой стальных ферм купола, а также стен сценической коробки заглублены на 6,7-7,0 м от поверхности планировки и опираются на малопросадочные лессовые суглинки (слой №5), ниже которых залегает слой среднепросадочного лесса(№6). Фундаменты под стены служебных и вспомогательных помещений заглублены на 2,2 м от отметки планировки и опираются на слой сильносжимаемой просадочной супеси. Часть фундаментов имеет промежуточную глубину заложения их подошвы.

Деформирование грунтов основания фундаментов в период эксплуатации театра обусловлено перепадом отметок заложения подошвы фундаментов, постоянным замачиванием грунтов вследствие утечек из подземных водонесущих коммуникаций и разными показателями деформативных свойств грунтов в их основаниях. Неравномерные осадки начались вскоре после возведения театра.

В 1901 г. выполнено одностороннее уширение фундамента с внешней части восточной стороны здания на участке около 20 м.

В 1955-1956 гг более 15 тыс.м<sup>3</sup> грунтов основания с двух сторон фундаментов закреплено однорастворной силикатизацией. В результате вдоль внешних граней фундаментов в пределах лесовой толщи образованы вертикальные диафрагмы из закрепленного силикатизацией грунта шириной 0,8-1,0 м вдоль внутренних стен и около 2 м вдоль наружных [1].

Непосредственно под подошвой фундамента массив грунта остался незакрепленным, в пределах которого продолжались осадки при неравномерном замачивании.

