

**К РАЦИОНАЛИЗАЦИИ РАСЧЕТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
РАЗМЕРОВ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПОДОШВЫ
ВНЕЦЕНТРЕННО НАГРУЖЕННОГО
ФУНДАМЕНТА**

Матус Ю.В., к.т.н., доцент

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Одесса*

Вступление. Вопрос о рационализации расчета по определению размеров прямоугольной подошвы внецентренно нагруженного в одном направлении фундамента является актуальным, интересным, и имеет важное теоретическое и практическое значение.

Анализ последних источников исследований и публикаций. В практике проектирования определение геометрических параметров прямоугольной подошвы внецентренно нагруженного в одном направлении фундамента, работающего с грунтовым основанием без отрыва подошвы, производится при принятии предпосылок об абсолютной, по отношению к грунтовому основанию, жесткости фундамента и винклеровской модели грунтового основания. В следствии принятия указанных предпосылок, контактные напряжения, действующие под подошвой фундамента распределяются по линейному закону и их значения можно аналитически определить по формуле внецентренного сжатия.

Геометрические параметры (длина l , ширина b , соотношение сторон меньшей к большей t или η большей к меньшей и площадь A_f) подошвы фундамента зависят от параметров – *внешних (силовых)*, действующих на уровне обреза фундамента, а именно, от равнодействующих вертикальных N_0 и горизонтальных Q_0 сил и момента M_0 и *конструктивных* – от усредненного удельного веса γ_m материала фундамента и грунта на его обрезах, и глубины заложения подошвы фундамента h) и *внутренних*, действующих на уровне подошвы фундамента, параметров (силовых – расчетного сопротивления грунта основания R , максимального $p_{max}=aR$ и минимального $p_{min}=\beta R$ краевых давлений на грунтовое основание и среднего реактивного p_{mt} давления, и *конструктивно-силовых* параметров – момента M ($M = M_0 + Q_0 h_f$), эксцентриситета e_0 равнодействующей и внешней вертикальной нагрузки ($e_0 = M/N_0$), эксцентриситета e приложения равнодействующей вертикальной нагрузки и собственного веса фундамента (высотой h_f) и грунта на его обрезах ($e = M/(N_0 + \gamma_m h A_f)$) или, что тоже,

эксцентриситета равнодействующей реактивных контактных давлений относительно центра тяжести подошвы). Внутренние факторы взаимосвязаны друг с другом, взаимозависимы друг от друга и взаимообусловлены.

Геометрические параметры подошвы должны удовлетворять наперед заданным условиям – определенным значениям максимального контактного краевого давления (α , как правило, принимается равным 1,2) и относительного, по отношению к длине l подошвы, эксцентриситета ε приложения вертикальной нагрузки в уровне подошвы фундамента, который не должен превышать предельного значения ε_u ($\varepsilon_u \leq 1/6$ или $\leq 1/10$ в зависимости от конструктивных особенностей здания или сооружения) (ε_u соответствует соотношению минимального давления к максимальному соответственно ≥ 0 и $\geq 0,25$) и отношения сторон подошвы. В качестве последнего условия принимают, обычно, отношение m ширины подошвы b к ее длине l (рекомендуемые обычно значения $m = b/l = 0,6 \dots 0,85$) или обратное ему отношение η , т.е. отношение длины к ширине $\eta = l/b$. Ниже будем оперировать только отношением m .

Кроме того, размеры подошвы фундамента должны быть модульные, то-есть кратными 30 см для фундаментов промышленных зданий и сооружений, либо кратными 10 см во всех других случаях.

Из поставленных условий можно при производстве расчетов выполнить одновременно или первое и третье, или первых два (контролируя, что бы значение отношения минимального давления к максимальному в первом случае, или отношения сторон подошвы во втором, находились в определенном, наперед заданном интервале). Получение же модульных размеров связано, как правило, с корректировкой получаемых расчетных значений размеров подошвы фундамента. Все методики определения геометрических параметров прямоугольной подошвы внецентренно нагруженного фундамента можно разделить на три группы – к первой относятся методики расчета, позволяющие определить геометрические параметры подошвы, удовлетворяющие наперед заданному, определенному значению отношения ее сторон, ко второй – определенному значению отношения краевых давлений p_{min}/p_{max} . К третьей, имеющей наибольшее практическое применение, группе относятся методики определения геометрических параметров подошвы, основанные на непосредственном и одновременном переборе размеров сторон подошвы на базе предварительно определенных для некоторых условий тех или иных условных показателей (например, площади подошвы или одной из ее сторон).

