

УДК 624.15

РАСЧЕТ ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ  
ПО НОРМАМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И EUROCODE 7  
«GEOTECHNICAL DESIGN» (PART 1)

С.М. ВОЛКОВ, М.А. САВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Н.Г. ЛОБАЧЕВА)

Приведен сравнительный анализ методик расчетов несущей способности ленточных фундаментов согласно действующим нормативным документам Республики Беларусь и EUROCODE 7 «Geotechnical design» (part 1).

**Введение. Постановка проблемы**

Еврокоды – это нормативные документы в области строительства, согласованные на уровне Евросоюза и рекомендованные к применению странами-членами союза с учетом национальных особенностей. Национальные приложения к еврокодам предусматривают дополнительные требования к отдельным параметрам строительства, которые могут быть выше, но не ниже общеевропейских. Эти требования каждая страна определяет самостоятельно [5].

Национальные нормативные документы [2, 3], так же как и Еврокод 7 [1], предписывают проектирование различных объектов именно по двум группам предельных состояний (по несущей способности и деформациям) и имеют единую терминологию и обозначения, так что в принципиальном отношении отставания национальных норм РБ от европейских тенденций нет. Однако, в отличие от ТКП [2,3] в Еврокоде 7 [1] более расширен диапазон случаев расчета.

**Цель работы**

Проведение сравнения расчета несущей способности ленточных фундаментов мелкого заложения с учетом воздействия грунтовых вод по национальным и европейским нормам.

**Основная часть**

Дано: Для данного расчета принимаем, что основание является однородным. Рассмотрим ленточный фундамент шириной  $B = 2,5$  м и глубиной  $d = 1,5$ , которая требуется для сопротивления действующей на него постоянной нагрузки  $V_{Gk} = 250$  кН/м и временной  $V_{Qk} = 10$  кН/м. Фундамент запроектирован на глине средней прочности с  $c_{uk} = 45$  кПа и  $\varphi_k = 25^\circ$ . Удельный вес  $\gamma_k = 21$  кН/м<sup>3</sup>. Глубина залегания грунтовых вод  $d_w = 1$  м. Удельный вес грунтовых вод  $\gamma_w = 9,81$  кН/м<sup>3</sup> и железобетона  $\gamma_{ck} = 9,81$  кН/м<sup>3</sup>.

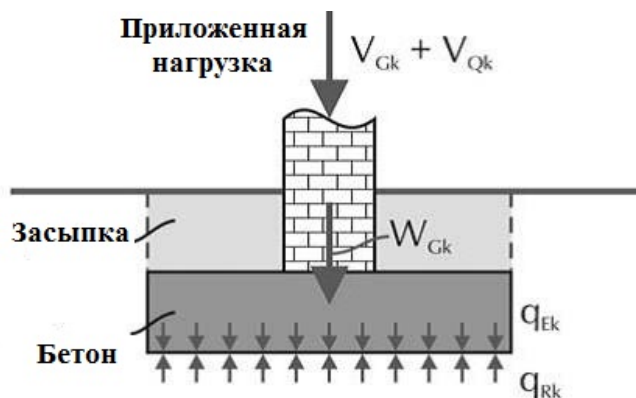


Рисунок 1. – Вертикальные воздействия на ленточный фундамент [6]

Схема показывает характерные вертикальные воздействия  $V_{Gk}$  (постоянная) и  $V_{Qk}$  (переменная) на фундамент, приложенные на него вышележащей конструкцией. Характерные начения собственного веса основания и обратной засыпки на нем являются постоянными воздействиями ( $W_{Gk}$ ) [6].

**Первый этап расчета. Расчет по европейским нормам.**

Согласно Еврокоду 7 [1] расчет ведется с помощью 3-х подходов (DA1, DA2, DA3) для определения предельного состояния GEO.

В EN 1997-1[1] предусматривается следующее требование: Для дренированных условий давление воды рекомендуется включать в виде воздействий. Подразумевается, что сопротивление рассчитывается по эффективным напряжениям. Может возникнуть вопрос, каким образом применять частные коэффициенты к погруженной или частично погруженной в воду конструкции? Сила, вызванная давлением воды и

воздействующая на подошву фундамента, уменьшает значение  $V_d$ , поэтому она может рассматриваться в качестве «благоприятной», в то время как общий вес фундамента представляется неблагоприятным. Физически именно вес погруженной конструкции (общий вес минус взвешивающая сила) должен выдерживаться грунтом, для которого несущая способность выражается в виде эффективных сил; один и тот же частный коэффициент может применяться к сумме этих воздействий. Расчетные значения воздействий, вызванных весом погруженного в воду фундамента и грунтовой засыпки, становятся расчетными значениями эффективных весов. Коэффициенты воздействия 1,0 (DA-1, сочетание 2) и 1,35 (DA-1, сочетание 1, и DA-2, и DA-3) применяются к эффективному весу погруженного в воду фундамента и грунтовой засыпки, если они считаются неблагоприятными [7].

