

Зайнеев Эмиль Дамирович, Гареева Наталия Борисовна

О НОРМАТИВНО-РАСЧЕТНОЙ БАЗЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА НЕРАВНОМЕРНО СЖИМАЕМОМ ОСНОВАНИИ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2010/10/18.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2010. № 10 (41). С. 50-53. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2010/10/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

Был выполнен расчет величины осадки методом послойного суммирования [3] от давления на грунт при нагрузке, вызвавшей осадку величиной 40 мм при статических испытаниях. В Табл. 2 приведены результаты расчета.

Таблица 2. Данные фактической и расчетной осадки

Величина расчетной осадки, мм	Результаты статических испытаний	
	Осадка в конце линейной зоны, мм	Осадка при расчетной нагрузке, мм
14	21	40

Данные таблицы показывают, что фактическая осадка штампа превышает расчетную примерно в три раза. Это можно объяснить наличием кумулятивного эффекта при уплотнении и последующего проскальзывания уплотненного ядра при нагрузке на фундамент-оболочку во время испытания.

Поэтому при практическом применении фундаментов-оболочек на вытрамбованном основании предлагается для оценки ожидаемой осадки при расчетной нагрузке, полученной по результатам вытрамбовки, считать, что она гарантируется в пределах 40 мм.

Это обосновано тем, что величина коэффициента «*K*» в предложенной формуле определялась при величине осадки в этих пределах.

Список литературы

- 1. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений:** свод правил по проектированию и строительству: СП-50-101-2004. М., 2005.
- 2. Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах.** М.: Стройиздат, 1981. 50 с.
- 3. Способ возведения фундамента-оболочки:** пат. № 2101420 РФ МЕИ6Е02Д27/26 / А. В. Рыбаков, Б. В. Гончаров, В. Л. Коган, В. В. Коган // Бюл. изобр. 1986. № 1.

УДК 624.131

Эмиль Дамирович Зайнеев, Наталия Борисовна Гареева
Уфимский государственный нефтяной технический университет

О НОРМАТИВНО-РАСЧЕТНОЙ БАЗЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА НЕРАВНОМЕРНО СЖИМАЕМОМ ОСНОВАНИИ[©]

В последние годы в России одним из ведущих направлений стало возведение зданий на плитных фундаментах. Данный тип фундаментов позволяет избежать дорогостоящих и часто ненадежных методов предотвращения неравномерных деформаций грунта, гарантируя надежность системы на все время эксплуатации здания. Однако при их строительстве возникают трудности в выборе метода проектирования и расчета.

Для работающих на изгиб фундаментных плит и перекрестных лент статический расчет в предположении линейного распределения реактивного давления грунта не может считаться приемлемым. Пренебрежение изгибом фундамента и его совместной работой с грунтовым основанием и надфундаментными конструкциями приводит к тому, что расчетные реакции этих конструкций оказываются весьма далекими от нагрузок, действующих на них.

При проектировании плит определенную сложность представляет выбор модели основания. Такие классические, как модель Винклера с постоянным коэффициентом постели или схема линейно-деформируемого полупространства, придают нереальную распределительную способность грунтовому основанию. Если первая совершенно её не учитывает, то вторая – завывает, что приводит к концентрации краевых давлений.

СНиП 2.02.01-83* [2] предлагает для расчета осадок плитных фундаментов схему линейно-деформируемого пространства, либо слоя конечной толщины. Однако, приемлемые, доведенные до расчетных формул, методики проектирования для данных схем основания отсутствуют, а соответствующие вычисления можно выполнить только с помощью специально разработанных вычислительных процедур, реализованных в компьютерных программах.

При обзоре технической литературы следует отметить Руководство [4], в котором неоднородность в плане по сжимаемости основания определяется коэффициентом $E \geq 1,5$:

$$E = \frac{E_{qf \max}^{np}}{E_{qf \min}^{np}} \quad (1)$$

где $E_{af \max}^{np}$ и $E_{af \min}^{np}$ - соответственно, значения наибольшего и наименьшего приведенного по расчетным вертикалям модуля деформации грунтов.

В данном случае расчетную схему основания характеризуют переменным коэффициентом жесткости, который учитывает неоднородность и распределительную способность основания. Данный коэффициент жесткости определяется исходя из ожидаемых осадок $S(x, y)$ участков фундамента и возможных величин реактивных давлений $P(x, y)$ на этих же участках.