К первой группе можно, в частности, отнести методики расчета Ферронского В.И. [1], М.Н. Швехмана [2], В.П. Полищука [3], А.А.

Кальницкого и Л.М. Пешковского [4], ко второй – В.С. Рыбина [5], В.С. Плевкова и А.И. Полищука [6], к третьей – [7] и [8].

Известно, что размеры подошвы фундамента должны отвечать условиям, при которых

$$p_{mi} = \frac{N_0}{A_f} + \gamma_m h \leq R; \quad (1)$$

$$p_{max} \leq 1,2R \quad \text{и} \quad p_{min} \leq 0,$$

где p , p_{max} , p_{min} – соответственно среднее, максимальное и минимальное давление на грунт; R – расчетное сопротивление грунта основания, определяемое в соответствии с указаниями [9].

Краевые давления (при относительном эксцентриситете $\varepsilon = \frac{e}{l} \leq \frac{1}{6}$) определяются по формуле

$$p = \frac{N_0}{A_f} \pm \frac{M}{W_f} + \gamma_m h, \quad (2)$$

где N_0 – вертикальная нагрузка на верхнем обресе фундамента (на условном нулевом уровне); M – момент от равнодействующей всех нагрузок, действующих по подошве фундамента; W_f – момент сопротивления подошвы.

Рассмотрим особенности методик расчетов первой, второй и третьей групп.

Методики расчетов первой группы. В работе [1] задают конкретное отношение сторон подошвы $m = b/l$, а решение кубического, не содержащего квадрата неизвестного, уравнения

$$(1,2R - \gamma_m h) ml^3 - N_0 l - 6e_0 N_0 = 0, \quad (3)$$

полученного из выражения (2), рекомендуется выполнять графическим способом или подбором значения l . Аналитическое же решение кубического уравнения можно получить с применением известных математических приемов или по стандартным программам.

Определив l , далее находят b , A_f , e и ε . Эксцентриситет e получают из выражения

$$e = \frac{M}{N_0 + \gamma_m h A_f}. \quad (4)$$

Значения контролируемых давлений определяют по формулам (1) и (2).

В работе [2] решение уравнения (3) заменяют аппроксимирующей функцией

$$l = 2e_0 + \sqrt{\frac{1,055 N_0}{(1,2R - \gamma_m h) m} - 2,5e_0^2},$$

тем самым существенно упрощая математическую сторону решения задачи. Эксцентриситет e равнодействующей реактивных контактных

напряжений грунтового основания в этой работе находится из выражения

$$e = e_0 \frac{p_{mt} - \gamma_m h}{p_{mt}}.$$

При введении понятие относительного (по отношению к R) среднего давления на грунт $\gamma_R = p_{mt}/R$, уравнения (1) и (2) примут вид

$$\frac{N_0}{ml^2} + \gamma_m h = \gamma_R R; \quad (1a)$$

$$\frac{N_0}{ml^2} + \frac{6N_0 e}{ml^3} + \gamma_m h = 1,2R. \quad (2a)$$

Из совместного решения равенств (1a) и (2a), как это предложено в работе [3], можно определить значение относительного среднего давления на грунт γ_R из уравнения третьей степени, имеющего каноническую форму.

Отметим, что совместное решение уравнений (1a) и (2a) никаких преимуществ перед методикой [1] и тем более перед [2] при определении самих размеров подошвы не дает.

Имеется и предложение [4] по использованию геометрического истолкования взаимодействия подошвы фундамента и грунтового основания в плоскости их контакта. Здесь также разрешающее уравнение будет представлено уравнением третьей степени, имеющим каноническую форму.