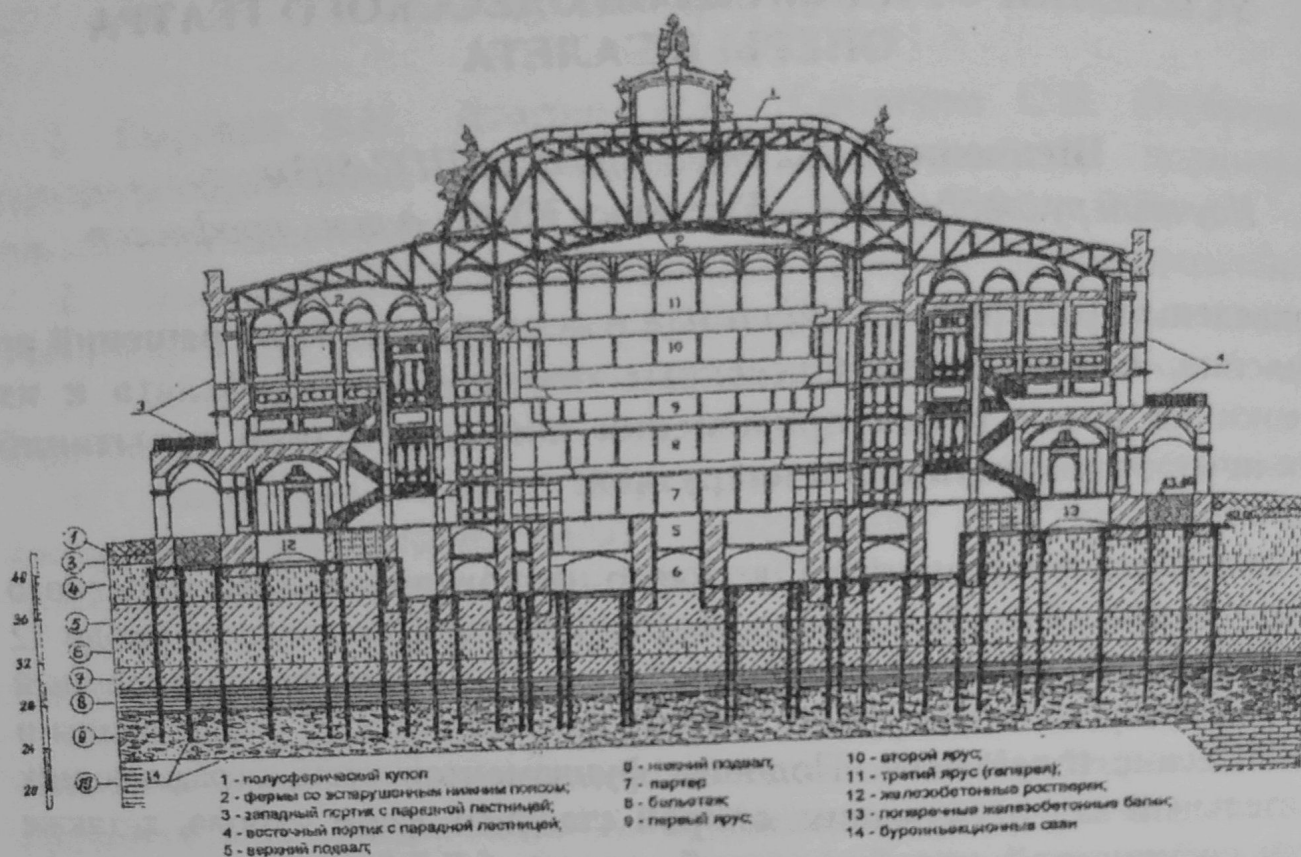


Рис. 1. Поперечное сечение театра и его основания

Последняя реконструкция с усилением фундаментов была произведена с применением буронабивных свай. Всего было изготовлено 1837 свай – из них 1818 буронабивных и 19 задавливаемых [2].

Единого мнения о качестве засиликатизированного грунта, его сплошности и вероятности проявления пригружающего трения от возможных просадок не было. При оценке возможного влияния окружающего грунта на возникновение пригружающего трения не учтен факт изготовления свай в пределах «диафрагм» закрепленного силикатизацией грунта, выполненных с двух сторон вдоль стен. С целью снижения предполагаемого пригружающего трения на глубину залегания просадочных грунтов применены полиэтиленовые трубы с гладкой поверхностью стенок. Для исключения зазора между их внешней поверхностью при диаметре 200 мм и поверхностью стенок скважины, диаметром 220 мм перед установкой выполнялась сплошная продольная прорезь вдоль оси для раздвижки ее поверхности под массой уложенного бетона. Кроме того, каждая свая, после заполнения скважины бетоном, опрессовывалась давлением 0,2

МПа. Воздух от компрессора подавался через штуцер, приваренный к стальной плите, герметично прижатой к поверхности ростверка. Понижение бетонной массы после опрессовки составляло от 10 до 30 см. [3].

Проект усиления фундаментов разработан НИИСП Госстроя Украины [2]. Проектом предусмотрено устройство ленточного свайного фундамента с двух сторон каждой стены. Стены с помощью поперечных балок передают нагрузку на ленточные фундаменты из буроинъекционных свай. Длина свай диаметром 220 мм принята равной 17 м в бесподвальной части здания и 12 м в подвальных помещениях. Для их изготовления применен мелкозернистый бетон класса В-30. Сопряжение свай с ростверками выполнено замоноличиванием отверстий в ростверках, через которые изготавливались сваи. Бетонирование выполнялось после приваривания выпусков арматуры свай с продольной арматурой ростверков.

Нагрузка от стен передается на ростверки поперечными железобетонными балками. Проходка скважин для устройства свай выполнена через отверстия, оставленные в ростверках. После устройства скважины и ее контрольного освидетельствования в нее опускались фрагменты арматурного каркаса длиной 2 м, стыковка которых выполнялась сваркой. Особое внимание было уделено зачистке забоя скважины от шлама.



Рис. 2. Схемы силовых установок для испытаний и «обжатия» свай: 1. Свая. 2. Ростверк. 3. Анкерные болты. 4. Фермы силовых установок. 5. Опорный столик. 6. Гидравлический домкрат. 7. Траверса

Из  
 в процессе устройства свай выполнялся контроль качества их  
 для обжатием. Для 2% свай выполнены контрольные

испытания статической вдавливающей нагрузкой. Расчетная нагрузка на сваю принята равной 300 кН.

