

*И.Л. Бартоломей, аспирант  
О.А. Богомолова, к.т.н., доцент  
А.Н. Богомолов, д.т.н., профессор*

*Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет*

## **СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ОСНОВАНИЯ СОСТАВНОГО ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА**

*В предлагаемой статье приведено сопоставление результатов расчета величин расчетного сопротивления, предельно допустимой нагрузки и предельного расстояния, обеспечивающего условие непродавливания грунта, для составного плитного фундамента, которые проведены аналитическим и численным методами.*

**Ключевые слова:** *составной плитный фундамент, расчетное сопротивление, предельно допустимая нагрузка, условие непродавливания.*

*И.Л. Бартоломей, аспирант  
О.А. Богомолова, к.т.н., доцент  
А.Н. Богомолов, д.т.н., профессор*

*Волгоградський державний архітектурно-будівельний університет*

## **ЗІСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ОСНОВИ СКЛАДЕНОГО ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТУ**

*У запропонованій статті наведено зіставлення результатів розрахунку величин розрахункового опору, гранично допустимого навантаження та граничної відстані, що забезпечує умову непродавлювання ґрунту, для складеного плитного фундаменту, які проведені аналітичним і чисельним методами.*

**Ключові слова:** *складений плитний фундамент, розрахунковий опір, гранично допустиме навантаження, умова непродавлювання.*

*I.L. Bartolomej, post-graduate student  
O.A. Bogomolova, Reader, Dr-Ing.  
A.N. Bogomolov, Prof., DrSc.*

*Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering*

## **COMPARISON OF THE CALCULATED RESULTS OF MAXIMUM PERMISSIBLE LOAD FOR COMPOSITE SLAB FOUNDATION BASIS**

*Article presents a comparison of the computation results of calculated resistance values, maximum permissible load and maximum distance, which provide conditions of non-punching ground shear for the composite slab foundation, which were conducted with analytical and numerical methods.*

**Keywords:** *composite slab foundation, calculating resistance, maximum permissible load, non-punching shear term*

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими заданиями.** Из опыта устройства ленточных сборных фундаментов известно, что наличие между элементами фундаментной конструкции некоторого зазора не только позволяет экономить материалы – сталь и бетон, но и повысить величину несущей способности основания. Причем для увеличения несущей способности основания эти зазоры (промежутки) могут быть незначительными. В связи с этим возникла идея использовать данный эффект и при устройстве плитных фундаментов, делать их

составными, а зазор между ними использовать в различных целях, например, для прокладки коммуникаций.

**Анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение проблемы.** Исследования в данном направлении начаты в работах авторов И.Л. Бартоломея, О.А. Богомоловой [1, 2] и В.Г. Федоровского [5].

**Выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья.** Для практического применения данного вида фундамента необходимо дополнительно провести исследования с целью получить для составного плитного фундамента величину расчетного сопротивления, предельно допустимой нагрузки и предельного расстояния, обеспечивающего условие непродавливания грунта.

Поэтому за **цель работы** принято сопоставить результаты расчета величин расчетного сопротивления, предельно допустимой нагрузки и предельного расстояния, обеспечивающего условие непродавливания грунта для составного плитного фундамента.

**Изложение основного материала исследований.** Для обоснования этого предположения проведено численное моделирование процесса образования и развития областей пластических деформаций в основании плитного фундамента, состоящего из двух плит, при различных расстояниях между ними [1, 2] (рис. 1, а). Все расчеты выполнены при помощи компьютерной программы [3], разработанной в ВолгГАСУ, в которой для анализа напряженного состояния грунтового массива формализован метод конечных элементов, а для построения областей пластических деформаций – прием, изложенный в работе [4].