Большинство методик расчетов первой группы связано с решением или неполного, или канонического кубического уравнений и это обстоятельство снижает их практическое применение. Из изложенного выше видно, что наиболее оптимальный подход к расчетному (аналитическому) определению размеров подошвы фундамента в методиках первой группы имеет место в работах [1] и [2]. Заметим, что значение расчетного сопротивления грунтового основания R , является функцией от ширины подошвы фундамента, после определения которой, как правило, необходима корректировка предварительно выбранного значения R с последующим перерасчетом размеров подошвы, то-есть и здесь, в итоге, определение размеров подошвы фундамента выполняется методом попыток.

Методики расчетов второй группы. В работах [5, 6] при определении геометрических параметров подошвы предварительно задаются значениями внутреннего силового параметра $p_{max} = 1,2R$ и отношения $p_{min}/p_{max} = \rho_R$, после чего в строгой последовательности определяют вначале площадь подошвы A_f , затем конструктивно-силовой параметр e , длину подошвы l и далее в любом порядке остальные параметры геометрии подошвы. Эксцентриситет e равнодействующей реактивных контактных напряжений грунтового основания определяют по формуле

$$e = \frac{M + \Delta M}{N_0 + \gamma_m h A_f} = \frac{(1+k)M}{N_0 + \gamma_m h A_f},$$

где $\Delta M = Qh_f$, где, в свою очередь, h_f – высота фундамента; $k = \frac{\Delta M}{M}$.

Преследуя цель снижения количества попыток, в работе [6] рекомендуется проведение расчетов по подбору геометрических параметров подошвы по формулам, соответствующим целому ряду конкретных значений отношения минимального к максимальному краевых давлений под подошвой ρ_R . И здесь, как правило, не удается избежать корректировки расчетных значений как длины, так и ширины подошвы, да и ряд значений ρ_R существенно ограничен для поиска оптимального решения. Следовательно, рассматриваемые методики не обладает должной гибкостью и универсальностью.

Методики расчетов третьей группы. Обычно [7, 8], в практике проектирования, с целью избежать математических трудностей, определение геометрических параметров подошвы выполняется методом последовательных приближений. Предварительные размеры подошвы внецентренно нагруженного фундамента находят исходя из требуемой условной площади подошвы A_f для случая центрального сжатия или, что тоже, для случая внецентренного сжатия, когда эпюре давления на грунт под подошвой свойственны $p_{mt} = R$ при $p_{max} = 1,2R$ и соответственно $p_{min} = 0,8R$ (т.е. для случая $\varepsilon = 1/30$), определяемой из формулы

$$A_f = \sqrt{\frac{N_0}{R - \gamma_m h}}. \quad (5)$$

Следует заметить, что рассматриваемый случай, как правило, имеет мало общего с окончательным решением конкретной задачи. Затем принимают одновременно модульные значения обеих геометрических параметров подошвы l и b с таким расчетом, что бы площадь подошвы этого нового фундамента была несколько больше (заранее неизвестно на сколько) ранее определенной, требуемой площади, а соотношение параметров соответствовало требуемому диапазону изменения m . Окончательный выбор пары l_i и b_i производят после определения p_{max} , p_{min} и ε .

По методикам третьей группы, реализующим метод последовательных приближений, расчет размеров подошвы фундамента связан с проведением, как правило, существенного количества попыток (довольно громоздких и длительных вычислений) при достаточно сумбурном и хаотичном выборе пар l_i и b_i , т.е. приближения на практике имеют далеко не последовательный характер. Основные недостатки: трудоемкость и отсутствие

обоснованного подхода для получения оптимальных размеров подошвы.

Нерешенные ранее части общей проблемы. Методу последовательных приближений, получившему наибольшее распространение [10] при определении размеров подошвы, свойственны ряд недостатков, которые в основном связаны с отсутствием упорядоченного, обоснованного подхода к расчету, что обуславливает существенное количество последовательных приближений, объем, длительность и трудоемкость вычислений.

Постановка задачи. Цель статьи – рационализация расчета по определению размеров подошвы внецентренно нагруженного в одном направлении фундамента, работающего без отрыва подошвы от грунтового основания, методом последовательных приближений на основе обоснованного, упорядоченного подхода, приводящего как к уменьшению сложности, так и объема расчета, в том числе, и к минимизации количества последовательных приближений.

