

К ВОПРОСУ АДЕКВАТНОГО УЧЕТА ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОСАДОК БОЛЬШЕРАЗМЕРНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

А.В. Шаповал, Е.С. Титякова, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, Украина

В.А. Легенченко, Государственное высшее учебное заведение "Национальный горный университет", Украина

В.С. Андреев, Днепрпетровский национальный университет железнодорожного транспорта, Украина

С использованием различных нормативных документов выполнен расчет осадок больше-размерных фундаментов реакторных отделений Запорожской и Бушеровской АЭС. Оказалось, что не учет наличия в основании подземных вод позволил получить наиболее близкие к фактическим расчетные значения осадок фундаментов.

При выполнении настоящей работы нами с использованием рекомендаций различных нормативных документов были рассчитаны значения средних осадок фундаментов реакторных отделений Запорожской и Бушеровской АЭС. При этом преследовалась цель сопоставить расчетные значения осадок с их фактическими значениями.

Всего было выполнено две серии расчетов.

В ходе выполнения первой серии расчетов нами игнорировалось наличие в основании подземных вод, а во второй серии расчетов - нет.

При выполнении расчетов средних осадок нами были использованы рекомендации таких нормативных документов:

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основания и фундаменты сооружений [1].
2. ПиНАЭ 5.10-87. Основания реакторных отделений атомных станций/Госстрой СССР. - М., 1987 [2].
3. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений [3]

Для расчета осадок больше-размерных фундаментов реакторных отделений Запорожской и Бушеровской АЭС нами был использован программный пакет ПК Лира.

Инженерно-геологические особенности строение грунтовой толщи.

Площадка Запорожской АЭС расположена на первой надпойменной (песчаной) террасе Днепра с эоловыми формами рельефа, в непосредственной близости от ранее построенной Запорожской ГРЭС. В основаниях энергоблоков Запорожской АЭС залегают выдержанные по мощности плотные мелко- и среднезернистые пески до глубины 23-26м. В данном случае особенностью строения грунтовой толщи является наличие твердого подстилающего слоя. Уровень подземных вод находится на отметке 5,12 м от дневной поверхности.

Имеют место лишь его сезонные колебания. По химическим свойствам подземные воды классифицированы как слабоагрессивные по отношению к ж/б конструкциям.

Согласно классификации СНиП здесь имеет место расчетная схема слоя конечной толщины [1].

Данная площадка представляет интерес с той точки зрения, что на площадке строительства РО-1 глубина залегания скального грунта составляет 90 метров, а на площадке строительства РО-6 она равна 46 метрам. При этом имеет место относительно плавное изменение глубины залегания скального грунта. Таким образом, в ходе определения осадок фундаментов РО-1, ..., РО-6 нам удалось выявить влияние глубины залегания скального грунта на значения их средних осадок.

Характерный инженерно - геологический разрез основания РО-1 представлен на рисунке 1, а свойства слагающих основание грунтов - в таблице 1.