Обжатие производилось нагрузкой 500 кН, а контрольные испытания – 0,1 МН, что в 2 и 3 раза превышало расчетную. Контрольные испытания выполнялись путем приложения к свае нагрузки с помощью гидравлических домкратов. Для этой цели изготовлены специальные силовые установки, каждая из которых состояла из двух ферм. Фермы крепились к анкерным болтам, установленным специально для той цели перед бетонированием ростверка. За критерий качества изготовления принята величина осадки сваи, не превышающая 4 мм.

В процессе выполнения работ по устройству свай для усиления фундаментов отсутствовали методы определения сил трения по боковой поверхности ствола сваи и окружающего грунта. Разработанная в ОГАСА методика циклически возрастающей нагрузки позволяет определять силы бокового трения вдоль отдельных фрагментов длины ствола, прорезающего многослойную грунтовую толщу. Достоверность этой методики проверена испытаниями вертикальной выдерживающей нагрузкой.

Определение длины сжатого участка и в пределах его среднего значения сопротивления сдвигу выполнено по значению упругой составляющей осадки сваи после ее разгрузки при последней ступени, равной 0,1 МН.

Длина упруго-сжатого участка сваи  $l_f$  определена по зависимости, с использованием формулы Гука:

$$l_f = \frac{E_y \cdot S_y}{\sigma_{ср}} \quad (1)$$

где:  $E_y$  – модуль упругости бетона сваи. Для бетона класса В-30  $E_y = 32500$  МПа;  $S_y$  – упругая составляющая осадки;  $\sigma_{ср}$  – среднее напряжений в поперечном сечении ствола сваи, равное:

$$\sigma_{ср} = \frac{0,5P \cdot 4}{\pi d^2} \quad (2)$$

где: 0,5- коэффициент, учитывающий треугольную форму эпюры напряжений при сжатии защемленного грунтом ствола сваи;  $d$  – диаметр поперечного сечения сваи.

Среднее значение сопротивления сдвигу в пределах сжатого участка определено по формуле:

$$f_{ср} = \frac{P \cdot 0,5}{\Delta l_f \cdot u} \quad (3)$$

где  $u$ -периметр сваи, составляет 0,69 м.

Результаты определения сопротивления сдвигу по данным трех  
 циклических испытаний нагрузкой 0,1 МН приведены на рис.3 и в  
 таблице.