Основной материал исследования и результаты. Анализ рассмотренных выше существующих методик расчета первой и второй групп свидетельствует о том, что все они построены по следующей схеме: вначале задаются в качестве базового некоторым отношением m сторон фундамента (минимальным, принадлежащим рекомендуемому диапазону), далее находят значение длины l подошвы, а оно как правило не соответствует модульному размеру и его приходится корректировать с целью получения модульного размера, и ширины $b = ml$ (и его так же приходится корректировать по той же причине). Из-за проведенных корректировок отношение сторон получает новое значение, отличное от первоначально выбранного. Отметим, что значения как l , так и b весьма чувствительны к малейшему изменению m (или η). В итоге, по окончании расчета, у нас нет ни одного расчетного параметра, который не подвергся бы последующей корректировке. Такое положение вряд ли можно считать нормальным.

Все это является следствием того, что при решении рассматриваемой задачи авторы методов предпочитают атаковать проблему «в лоб», т.е. определять l и b непосредственно по результатам расчетов, задаваясь значением m . Таким образом, практически всегда предварительно принимаемое значение m подвергается корректировке, и, в итоге, имеет мало общего с его окончательным значением. Кроме того, нам нужны не просто любые значения l и b , а значения, во-первых, модульные и, во-вторых, соответствующие рекомендуемому диапазону изменения m .

Расчет по методикам первой и второй групп связан с решением линейных алгебраических уравнений соответственно третьей и первой степеней. Рассмотрим вопрос об упрощении математической стороны задачи определения размеров подошвы фундамента. Проблема состоит

не столько в том, по какой из существующих методик производить расчеты, а в организации самого вычислительного процесса. Прежде всего возникает вопрос, что первично (т.е. какой геометрический параметр подошвы должен быть предварительно задан), а что вторично (т.е. что должно быть установлено по результатам расчета). Из изложенного выше следует, что при задании соотношения сторон подошвы m , мы получаем в дальнейшем либо неполное, либо каноническое линейное алгебраическое уравнение третьей степени.

Рассмотрим к чему приведет выбор вместо отношения сторон m ширины b или длины l его подошвы. Если примем некоторое значение b , то и найдем соответствующее этой ширине значение m из решения полного приведенного квадратного уравнения относительно m , получаемого из выражения (2а) при подстановке в него $l = b/m$

$$m^2 + pm - q = 0, \quad (6)$$

где
$$p = \frac{b}{6e_0}; \quad q = \frac{(1,2R - \gamma_m h)b^3}{6e_0 N_0}.$$

И, наконец, если предварительно принять значение длины l подошвы и определить соответствующее этой длине значение соотношения m из уравнения (3), представляющего собой уравнение первой степени относительно m

$$m = \frac{(l + 6e_0)N_0}{(1,2R - \gamma_m h)l^3}; \quad (7)$$

Формулы (15) и (16) обеспечивают, при известных ширине или длине подошвы, нахождение отношения ее сторон, при условии, что максимальное давление под подошвой, равно $1,2R$.

Таким образом, выбрав вместо m ширину b , удастся снизить степень разрешающего уравнения на единицу, а при выборе длины l получаем разрешающее уравнение первой степени, и это не прибегая к аппроксимации.

Не смотря на то, что такой подход к определению размеров подошвы непосредственно следует из элементарного анализа уравнений (3) и (8), работы, использующие его в рассматриваемом в данной статье вопросе, автору не известны. Хочется надеется, что данная статья послужит толчком к пересмотру не вполне здоровой тенденции, исторически закрепившейся в вопросе определения размеров подошвы фундамента внецентренно нагруженного в одном направлении.