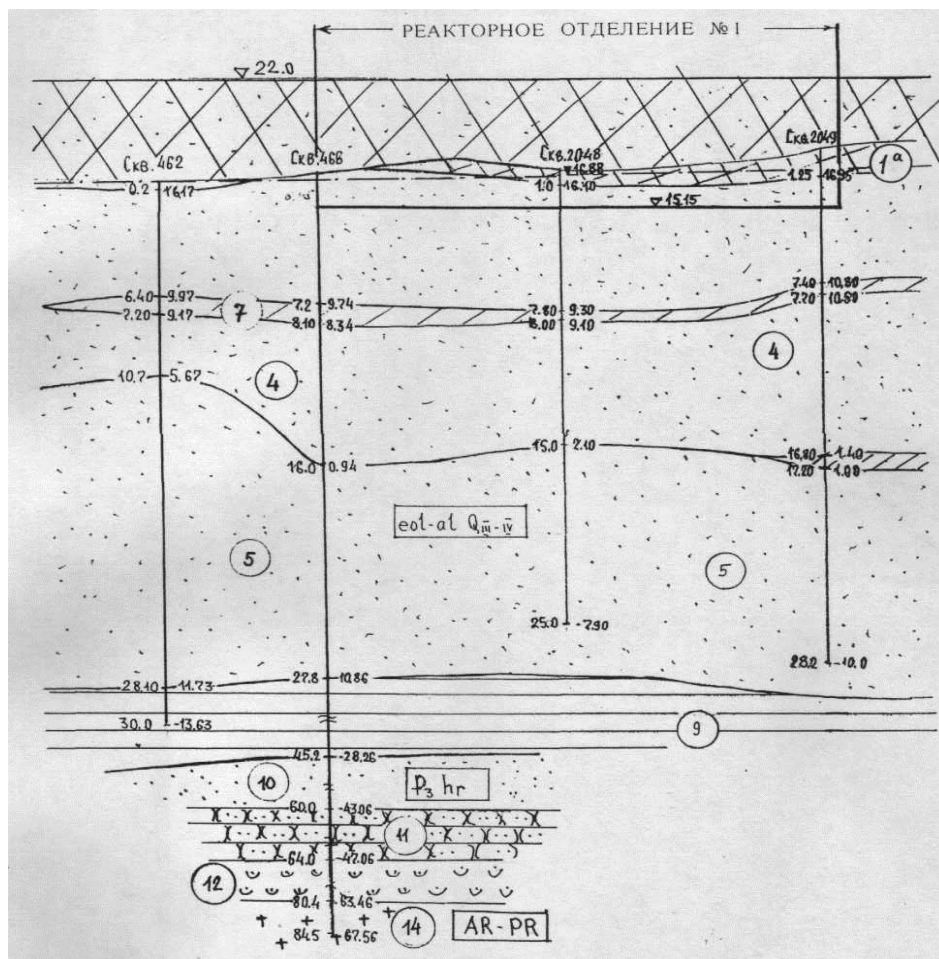


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез основания реакторного отделения №1 Запоржской АЭС.

Таблица 1

N п/п	N Игэ	Наименование грунта	H, м	γ_s , кН/м ³	γ , кН/м ³	E, МПа	E ₁ , МПа	ν
1	4	мелкой крупности песок	12,3	26,6	15,6	26	35	0,33
2	7	суглинки	1,4	26,7	16,3	20	9	0,36
3	4	мелкой крупности песок	7,4	26,6	17,4	40	54	0,33
4	5	средней крупности песок	11,8	26,6	16,7	40	54	0,33
5	9	глина	17,4	27,2	13,9	20	9	0,38
6	10	средней крупности песок	12,4	26,9	14,6	29,4	40	0,33
7	11	песчаник	4	25,8	16	100	100	0,27
8	12	каолин	16,4	26	14,7	24	12	0,38
9	14	гранит	-	26	1,62	150	150	0,27

Примечания. В таблице приняты такие обозначения:

H - глубина залегания подошвы грунтового слоя;

γ_s - удельный вес грунтовых частиц;

γ - удельный вес грунта;

E - модуль общей деформации грунта;

*E*₁ - то же, рассчитанный с использованием рекомендаций [2];

ν - коэффициент Пуассона грунта.

Результаты расчета средних осадок реакторных отделений с использованием различных методов в графической форме представлены в таблице 2 и в графической форме - на рисунке 2.

Таблица 2

Расчетные и фактические осадки реакторных отделений № 1-6 Запорожской АЭС

№ реакторного отделения	1	2	3	4	5	6
S^{ϕ} , мм	197	170	183	133,5	95	94,5
$S^{СНиП}$, мм	643	657	666	605	602	578
$S^{ДБН}$, мм	385	398	388	405	386	418
$S^{ПИНАЭ}$, мм	330	314	294	300	299	445
$S^{СНиП*}$, мм	930	917	899	666	725	617
$S^{ДБН*}$, мм	728	739	773	626	699	590
$S^{ПИНАЭ*}$, мм	932	963	1108	702	741	785

Примечание. В таблице 2 приняты такие обозначения:

S^{ϕ} – фактические осадки реакторных отделений;

$S^{СНиП}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций СНиП при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,2 \cdot \sigma_{zq}$ без учета взвешивающего действия воды;

$S^{ДБН}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций ДБН при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5 \cdot \sigma_{zq}$ без учета взвешивающего действия воды;

$S^{ПИНАЭ}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций ПИНАЭ при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5 \cdot \sigma_{zq}$ без учета взвешивающего действия воды;

$S^{СНиП*}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций СНиП при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,2 \cdot \sigma_{zq}$ при учете взвешивающего действия воды;

$S^{ДБН*}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций ДБН при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5 \cdot \sigma_{zq}$ при учете взвешивающего действия воды;

$S^{ПИНАЭ*}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций ПИНАЭ при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5 \cdot \sigma_{zq}$ при учете взвешивающего действия воды.