Данные для сравнения несущей способности ленточных фундаментов с национальными нормами взяты из примера 10.3 [6].

В примере 10.3[6] рассматривается конструкция полосы на глине, как показано на рисунке 2. Грунтовые воды находятся на глубине  $d_w$  ниже поверхности земли. Этот пример демонстрирует использование частных факторов для недренированных и дренированных параметров. Включение подземных вод над основанием опоры иллюстрирует усложнения при применении частных факторов к давлению воды [6].

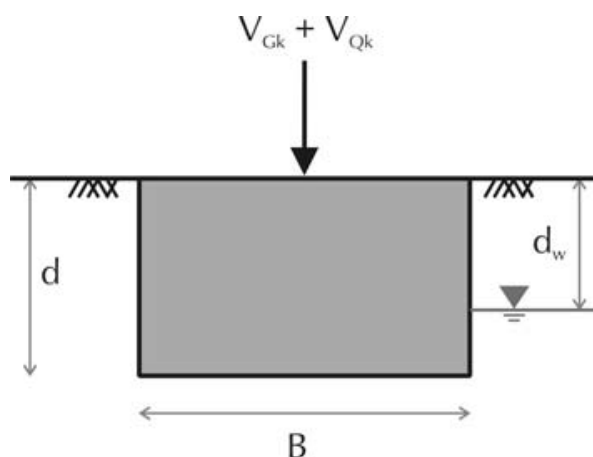


Рисунок 2. – Ленточный фундамент на глинистом основании

#### Второй этап расчета. Расчет по национальным нормам.

Суть расчета по национальным нормам является такой: среднее давление под подошвой от нагрузок и воздействий на фундамент не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания осевому сжатию  $R$ , МПа, которое устанавливается исходя из линейной зависимости между напряжениями и деформациями основания, жесткости, конструктивных особенностей объекта и наличия заглубленных помещений по формуле:

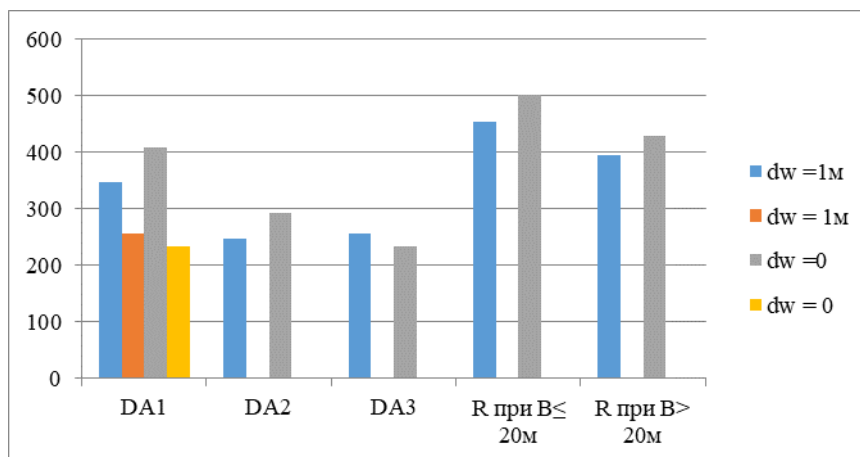
$$R = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{k} \cdot [M_\gamma k_\gamma b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II}] \quad (1)$$

Особенностями расчета по национальным нормам является влияние наличия подвала и его ширины на расчетную глубину подвала  $d_b$ . Для сооружений с подвалом шириной  $B \leq 20$  м и глубиной более 2 м допускается принимать  $d_b = 2$  м, при ширине подвала  $B > 20$  м или отсутствии подвала ( $d_b = 0$ ).