Более рациональным, оптимальным и удобным, по нашему убеждению, расчетным путем определения размеров прямоугольной подошвы внецентренно нагруженного фундамента будет следующий. Исходя из некоторых, определенных заранее выбранных условий, определяют границы условного интервала вероятного изменения

длины подошвы с назначением ряда модульных значений ее длины l_i . Далее расчетным, теоретически обоснованным, путем, для каждого значения длины l_i , определяют по формуле (7) (а в основе ее и лежат теоретические соображения), отвечающее этому значению отношение сторон подошвы, удовлетворяющее предъявляемому требованию по значению максимального давления под подошвой. Затем определяют ширину подошвы (по формуле $b_i = ml_i$), ее площадь и момент сопротивления, а так же давления в характерных точках. На основе анализа полученных результатов производят окончательный выбор оптимальных размеров подошвы фундамента.

Рассмотрим вопрос об условном интервале изменения длины подошвы фундамента. В качестве выбираемых исходных предпосылок примем m_0 и p_{mt} . Здесь в качестве m_0 рекомендуется принимать нижнюю границу рекомендуемого интервала изменения отношения сторон подошвы.

Нижняя (минимальная) условная (т.к. полное соответствие между принятыми значениями m_0 и p_{mt} вряд ли будет строго соблюдаться) граница l_{01} (для случая, когда $p_{mt} = R$ при $p_{max} = 1,2R$ и $p_{min} = 0,8R$) и верхние максимальные условные границы l_{02} (для случая, когда $p_{max} = 1,2R$ и $p_{min}/p_{max} = 0,25$) и l_{03} (для случая, когда $p_{max} = 1,2R$ и $p_{min} = 0$) интервала изменения длины подошвы фундамента определяются по формуле

$$l_{0i} = \sqrt{\frac{N_0}{m_0(p_{mt} - \gamma_m h)}}, \quad (8)$$

где среднее давление под подошвой p_{mt} равно: R – для нижней границы l_{01} и для верхних границ l_{02} и l_{03} , соответственно рассмотренным случаям, $0,75R$ и $0,6R$.

Формула (17) дает возможность точно устанавливать значение длины подошвы фундамента при условии полного соответствия между значениями отношения сторон подошвы и среднего давления под подошвой. Всякое значительное удаление от этого условия делает сомнительным получаемый результат, так как неизбежно сопряжено с возникающими при расчете по формуле существенными погрешностями.

Для формул по определению верхних условных границ интервала l_{02} и l_{03} будет свойственна еще большая степень несоответствия между принятыми значениями m и p_{mt} чем у l_{01} , в связи с чем расчетные значения длины подошвы могут существенно, и даже в несколько раз, отличаться от искомого и при этом соответствующее значение m_i может быть получено много больше 1.

Значение искомой длины подошвы фундамента будет находиться внутри интервала « $l_{01} - l_{02}$ », либо интервала « $l_{01} - l_{03}$ », при условии, и это следует особо подчеркнуть, что приведенные формулы для

определения верхних условных границ для рассматриваемого конкретного случая работают корректно.

Выбор первоначальной модульной длины подошвы можно выполнять двояко. В первом случае, при выборе в качестве исходной предпосылки значение нижней границы интервала изменения длины подошвы фундамента, следует учитывать что, как правило, среднее давление под подошвой в итоге будет меньше расчетного сопротивления грунта основания, а искомое значение длины подошвы будет больше l_{01} , и, следовательно, расчет ширины подошвы необходимо выполнять при модульных размерах длины больших l_{01} . Во втором случае среднее давление под подошвой в итоге будет больше $0,75R$ или $0,6R$ (в зависимости от рассматриваемого случая), а искомое значение длины подошвы будет соответственно меньше l_{02} или l_{03} , и, следовательно, расчет ширины подошвы необходимо выполнять при модульных размерах длины меньших чем указанные значения.

Так как нам, как правило, не известен вид окончательной эпюры контактных давлений под подошвой, соответствующий искомому соотношению сторон подошвы, то целесообразно в качестве исходного значения длины подошвы принимать именно нижнюю границу условного интервала. Следует напомнить, что достижение того или иного конкретного вида эпюры давлений под подошвой не является самоцелью, да и в подавляющем большинстве случаев собственно и не требуется. Указанные эпюры соответствуют тем или иным ограничениям по значению относительного эксцентриситета приложения в уровне подошвы равнодействующей всех внешних нагрузок, а меньшие значения относительного эксцентриситета не только допустимы, но даже желательны, так как при этом имеет место бóльшая равномерность распределения давления под подошвой фундамента. Таким образом, ограничением в расчете всегда будет рекомендуемый диапазон изменения значений отношения сторон подошвы фундамента и лишь только в редких случаях на первый план может выйти ограничение по виду эпюры давления.