Геологический разрез площадки размещения АЭС “Бушер”, детально изученный до глубины 120м, представлен кайнозойскими осадочными отложениями неогеновой и четвертичной систем.

Грунты представлены суглинками, супесями, пылеватыми песками, твердыми и полутвердыми, уплотненными, с включениями щебня и дресвы известняка, обломков бетона до 30-40%. Уровень подземных вод находится на глубине 6 м от дневной поверхности [5].

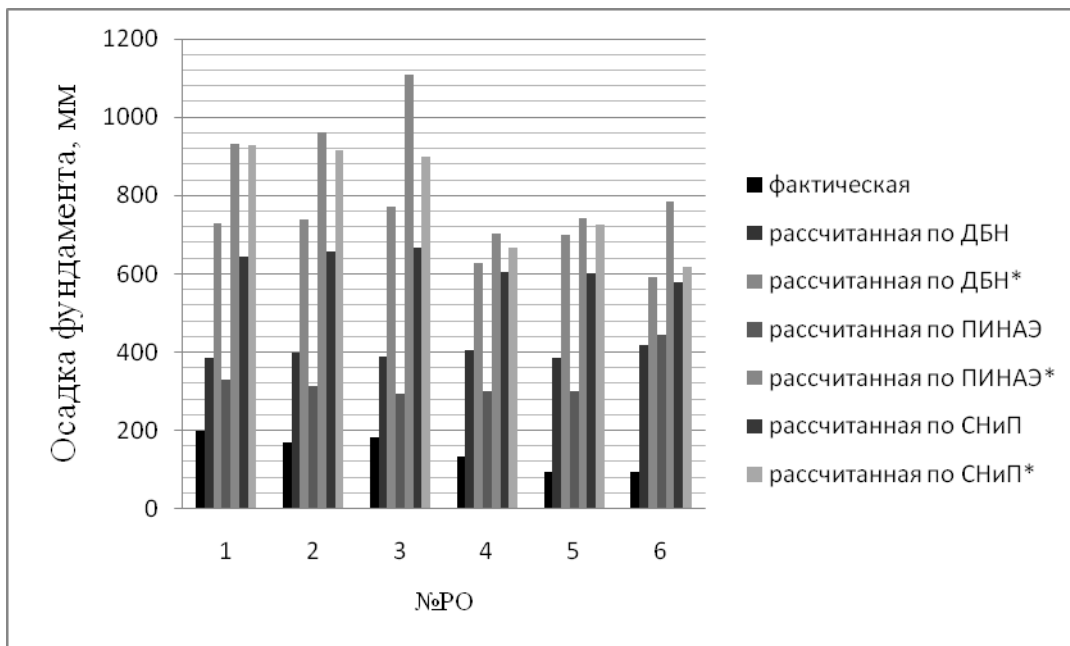


Рис. 2. Расчетные и фактические осадки фундаментов реакторных отделений Запорожской АЭС.

Примечание. значком "*" - отмечены осадки, рассчитанные при учете взвешивающего действия подземных вод.

Согласно классификации СНиП в данном случае имеет место расчетная схема полупространства.

Характерный инженерно - геологический разрез основания РО-1 представлен на рисунке 3, а свойства слагающих основание грунтов - в таблице 3.

