

# ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЙ С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОГО НАЛИЧИЯ ЗОН ОСЛАБЛЕНИЯ

Авторы: конф.унив. Владимир ПОЛКАНОВ  
ст.преп. Наталья ФУНИЕРУ

Технический Университет Молдовы

*Аннотация:* Сложные инженерно-геологические условия территории Молдовы в сочетании с активной неотектонической деятельностью привели к образованию в толще глинистых пород многочисленных зон ослабления. Однако, на стройках республики нередко случаи, когда подобного рода зоны создаются искусственно в результате отступлений от проектных решений и нарушений при производстве строительных работ. Как следствие наблюдаются неравномерные деформации зданий и сооружений. Ликвидация последствий требует дополнительных материальных затрат. Рассматривается один из случаев, имевший место на строительной площадке в г. Кишиневе.

*Ключевые слова:* основание, фундамент, несущая способность, деформация.

## 1. Постановка задачи исследования

В июне 2010 г. в основании фундаментной плиты 10-ти этажного жилого дома в г.Кишиневе были отмечены неравномерные деформации. Основанием фундаментов служила грунтовая подушка, толщиной 4,9 м. В верхней части под фундаментной плитой была выполнена подсыпка из щебня толщиной 0,3 м. Грунты в активной зоне просадочные – II типа (см. колонку скважины).

Проведенные геодезические исследования и наблюдения выявили неравномерную осадку плиты (и, соответственно, здания в целом). Максимальная угловая осадка составила 110 мм, максимальный подъем – 55 мм.

Выявление причин наблюдаемых деформаций потребовало:

- проведения анализа результатов лабораторных определений физико-механических свойств грунтов основания;
- выявления возможных причин изменения характеристик грунтов основания;
- выполнения прогноза возможного развития деформаций основания.

## 2. Причины изменения характеристик грунтов основания

Анализ результатов физических показателей свойств грунтов выявил снижение плотности грунтовой подушки и, в первую очередь, ее верхней части до глубины 2,5-3,0 м (см. табл. 1).

Для выявления причин изменения характеристик грунтов основания были проанализированы данные инженерно-геологических изысканий, проведенных в 2007 и 2010 гг., а так же результаты оценки свойств грунтовой подушки.

Исследования показали, что при устройстве грунтовой подушки и обратной засыпке пазух котлована, были допущены отступления от требований NCM F. 01.03-2009 и рекомендаций п. 3.103 Пособия по проектированию оснований зданий и сооружений [1,2].

Устройство грунтовой подушки выполнялось из неоднородных грунтов. В её верхней части, в пределах глубины 0,8-2,0м, отсыпка осуществлялась с применением мулузы.

В обратной засыпке пазух котлована обнаружен строительный мусор (кирпич, фортан, проволока).

Основной причиной изменения характеристик грунтов основания (грунтовой подушки) послужило дополнительное увлажнение грунта в период снеготаяния и выпадения осадков. Негативное воздействие было усилено некачественной обратной засыпкой фундамента и наличием в верхней части подушки примеси мулузы, обладающей отличными, по сравнению с уплотненным суглинком, значениями коэффициента фильтрации.

## 3. Причины неравномерных деформаций основания и прогноз их дальнейшего развития

Проведенные геодезические наблюдения выявили, что деформация основания под углом здания составляет 11см. С учетом того, что наблюдения за осадками сооружения начались только с 08.06.2010 вполне обоснованно можно считать, что значение суммарных деформаций превышает предельно допустимые значения (табл. 72, Пособие по проектированию [2]).

Подобная ситуация могла явиться следствием следующих причин:

1. Уменьшение деформационных характеристик грунтов основания в результате дополнительного увлажнения грунтов.

Согласно табл. 86 Пособия [2, стр. 241], модуль деформации уплотненного грунта при природной влажности равен  $E = 25000 \text{ кПа}$ ; в водонасыщенном состоянии -  $E = 20000 \text{ кПа}$ . Однако в случае разуплотнения в условиях полного водонасыщения модуль деформации может снижаться до практически минимальных значений. Согласно табл. 1.2 [3, стр. 11],  $E = 4000 \text{ кПа}$  (уменьшение более чем в 5 раз по сравнению с исходными).

2. Уменьшение прочностных характеристик грунтов.