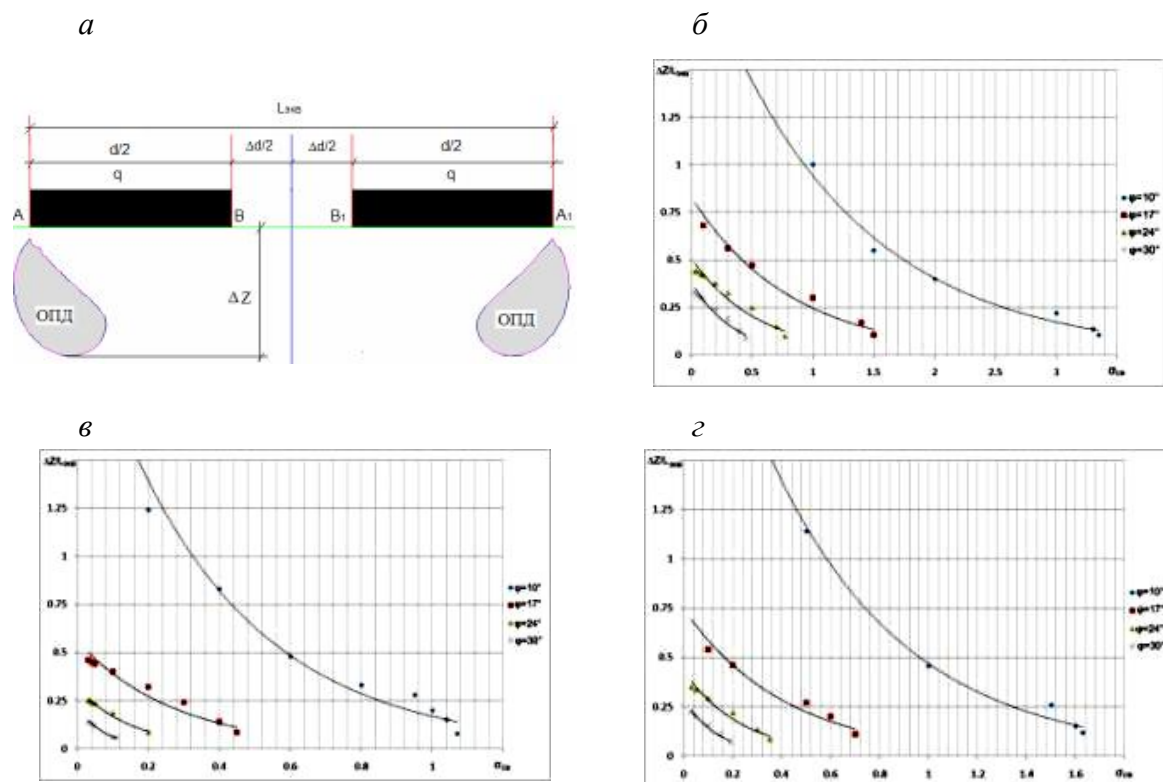


Рисунок 1 – Графические зависимости численного эксперимента и их аналитические аппроксимации: а – области пластических деформаций в основании составного плитного фундамента; б – графические зависимости вида  $\Delta Z^* = \Delta Z / L_{\text{ЭКВ}} = f(q)$  при  $q=3\text{кг/см}^2$ ,  $d=6\text{ м}$  и  $\Delta d=0,6d$ ; в – при  $q=2\text{кг/см}^2$ ,  $d=12\text{ м}$  и  $\Delta d=0,4d$ ; г – при  $q=6\text{кг/см}^2$ ,  $d=24\text{ м}$  и  $\Delta d=0,4d$

В результате получены графические зависимости и их аналитические аппроксимации, позволяющие определять глубину развития областей пластических деформаций  $\Delta Z$ , расчетное сопротивление грунта основания  $R$ , предельно допустимую нагрузку  $P_{\text{пл}}$  и предельное расстояние  $\Delta d_{\text{кр}}$  между частями составного плитного фундамента, при котором невозможен выпор грунта в промежутке между ними.

Часть этих зависимостей в качестве примера приведена на рисунке 1 ( $b - z$ ).

Для оценки адекватности полученных нами результатов [1, 2] проведем их сопоставление с результатами, которые могут быть получены на основании использования формул, приведенных в работе В.Г. Федоровского [5].

Следует отметить, что автором работы [5] рассматривается невесомая грунтовая среда, подчиняющаяся закону Кулона и не наделенная каким-либо значением коэффициента бокового давления  $\xi_0$ .

Напротив, в наших исследованиях мы рассматриваем весомую Кулоновскую среду, которая имеет численное значение коэффициента бокового давления  $\xi_0=0,75$ , что соответствует его средневзвешенному значению для глинистых грунтов [6].

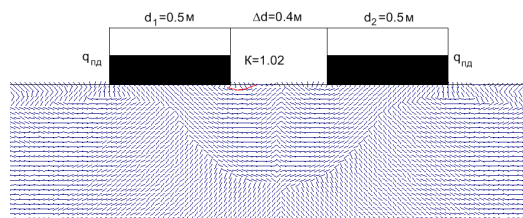
В качестве примера рассмотрим два параллельных незаглубленных фундамента (рис. 2). Пусть  $d_1=0,5$  м, угол внутреннего трения  $\varphi=30^\circ$ ,  $u_{\text{св}}=4$ , пригрузка отсутствует ( $q=0$ ).