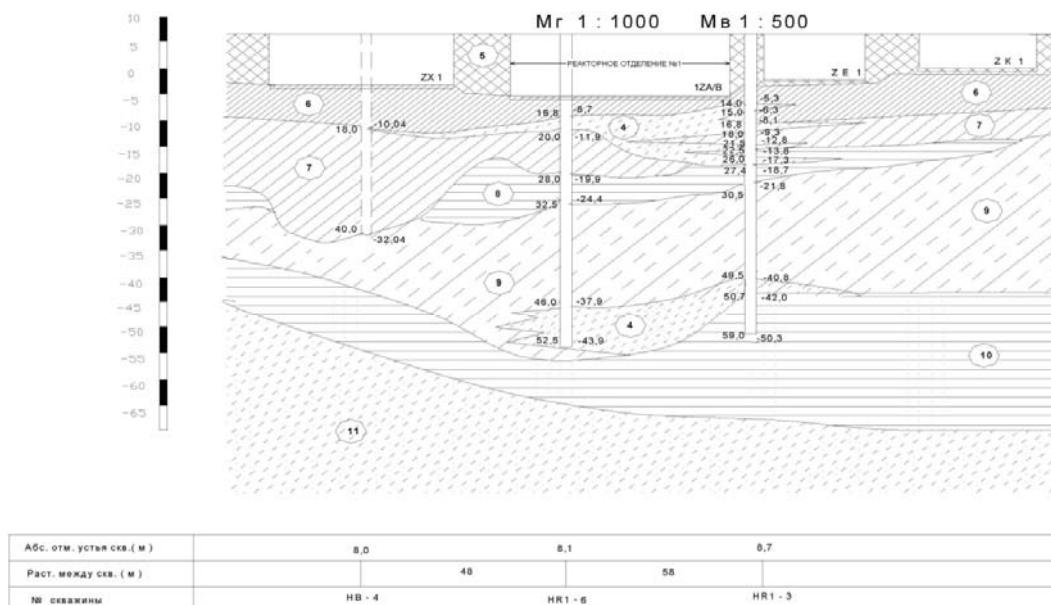


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез основания реакторного отделения №1 Бушеровской АЭС.

Таблица 3

Свойства слагающих основание реакторного отделения №1 грунтов

N п/п	N Игэ	Наименование грунта	H, м	γ_s , кН/м ³	γ , кН/м ³	E, МПа	E ₁ , МПа	ν
1	6	Суглинки и глины	16,8	27,1	16,5	33	33	0,35
2	4	Пылеватый песок	3,2	26,9	16,6	34	34	0,30
3	7	Суглинки и глины с прослойкой песка	8	27,1	16,8	36	36	0,30
4	8	Глины и суглинки полутвердые с включениями гипса	4,5	27,2	16,8	36	36	0,42
5	9	Суглинки и глины твердые, супеси пылеватые	13,5	27,3	16,7	32	32	0,35
6	4	Пылеватый песок	6	26,9	16,6	34	34	0,30
7	10	Глины твердые	7	27,6	17	36	36	0,42
8	11	Суглинки и супеси твердые	-	27,3	16,8	-	-	0,35

Примечания. В таблице приняты такие обозначения:

H - глубина залегания подошвы грунтового слоя;

γ_s - удельный вес грунтовых частиц;

γ - удельный вес грунта;

E - модуль общей деформации грунта;

E_1 - то же, рассчитанный с использованием рекомендаций . [2];

ν - коэффициент Пуассона грунта.

Таблица 4

Расчетные и фактические осадки реакторного отделения №1 Бушерской АЭС

№ РО	1
S^{ϕ} , мм	131,8
$S^{СНиП}$, мм	444
$S^{ДБН}$, мм	284
$S^{ПИНАЭ}$, мм	284
$S^{СНиП*}$, мм	513
$S^{ДБН*}$, мм	426
$S^{ПИНАЭ*}$, мм	426

Примечание. В таблице 4 приняты такие обозначения:

S^{ϕ} – фактические осадки реакторных отделений;

$S^{СНиП}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций СНиП при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,2 \cdot \sigma_{zq}$ без учета взвешивающего действия воды;

$S^{ДБН}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций ДБН при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5 \cdot \sigma_{zq}$ без учета взвешивающего действия воды;

$S^{ПИНАЭ}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций ПИНАЭ при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5 \cdot \sigma_{zq}$ без учета взвешивающего действия воды;

$S^{СНиП*}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций СНиП при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,2 \cdot \sigma_{zq}$ при учете взвешивающего действия воды;

$S^{ДБН*}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций ДБН при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5 \cdot \sigma_{zq}$ при учете взвешивающего действия воды;

$S^{ПИНАЭ*}$ – осадки реакторных отделений, рассчитанные с использованием рекомендаций ПИНАЭ при ограничении нижней границы сжимаемой толщи на глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5 \cdot \sigma_{zq}$ при учете взвешивающего действия воды.