Расчетное сопротивление грунта  $R_0$  согласно табл.48 [2 стр. 107], для суглинков при плотности сухого грунта  $1,7 \text{ г/см}^3$  составляет  $300 \text{ кПа}$ . Это значение принималось при расчете фундаментной плиты. Однако, в условиях разуплотнения и дополнительного увлажнения, в соответствии с табл. 1.9 [3], значение расчетного сопротивления грунта может снижаться до  $140-150 \text{ кПа}$ . При проектировании фундаментной плиты общий вес здания, принятый для расчета, составил  $N = 9204 \text{ т}$ ; площадь плиты здания  $A = 434 \text{ м}^2$ . Среднее давление в этом случае составляет  $P_{cp} = 212 \text{ кПа}$ . Максимальная нагрузка на плиту в условиях неравномерного нагружения достигает  $P_{max} = 250 \text{ кПа}$  и более. Это означает, что в условиях дополнительного увлажнения грунтов верхней части грунтовой подушки на глубине до  $2,5-3,0 \text{ м}$  под краями фундаментной плиты среднее давление ( $P$ ) превысило расчетное сопротивление грунта основания ( $R$ ). Другими словами, под краями фундаментной плиты появились области дополнительных чрезмерных пластических деформаций в условиях  $P > R$  требование п. 2.174 [2], не выполняется.

3. Проявление дополнительных просадочных деформаций основания.

Согласно выполненным инженерно-геологическим исследованиям, суглинки природного сложения, залегающие под грунтовой подушкой, обладают просадочными свойствами. Просадка от собственного веса составляет  $S_{sig} = 1,35 \text{ см}$ . Это означает, что граница просадочной толщи должна быть увеличена на  $2,0-2,5 \text{ м}$ . Другими словами, практически вся толща суглинков, должна быть отнесена к просадочным грунтам. В условиях дополнительного замачивания просадочные деформации могли как минимум превысить  $10 \text{ см}$ .

Наблюдаемые деформации носят неравномерный характер в силу различной степени замачивания грунтов основания и исходного состояния плотности-влажности грунта.

Для предварительного прогноза дальнейшего развития деформаций по данным геодезических наблюдений были построены графики осадки (подъема) основания во времени и проанализированы характеристики грунтов, залегающих ниже грунтовой подушки.

Выявлено, что наибольших значений деформации достигли на 12-ый день с начала проведения наблюдений. Относительная деформация по отдельным осям составила  $0,0056$ , что в  $1,4$  раза превышает предельно допустимые значения (табл. 72 [2]).

С учетом того, что с глубины  $8,5 \text{ м}$  (на  $3,3 \text{ м}$  выше подошвы грунтовой подушки) грунт представлен твердым плотным суглинком, следует предположить, что при действующей нагрузке от веса здания достигнут предел условной стабилизации.

#### Результаты определения физических характеристик

| Дата проведения изысканий |                          |                          |      |            |                          |                          |      |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------|------------|--------------------------|--------------------------|------|
| 03.11.2008                |                          |                          |      | 28.06.2010 |                          |                          |      |
| h, м                      | $\rho_d, \text{ г/см}^3$ | $\rho_l, \text{ г/см}^3$ | w, % | h, м       | $\rho_d, \text{ г/см}^3$ | $\rho_l, \text{ г/см}^3$ | w, % |
| 0,5                       | 1,74                     | 2,04                     | 17,2 | нет данных |                          |                          |      |
| 1,0                       | 1,73                     | 2,03                     | 17,3 |            |                          |                          |      |
| 1,5                       | 1,73                     | 2,03                     | 17,3 |            |                          |                          |      |
| 2,0                       | 1,72                     | 2,02                     | 17,4 | 2,2        | 1,52                     | 1,89                     | 24,0 |
| 2,5                       | 1,72                     | 2,02                     | 17,4 | 2,9        | 1,72                     | 2,00                     | 16,0 |
| 3,0                       | 1,73                     | 2,03                     | 17,6 | 3,3        | 1,86                     | 2,12                     | 14,0 |
| 3,5                       | 1,71                     | 2,01                     | 17,7 | 3,8        | 1,66                     | 1,89                     | 14,0 |
| 4,0                       | 1,71                     | 2,01                     | 17,5 | 4,3        | 1,80                     | 2,05                     | 14,0 |
| 4,5                       | 1,70                     | 2,00                     | 17,4 | 5,0        | 1,56                     | 1,82                     | 17,0 |
| $A_{cp}$                  | 1,72                     | 2,02                     | 17,5 | $A_{cp}$   | 1,69                     | 1,96                     | 16,5 |