После установления исходного модульного значения длины подошвы, все другие назначаемые в дальнейшем модульные значения l_i ряда будут большими чем l_{01} , но меньшими чем l_{02} или l_{03} . Выбранные значения длины подошвы должны быть последовательно опробованы. Таким образом, процесс расчета будет системным, теоретически обоснованным, существенно упорядоченным и ограниченным, идущим в одном направлении до момента, когда при некоторых модульных размерах подошвы соответствующее m_i максимально приблизится сверху к значению m_0 . Особо отметим то обстоятельство, что количество востребованных модульных значений

l_i будет несоизмеримо меньше возможных значений m_i , а, следовательно, и количество попыток кардинально будет сокращено.

Предлагаемой методике присуща ясность, простота процедуры выполнения расчета и, как следствие, цель – определение размеров фундамента достигается быстрее и легче.

По вышеприведенным формулам определяют геометрические параметры подошвы фундамента и при наличии в плане ограничения по длине подошвы фундамента.

Если имеют место ограничения по ширине подошвы, то по конструктивным соображениям значение b и находят соответствующее ей значение m из решения полного приведенного квадратного уравнения (6).

Оптимальным вариантом фундамента будем считать вариант, при котором, во-первых, естественно, геометрические параметры его подошвы удовлетворяют рассмотренным выше условиям и, во-вторых, площадь подошвы будет иметь минимальное значение. При одних и тех же внешних и внутренних параметрах с уменьшением m увеличивается длина подошвы и одновременно уменьшается как ширина, так и ее площадь. Поэтому оптимальному варианту в каждом конкретном случае, при соблюдении всех прочих условий, будет соответствовать минимальное из возможных, при модульных размерах подошвы, значение отношения ширины к длине подошвы ближайшее к минимальному рекомендуемому значению m , задаваемому при проектировании конкретного фундамента, и максимальному значению давления под подошвой, практически равному $1,2R$.

Проиллюстрируем применение предлагаемой методики на примере, хотя практическое ее применение очевидно.

Пример. Найти размеры подошвы фундамента ($p_{min}/p_{max} \geq 0,25$, $m = 0,6 \dots 0,85$) промышленного сооружения при следующих данных (заимствованы из работы [3]): $N_0 = 1302,4$ кН, $M = 448,9$ кН·м, $e_0 = 0,345$ м, $R = 230$ кПа, $\gamma_m = 20$ кН/м³, $h = 1,8$ м. Геометрические параметры подошвы должны удовлетворять условиям $p_{min}/p_{max} \geq 0,25$, $\varepsilon \leq 1/10$.

Определяем l_{01} и l_{02} по формуле (8):

$$l_{01} = \sqrt{\frac{1302,4}{0,6(230 - 20 \cdot 1,8)}} = 3,35 \text{ м.}$$

$$l_{02} = \sqrt{\frac{1302,4}{0,6(0,75 \cdot 230 - 20 \cdot 1,8)}} = 3,99 \text{ м.}$$

Принимаем следующие модульные размеры длины l_i подошвы фундамента: 3,3, 3,6 и 3,9 м (практика показывает, что целесообразно начинать расчеты с модульного размера длины l_i , следующего за l_0 , то есть в данном случае ряд надо начинать с 3,6 м). Значения m_i ,

соответствующие принятым значениям l_i , находим из выражения, полученного на базе формулы (7)

$$m_i = \frac{(l_i + 6e_0)N_0}{(1,2R - \gamma_m h)l_i^3} = \frac{(l_i + 6 \cdot 0,345) \cdot 1302,4}{(1,2 \cdot 230 - 20 \cdot 1,8) \cdot l_i^3} = \frac{5,4267l_i + 11,2332}{l_i^3}.$$