Также при проектировании плитных фундаментов необходимо отметить Справочник [5], предлагающий для учета распределения реактивных давлений под подошвой фундамента применять одну из двух теорий:

- основание работает согласно гипотезе коэффициента постели (Винклера);
- основание работает согласно гипотезе упругого полупространства.

В Справочнике [Там же] сделана попытка связать коэффициент постели и модуль деформации при равенстве осадок, вычисленных по обеим гипотезам. Но при определении изгибающих усилий в конструкциях, в конечном счете, получаются различные значения. Исключения составляют лишь узкие балки с соотношением сторон более 10.

На основе опыта проектирования, для расчета оснований плитных фундаментов авторы [Там же] рекомендуют использовать модель упругого полупространства.

В работе [4] авторы представляют обзор различных методов расчета плит на упругом основании и предлагают свой метод расчета осадок, основанный на послойном суммировании с учетом структурной прочности грунта, который пригоден для расчета плитных фундаментов. Результаты, полученные по данной методике, сопоставлялись с расчетами, в которых основания представлены нормативными моделями линейно-деформируемого полупространства и линейно-деформируемого слоя. При этом расчеты велись с некоторыми отступлениями от строительных норм [2], что уменьшило погрешность результатов.

Значения расчетных осадок, полученных тремя способами, сравнивались с данными натурных измерений осадок различных типов плитных фундаментов 28 сооружений (Рис. 1). Метод линейно-деформируемого полупространства несколько переоценивает осадку, но основной недостаток этого метода состоит в очень большом разбросе результатов.

Более серьезные претензии можно предъявить к методу линейно-деформируемого слоя, который систематически занижает осадки, причем с ростом осадок эта тенденция возрастает.

Наконец разработанный авторами статьи [6] метод послойного суммирования с учетом структурной прочности грунта наиболее точен и в то же время в наименьшем числе случаев недооценивает осадку. Этот метод применяется при расчетах в программах КРОСС, ПК SCAD Office, предназначенных для вычисления коэффициента постели по результатам геологических изысканий. Вводя в программу очертания фундаментной плиты и сведения о площадке строительства, строятся изополя коэффициентов постели. Для каждого слоя грунта, входящего в состав основания, задается наименование, удельный вес, модуль деформации, коэффициент Пуассона, отметки уровней слоев, положение уровня подземных вод. В порядке контроля, автоматически могут быть построены геологические разрезы основания.

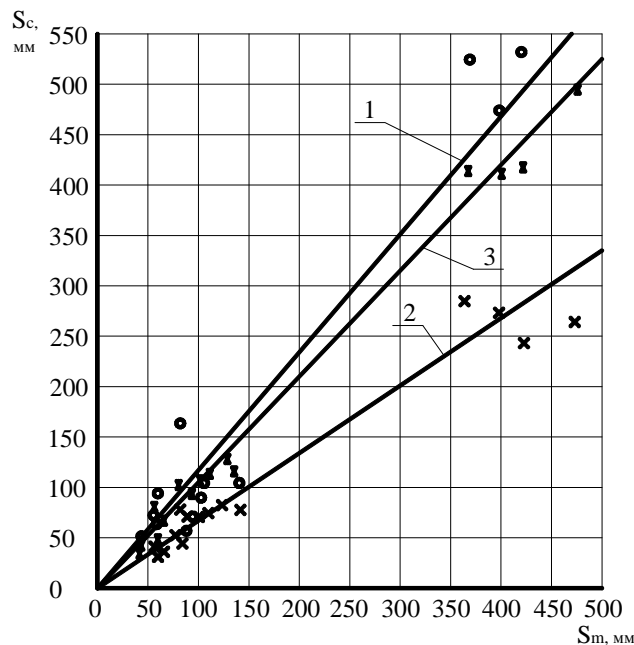


Рис. 1. Сопоставление измеренных осадок S_m с расчетными S_c по методам:
 ○ - линейно-деформируемого полупространства (1); × - линейно-деформируемого слоя (2);
 ✱ - послойного суммирования с учетом структурной прочности (3)