Таблица 1. – Результаты вычислений расчетных сопротивлений  $q_{Rd}$  и  $R$ , кПа по европейским и национальным нормам

	$d_w = 1$ м		$d_w = 0$ м	
	DA1	348.1	257.6	408.7
DA2	248.6		291.9	
DA3	257.6		233	
R при $B \leq 20$ м	454.53		501.31	
R при $B > 20$ м	395.99		430.12	

**Результаты выполненных исследований**

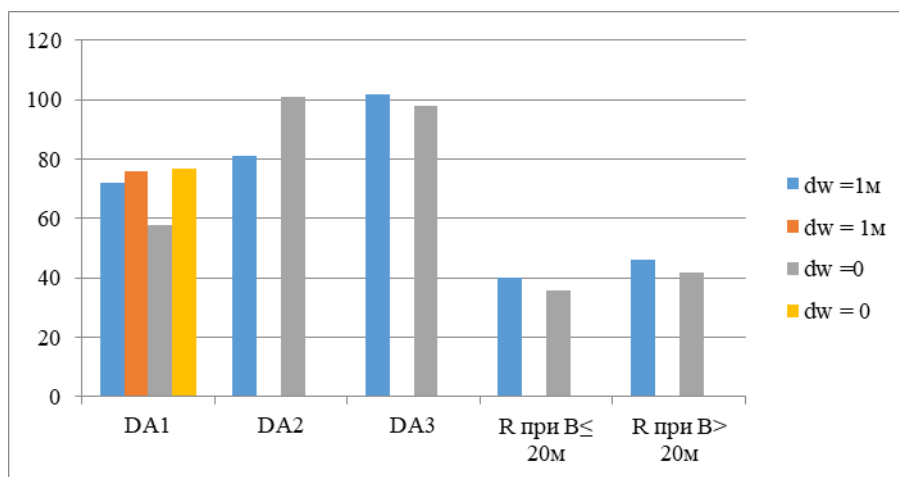


**Рисунок 3. – Количественное отношение величин расчетных сопротивлений по европейским и национальным нормам**

Таблица 2 – Результаты вычисления степени использования Δ, % по европейским и национальным нормам

	d <sub>w</sub> = 1 м		d <sub>w</sub> = 0 м	
	DA1	72	76	58
DA2	81		101	
DA3	102		98	
Δ при B ≤ 20м	40		36	
Δ при B > 20м	46		42	

Примечание: Расчет неприемлем, если степень использования > 100%.



**Рисунок 4. – Количественное отношение величин степени использования по европейским и национальным нормам**

**Выводы:**

1. Значение расчётного сопротивления грунта под подошвой ленточного фундамента шириной 2,5 м, полученные путем вычисления по национальным нормам Республики Беларусь, в среднем в 1,5–2 раза больше максимального сопротивления грунта, полученного по европейским нормам.
2. Из этого следует, что максимально приближённым к условиям в нашей стране является подход DA1, который можно рассматривать в качестве основы национального приложения.
3. Еврокод 7 не предусматривает точные алгоритмы к проектированию и не является регламентирующим документом, потому что в разных европейских странах приняты разные расчетные модели. Однако, Еврокод 7 устанавливает общие требования проектирования для всех европейских стран [5].

4. Следует отметить, что в данной статье рассматривались данные расчетов несущей способности ленточных фундаментов в глинистых грунтах по данным литературы [6] и, соответственно, данные расчетов несущей способности в других грунтовых условиях будут отличаться от вышеприведенных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила : ТКП EN 1997-1-2009 (02250). – Введ. 10.12.2009. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2010. – 121 с.
2. Фундаменты плитные. Правила проектирования : ТКП 45-5.01-67-2007 (02250). – Введ. 02.04.2007. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2008. – 137 с
3. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-5.01-254-2012(02250). – Введ. 01.07.2012. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2012. – 102 с.
4. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций : ТКП EN 1990-2011\* (02250) (EN 1990:2002, IDT). – Переиздание (апрель) с Изменением N1 (введено в действие с 01.04.2015) ; введ. 01.07.2012. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь : Стройтехнорм : СтройМедиаПроект, 2015. – VIII. – 86 с.
5. Терентьев, А.Я. Расчет свайных фундаментов по нормам Республики Беларусь и Eurocode 7 «Geotechnical design» (part 1) / А.Я. Терентьев, В.В. Бондарь. – Новополоцк : ПГУ.
7. Eurocode 7: Geotechnical Design. Worked examples / J. Andrew Bond [et al.] // Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes, Dublin, 13–14 June, 2013. – 172 p.
8. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 7. Геотехническое проектирование / Р. Франк [и др.] ; под науч. ред. А.З. Тер-Мартиняна. – М. : МГСУ, 2013. – 360 с.