Результаты расчетов сводим в таблицу

l_i , м	m_p	b_p , м	b_i , м	m_i	$A_{f,i}$, м ²
3,3	0,8109 < 0,85	2,68	2,7	0,8182 < 0,85	8,91
3,6	0,6595 > 0,6	2,37	2,4	0,6667 > 0,6	8,64
3,9	0,5462 < 0,6	2,13	2,10	0,5385 < 0,6	8,19

Принимаем длину подошвы фундамента l , равную 3,6 м, ширину $b = 2,4$ м (с учетом размеров модульного ряда). Отметим, что окончательные размеры подошвы практически получены с первой попытки, и размеры те же, что и в работе [3], где они были найдены при решении канонического уравнения третьей степени.

Проведя корректировку [3], получаем $R = 233,8$ кПа.

Площадь и момент сопротивления подошвы фундамента соответственно равны 8,64 м² и 5,184 м³. Среднее давление под подошвой составит $p_{mi} = 186,7$ (79,9% от $R = 233,8$ кПа); крайевые давления – $p_{max} = 273,3$ (97,4% от $1,2R = 280,6$ кПа) и $p_{min} = 101,0$ кПа. Отношение p_{min}/p_{max} равно $0,36 \geq 0,25$. Относительный эксцентриситет равнодействующей вертикальных нагрузок в уровне подошвы фундамента составит $\varepsilon = 1/12,9 < 1/10$.

Выводы

1. Рациональный расчет оптимальных размеров подошвы внецентренно нагруженного в одном направлении фундамента связан с применением метода последовательных приближений и реализацией системного, упорядоченного, обоснованного подхода, заключающегося в выборе ряда модульных значений длины подошвы с последующим определением ее ширины на основе результатов расчетного, теоретически обоснованного определения отношения сторон подошвы, удовлетворяющего заданным условиям как по форме эпюры контактных давлений под подошвой и значению ее максимальной краевой ординаты, так и требованию по значению относительного эксцентриситета приложения к подошве фундамента равнодействующей внешней нагрузки.

2. Предложенный расчет отличается ясностью, простотой и элементарностью процедуры его выполнения.

Summary

On the basis of analysis of existent methods suggestions are given on rationalization of calculation on determining size of rectangular sole of the eccentric foundation working without tearing away of sole from the ground foundation loaded one-way.

Литература

1. Цытович, Н.А. Основания и фундаменты [Текст] / Н.А. Цытович, В.А. Веселов, П.Г. Кузьмин и др.; – М.: Госстройиздат, 1959. – 452 с.
2. Швехман, М.Н. Определение размеров подошвы внецентренно нагруженных прямоугольных железобетонных фундаментов [Текст] / М.Н. Швехман // Бетон и железобетон. – 1958. – №2. – С. 78 – 80.
3. Гольшев, А.Б. Проектирование железобетонных конструкций [Текст] / А.Б. Гольшев, В.Я. Бачинский, В.П. Полищук и др.; – К.: «Будівельник», 1985. – 496 с.
4. Кальницкий, А.А. Расчет и конструирование железобетонных фундаментов гражданских и промышленных зданий и сооружений [Текст] / А.А. Кальницкий, Л.М. Пешковский; – М.: «Высшая школа», 1974. – 261 с.
5. Рыбин, В.С. Проектирование фундаментов реконструируемых зданий [Текст] / В.С. Рыбин; – М.: Стройиздат, 1990. – 291 с.
6. Мальганов, А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий [Текст] / А.И. Мальганов, В.С. Плевков, А.И. Полищук; – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1992. – 456 с.
7. Основания, фундаменты и подземные сооружения [Текст] / М.И. Гобунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др.; под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с. – (Справочник проектировщика).
8. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений [Текст] / Б.И. Далматов, Бронин В.Н., Голли А.В. и др.; под ред. Б.И. Далматова. – М. –СПб.: Изд-во АСВ, 2001. – 436 с.
9. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування [Текст] / Мінрегіонбуд України. – К.: 2009. – 78 с.
10. Полищук, А.И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий [Текст] / А.И. Полищук; – Томск: Нортхэмптон, 2004. – 476 с.