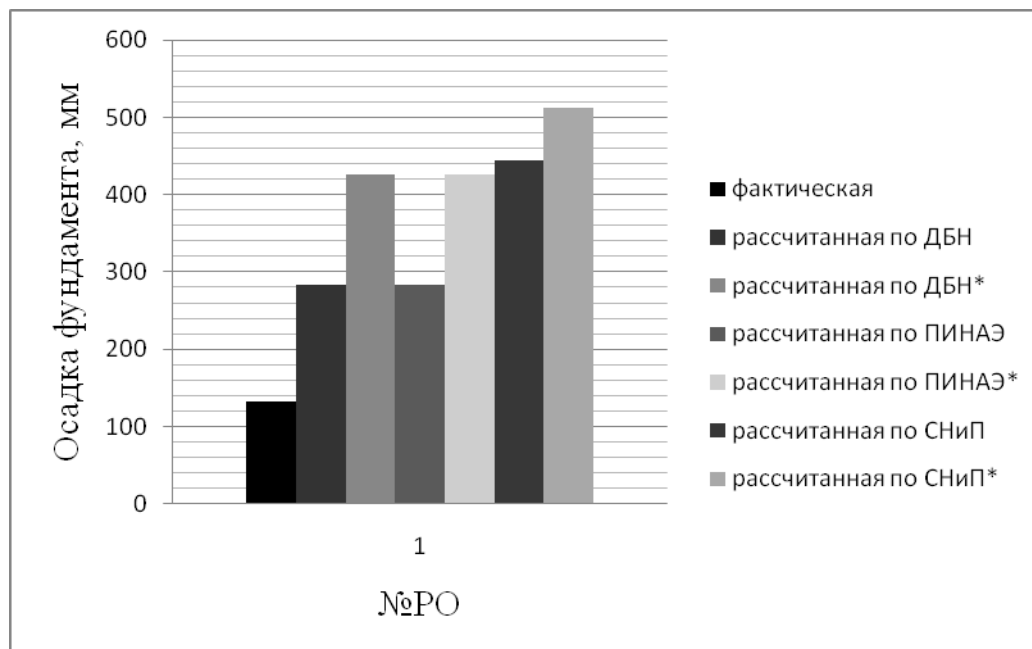


Рис. 4. Расчетные и фактические осадки фундаментов реакторного отделения РО №1 Бушерской АЭС.

Представленные в таблицах 2 и 4, а также на рисунках 2 и 4 данные позволили нам сделать такие выводы:

1. Чем ближе к подошве фундамента залегает скальный грунт, тем при прочих равных условиях меньше его осадки.

2. При неучете взвешивающего действия грунтовых вод фактические осадки РО отличаются от осадков, рассчитанных по методике [1] отличаются на 35-50%, по методике [2] - на 30-40%, а по методике [3] на 50-70%.

3. При учете взвешивающего действия грунтовых вод фактические осадки РО отличаются от осадков, рассчитанных по методике [1] отличаются на 60-70%, по методике [2] - на 70-90%, а по методике [3] на 80-95%.

Таким образом, имеет место парадоксальная ситуация - осадки, рассчитанные при полном соблюдении требований нормативных документов оказались менее точными, чем осадки, установленные при игнорировании влияния взвешивающего действия воды.

В этой связи нами был сделан вывод о том, что действующие в настоящее время на территории Украины нормативные документы [1] и [2] нуждаются в уточнении.

Список литературы

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основания и фундаменты сооружений.
2. ПиНАЭ 5.10-87. Основания реакторных отделений атомных станций/Госстрой СССР. -М., 1987.
3. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений.
4. Легенченко В.А. Влияние особенностей инженерно-геологического строения грунтового основания на величину вертикальных осадок большеразмерных фундаментов (на примере Запорожской АЭС): Магистерская дипломная работа, г. Днепропетровск, 2012.
5. Хилько Я. В. Закономерности развития вертикальных осадок большеразмерных фундаментов (на примере реакторного отделения АЭС в г. Бушер, Иран): Магистерская дипломная работа, г. Днепропетровск, 2012 - 176 с.