Немного позже в работе [1] автор приводит методику учета деформируемости неоднородного основания при расчете фундаментных плит. Суть данной методики заключается в том, что реалистичных оценок по осадкам и распределительной способности неоднородного основания под фундаментом произвольной формы можно добиться путем обобщения метода послойного суммирования для достоверного расчета осадки не только под центром, как это предлагается в нормах [2], но и для любой другой точки подошвы фундамента. Тогда трехмерная задача сводится к набору условно одномерных расчетов. При этом за основу берется предлагаемая нормами [Там же] модель однородного упругого полупространства, с некоторыми допущениями. По результатам расчетов и сравнений с измеренными осадками, данный метод показал погрешность в 15%, в то время, как метод линейно-деформируемого слоя – 40%, а переменного коэффициента постели – 60%. Необходимо отметить, что данная публикация подверглась критике, в связи с тем, что предлагаемый автором путь направлен на усовершенствование инженерных методов расчета, вместо численного решения трехмерной задачи. Также критикуется и большое количество допущений для каждого конкретного расчетного случая, что приводит к потере изначальной инженерной простоты соответствующих моделей, но не позволяет предсказуемо оценить точность получаемых решений.

Проводя обзор действующих нормативных документов, имеющих рекомендательный характер, необходимо отметить, что при проектировании и расчете оснований и фундаментов плитного типа, имеется ряд особенностей. При расчете фундаментов, в соответствии с СП 50-101-2004 [3], внутренние усилия в системе "основание-фундамент-сооружение" допускается определять с использованием программ расчета сооружения на основании, характеризуемом переменным в плане коэффициентом жесткости (коэффициентом постели). При этом переменный в плане коэффициент постели должен назначаться с учетом неоднородности в плане и по глубине и распределительной способности основания. Этот коэффициент может определяться заранее или в процессе последовательных приближений на основе линейной или нелинейной модели основания. Процесс последовательных приближений включает следующие шаги:

- задание начального распределения коэффициента постели;
 - расчет совместных перемещений сооружения, плитного фундамента и основания с принятым распределением коэффициента постели $k(x, y)$ при действии заданных нагрузок и определение контактных давлений $P(x, y)$;
 - определение осадок основания $w(x, y)$ с использованием принятой линейной или нелинейной модели основания, а также следующего приближения для коэффициента постели
- $$k(x, y) = P(x, y) / w(x, y) \quad (2)$$
- повторение шагов 2) и 3) до достижения сходимости по контрольному параметру (например, по коэффициенту постели).

Также рекомендуется выбирать наиболее неблагоприятные значения параметров жесткости основания и модели основания для каждого расчета. В частности, расчет сечения верхней арматуры производить при постоянном коэффициенте постели, а нижней - при переменном.

В работе [7] авторы представляют программу, алгоритм которой служит тем же целям, что и программа КРОСС, но с некоторыми отличиями: использована рекомендованная в [3] схема определения осадки в отдельной точке основания с учетом глубины заложения фундамента; выполнена оптимизация расчета напряжений по методу «угловых точек»; возможно задание произвольного неравномерного распределения нагрузок на подошвах фундаментных плит; применена методика учета фактической инженерно-геологической информации, позволяющей избежать субъективной и неоднозначной процедуры построения разрезов.

В Eurocode 7: Geotechnical design [8] сжимаемая толщина для плитного фундамента определяется, как правило, из условия что эффективное вертикальное напряжение от нагрузки составляет 20% от напряжения, вызванного почвенным слоем. Также, во многих случаях, данная глубина принимается в 1-2 раза больше ширины фундамента. В данных нормах используется предположение, что опорное давление под жестким фундаментом распространяется по линейному закону. В тоже время указывается, что для более экономичного проектирования можно использовать более детальный анализ взаимодействия конструкции с основанием. В этих нормах приводится несколько методов вычисления осадки фундамента:

- метод зависимости напряжений от деформаций, схожий с методом послойного суммирования. В первую очередь вычисляются напряжения в грунте, при допущении, что грунт однородный изотропный и давление имеет линейное распределение. Затем вычисляются деформации в грунте под действием полученных напряжений, используя значения зависимости напряжений от деформаций, полученные из лабораторных испытаний. В конце суммируются вертикальные деформации для определения осадок;
- метод скорректированной эластичности. Общую осадку определяют с использованием теории эластичности и следующего уравнения:

$$S = p \cdot b \cdot \frac{f}{E_m} \quad (3)$$

где S – осадка фундамента; b – ширина фундамента; p – опорное давление, линейно распределяющееся по основанию фундамента; f – коэффициент осадки фундамента, который зависит от формы и размеров площади фундамента, изменения жесткости в зависимости от глубины, сжимаемой толщи, коэффициента Пуассона, распределения опорного давления и от точки, для которой вычисляется осадка фундамента; E_m – расчетное значение модуля эластичности.