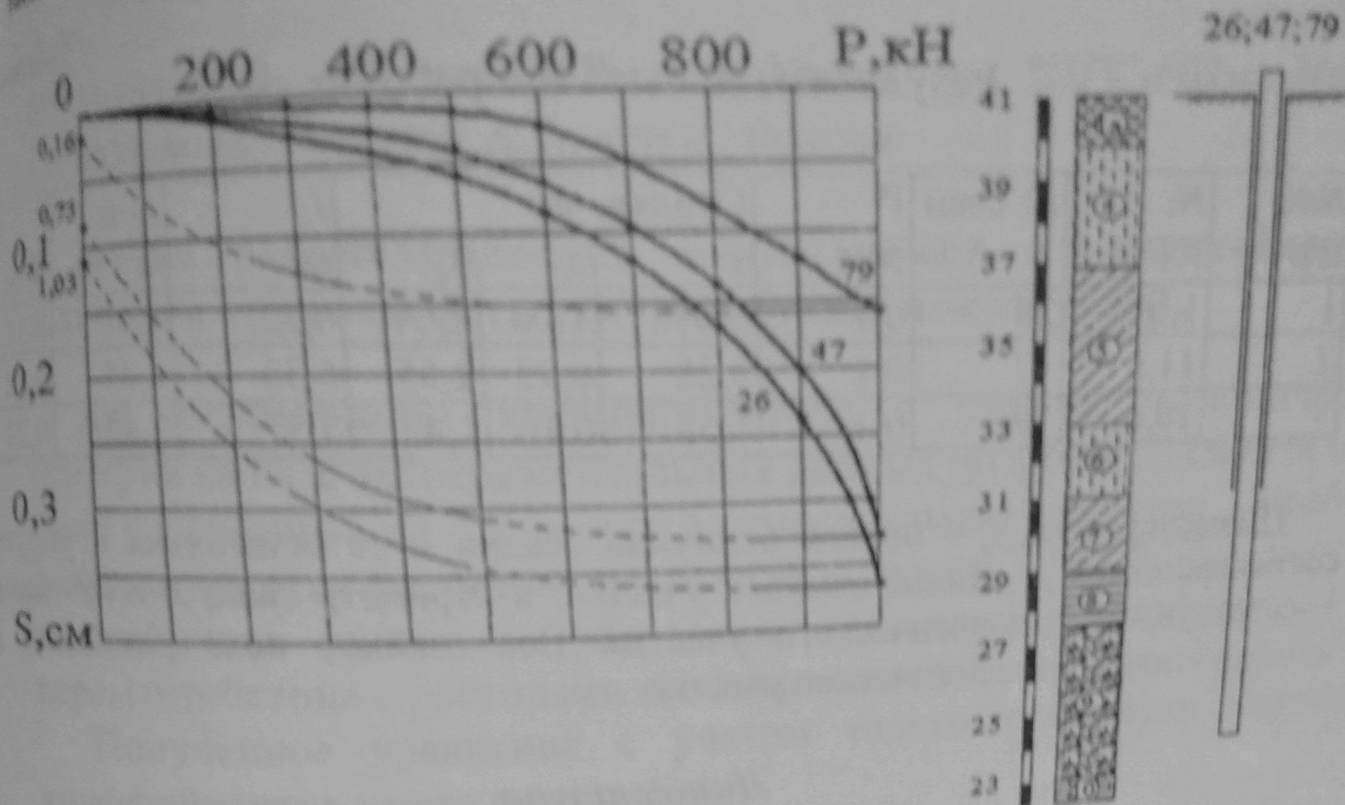


Рис. 3. График определения осадки грунта

Силы сдвига по внешней поверхности полиэтиленовых труб (0,21 МПа), примененных для снижения возможного проявления сил пригружающего трения, примененные в пределах закрепленного грунта с опрессовкой бетона при изготовлении свай оказались более чем в 3 раза выше, чем для природного грунта (0,06 МПа).

### Заключение

1. Разработанная ОГАСА методика позволила определить предельное значение сил сопротивления сдвигу по боковой поверхности при сохранении стандартного оборудования для испытания свай.

2. По результатам контрольных испытаний свай с использованием методики циклически возрастающей нагрузки определены длина сжатого участка и средние значения сил бокового трения.

3. Увеличение сопротивления по боковой поверхности буроньекционных свай можно объяснить наличием силикатизацией; вокруг ствола свай грунта, закрепленного

- опрессовкой бетона в скважине сразу после его укладки.
4. Предполагаемого снижения сил трения от применения полиэтиленовых труб не зафиксировано.

Результаты испытаний рабочих свай

Таблица

№№ п/п	№ КТУ	№ сваи	Р МН	Осадка, мм			$l_f$ м	$l_f \cdot u$ м <sup>2</sup>	f Мпа
				s	s <sub>0</sub>	s <sub>y</sub>			
1	1,ц	26	0,1	3,67	1,03	2,64	6,52	4,5	0,11
2	11,в	47	0,1	3,28	0,73	2,55	6,30	4,35	0,12
3	10,в	79	0,1	1,58	0,16	1,42	3,51	2,42	0,21

Примечания: s, s<sub>0</sub>, s<sub>y</sub> – полная величина осадки и ее остаточная и упругие составляющие;  $l_f$  – длина сжатого участка; u – периметр сваи; №КТУ – номер конструктивно-технологического участка. Все свайное поле разделено на конструктивно-технологические участки.

### Литература

1. Аршакуни Д.Е., Голубков В.Н. Результаты 20 – летних наблюдений за закрепленным способом однорастворной силикатизации Одесского театра оперы и балета // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1979. – № 6 – С. 16 – 17.
2. Волощук И.С., Снисаренко В.И., Гришин В.А. Итоги реконструкции фундаментов здания Одесского Оперного театра. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Випуск 30. – Одеса. – 2008. – С. 33–48
3. Тугаенко Ю.Ф. Процессы деформирования грунтов в основаниях фундаментов, свай и свайных фундаментов. – Одесса: “Астропринт”, 2008. – С.163-185.