Геологическая колонка скважины 4т

| № слоя | Геологический индекс | Подошва слоя, м |           | Мощность слоя | Описание грунтов   | Уровень подземной воды |
|--------|----------------------|-----------------|-----------|---------------|--|------------------------|
|        |                      | Абс.отм.м       | Глубина,м |               |  |                        |
| 1      | tQ                   | 147,20          | 5,2       | 5,2           | Насыпной грунт – стро-ительный мусор, рых-лый (суглинок, кирпич, фортран), с гл. 2,5 м влажный, тугоплас-тичный, с проволокой (обратная засыпка)   |                        |
| 1а     | tQ                   | 145,40          | 7,0       | 1,8           | Насыпной грунт – щебень с суглинком (подушка), тугоплас-тичный, с гл. 6,0 м суглинок мягкоплас-тичный, с примесью щебня и мулузы, водонасыщенный   |                        |
| 1б     | tQ                   | 142,20          | 10,2      | 3,2           | Насыпной грунт – суг-линок тугопластичный, более плотный, с гл. 8,0 м суглинок темно-жел-тый, влажный, полутвердый, с гл. 8,5 м - твердый (подушка), плотный   |                        |
| 2      | edQ                  | 136,40          | 16,0      | 5,8           | Суглинок темно-желтый, маловлажный, с черными вкраплениями, с тонкими карбонатными прожил-ками, полутвердый, в инт. 10,5-12,5 м – твердый, ниже полутвердый, мак-ропористый, с гл. 14,0 м более плотный, тяжелый, твердый, с гл. 15,5 м – с пятнами темно-бурого |                        |
| 3      | edQ                  | 135,40          | 17,0      | 1,0           | Глина пестроцветная, комковатая, твердая, с прослоями суглинка, с обилием карбонатных прожилок   |                        |

**Выводы и рекомендации**

1. Не вызывает сомнений, что причиной неравномерных деформаций основания явилось замачивание грунтов.
2. К причинам, вызвавшим замачивание, следует отнести:
  - некачественно выполненную обратную засыпку пазух котлована;
  - отсыпку грунтовой подушки из неоднородного материала;
  - значительное количество осадков, выпавших в зимний период 2009-2010гг. (193мм), обильное снеготаяние в сочетании с весенними ливневыми дождями (апрель-май - 85мм).
3. Замачивание грунтов основания привело к:
  - изменению в сторону ухудшения физических, прочностных и деформационных характеристик грунтов, слагающих площадку (до глубины 2,5-3,0м);
  - проявлению дополнительных просадочных деформаций грунтов, подстилающих грунтовую подушку в пределах активной зоны основания.
4. В результате изменений прочностных характеристик грунтов подушки значение расчетного сопротивления грунта могло быть снижено до 140-150кПа, что в два раза меньше значений, принятых в расчетах при проектировании фундамента. Данное обстоятельство в условиях, когда давление по подошве плиты превысило расчетное сопротивление грунта основания, привело к увеличению под краями фундаментной плиты мощности зоны локальных сдвигов и пластических деформаций.
5. В результате снижения деформационных характеристик (значение модуля деформации могло снизиться до 4000кПа, что более чем в 5 раз меньше значений, соответствующих уплотненному грунту при природной влажности) осадка под углом фундаментной плиты достигла значений, превышающих предельно допустимые.
6. В силу неоднородности основания, различия грунтов по степени плотности-влажности, неравномерного замачивания основания, наблюдаемые деформации наблюдаются в виде чрезмерных

осадок и подъеме основания. При этом значение относительной деформации по отдельным осям превышает предельно допустимое значение в 1,4 раза.

7. Согласно данным наблюдений, при существующей нагрузке от веса строящегося здания, достигнут предел условной стабилизации грунтов.

8. Для окончательных выводов по «поведению» грунтов в основании фундаментной плиты имеющихся материалов недостаточно. Однако, данные геодезических наблюдений, инженерно-геологических изысканий и анализ физико-механических свойств грунтов позволяют заключить, что активная фаза деформаций (при существующей нагрузке) завершена.

9. Увеличение нагрузки в случае продолжения строительства последующих этажей приведет к возобновлению процесса осадки (подъема) основания в реологическом режиме.

Выполненные исследования позволили наметить решения по «выравниванию» неравномерных деформаций.

Рассматриваемый случай убедительно показывает насколько серьезными могут быть последствия в случаях отступления от проектных решений и нарушений правил производства работ.

### **Литература**

1. Reguli de execuție, controlul calității și respectia terenurilor de fundare și fundațiilor NCM F. 01.03-2009.-Chișinău, 2009.-107p.
2. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83)/НИИОСП им. Герсеванова.- М.: Стройиздат, 1986.- 415 с.
3. ПОЛКАНОВ, В.Фундаменты в просадочных грунтах. Основы проектирования и технология подготовки основания: Учеб. пособие / В.Н.Полканов, А.С.Диденкул, В.И.Топорец / Под общей редакц. В.И.Топорец. – К.: ТУМ, 2010. – 94с.