Данный метод следует использовать только в тех случаях, когда не возникает существенной пластической деформации в грунте. В случае с неоднородным основанием формулу (3) следует использовать с осторожностью.

Таким образом, можно сделать вывод, что имеется достаточная нормативно-методическая база, рекомендуемая расчетные модели взаимодействия плитных фундаментов с грунтовым массивом.

Имеется также широкий выбор компьютерных программ расчета плитных фундаментов, используемых в отечественной и зарубежной практике проектирования. При проектировании плит европейские нормы схожи с отечественными, но при этом носят более рекомендательный характер и методики расчетов основных параметров оснований и фундамента более простые. Отечественная литература предлагает большой выбор методов и подходов к проектированию плит, а также имеются составленные на их основе расчетные программные комплексы, из которых каждый имеет достоинства и недостатки.

Однако в нормативных документах, сводах правил и научных публикациях нет конкретных рекомендаций по определению такой главной расчетной характеристики грунта, как коэффициент постели. Предлагаемые косвенные величины определения или табличные данные не могут надежно характеризовать величину коэффициента постели для каждого конкретного случая с учетом размеров и формы фундамента, а также изменчивости характеристик грунта по всей опорной площади плиты.

Предполагается, что можно рекомендовать использовать метод статического зондирования грунта по всей площади плиты. Метод может обеспечить получение данных зондирования по достаточно частой сетке скважин по сравнению с буровыми скважинами.

Метод статического зондирования может быть использован после проведения экспериментальных работ и получения корреляционной зависимости между данными испытания штампом и лобовым сопротивлением грунта при зондировании.

Список литературы

1. Безволев С. Г. Методика учета деформируемости неоднородного упругопластического основания при расчете фундаментных плит // ОФМГ. 2002. № 5. С. 8-14.
2. Основания зданий и сооружений: СНиП 2.02.01-83. М., 2000.
3. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений: СП 50-101-2004. М., 2004.
4. Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа / НИИОСП им. Н. М. Герсеванова. М.: Стройиздат, 1984.
5. Сорочан Е. А., Трофименков Ю. Г. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М.: Стройиздат, 1985.
6. Федоровский В. Г., Безволев С. Г. Расчет осадок фундаментов мелкого заложения и выбор модели основания для расчета плит // ОФМГ. 2000. № 4. С. 10-18.
7. Шейнин В. И., Сарана Е. П., Артемов С. А., Фаворов А. В. Алгоритм и программа инженерного расчета осадок фундаментных плит с учетом неравномерности нагрузки на основание и неоднородности массива // Там же. 2006. № 5. С. 2-7.
8. Eurocode 7 «Geotechnical design». London, 2003.

УДК 551.1/3

Дмитрий Евгеньевич Ипатов
Московский физико-технический институт

ЗАДАЧА О ПРИЛИВНОМ ПОТЕНЦИАЛЕ[©]

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы

Задачи о "приливных потенциалах" (о "приливообразующих силах") являются одними из обратных задач, естественным образом возникающих в математической теории приливных течений (или просто приливов) во многих акваториях Мирового океана (окраинные моря и др.). Приливообразующие силы обусловлены силами притяжения в сложной системе небесных тел (среди которых особо выделяются Солнце, Земля и Луна) [1; 2; 3; 4]. Эти силы специфичны тем, что они периодичны по времени и их можно попытаться рассчитать заранее с помощью методов гармонического анализа, т.е. до проведения расчетов приливных течений по выбранной математической модели. Эти предварительные расчеты должны быть осуществлены с учетом особенностей конкретной акватории, в которой моделируются приливные течения. Для этих расчетов необходимо найти "гармонические константы" для выбранной акватории, привлекая многолетние данные наблюдений. Очевидно, что это возможно или не для всех акваторий Мирового океана, или гармонические константы не опубликованы в открытой печати, или они получены с недостаточной точностью. Именно вычисление данных констант является одной из основных задач гармонического анализа приливных течений.

В практических вычислениях, используя результаты гармонического анализа, учитывают лишь основные гармоники приливообразующих сил, пренебрегая остальными. Кроме того, рассматриваются силы, обусловленные лишь притяжением Солнца, Земли и Луны и не учитываются эффекты искривления дна Земли под действием этих сил и ряд других типов приливообразующих сил. Учет всех видов приливообразующих сил просто невозможен по ряду причин (отсутствие теоретических знаний, полных данных наблюдений и т.д.).