Тогда вторая из формул (3) работы [3] примет вид

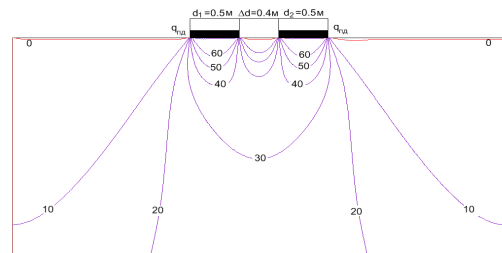
$$a_{P_r} = d_1 \cdot e^{\frac{\pi}{2} \text{tg} \varphi} \text{tg} \left( \frac{P}{4} + \frac{\varphi}{2} \right). \quad (1)$$

Подставляя в это выражение соответствующие численные значения и проводя вычисления, получим  $a_{P_r} = 2,145$  м.

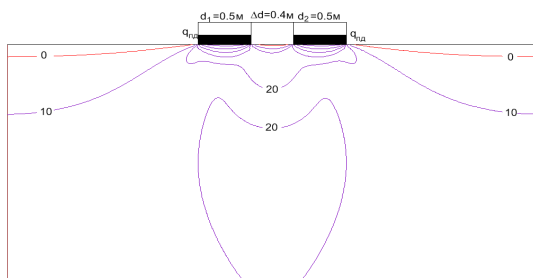
*a*



*б*



*в*



*г*

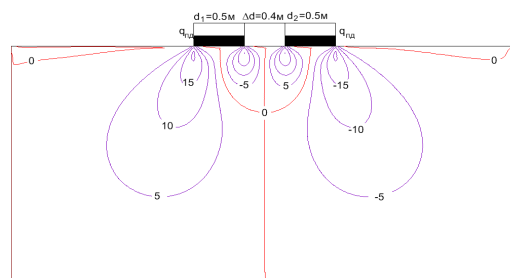


Рисунок 2 – Численная модель эксперимента: *a* – расчетная схема, углы ориентации наиболее вероятных площадок сдвига; *б* – изолинии вертикальных  $\sigma_z$  напряжений; *в* – горизонтальных  $\sigma_x$  напряжений; *г* – касательных  $\tau_{xz}$  напряжений

Воспользуемся приведенной в работе [5] общей аппроксимирующей функцией  $c_0 = 3,75 \cdot \text{tg} \varphi$  и вычислим величину критического расстояния по формуле (8), приведенной в этой публикации

$$a_{cr} = a_{Pr} \left( 1 - \sqrt[3]{1 - \left( \frac{c_0}{1 + c_0} \right)^2} \right). \quad (2)$$

Получим  $a_{cr} = 0,4068 \text{ м}$ .

Обратимся к расчетной схеме: для давления связности  $u_{св}=4$  и угла внутреннего трения  $\varphi=30^\circ$  выпор может произойти при значении  $n = \Delta d / \Delta d_1 = 0,8$ , так как величина коэффициента устойчивости, вычисленная для наиболее вероятной поверхности выпора, равна  $K=1,02$ . Для рассматриваемого нами случая в обозначениях работы [3] расчетное значение  $n_p = a_{cr} / b = 0,4068 / 0,5 = 0,8137$ .

Полученное значение  $n$  отличается от вычисленного по формулам работы [5] значения всего на 1,7 %.

Воспользуемся теперь первой формулой из формул (3) работы [5] для вычисления величины  $N_c \cdot c$

$$P_p = \left( \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \cdot e^{p \cdot \text{tg} \varphi} - 1 \right) \cdot c \cdot \text{ctg} \varphi = N_c \cdot c. \quad (3)$$

И проведя вычисления, получим значения величины  $N_c \cdot c = 6,962 \text{ МПа}$ . Учитывая рекомендации работы [1] при  $q=0$  и  $a > a_{Pr}$ , имеем величину предельно допустимой нагрузки  $P_u = N_c \cdot c = 6,962 \text{ МПа}$ .

При расчете в программе численное значение предельно допустимой нагрузки принималось  $q_{\text{пд}} = 6,9 \text{ МПа}$ . Сравнивая полученные значения предельно допустимых нагрузок, видим, что они отличаются всего лишь на 0,8 %.

**Выводы.** Таким образом, значение предельно допустимой нагрузки и критического расстояния между составными частями плитного фундамента, при которых продавливание грунта между ними невозможно, вычисленные по формулам (3, 5) работы [5] и определенные численным методом, совпадают с достаточной для инженерной практики степенью точности.

На основании этого можно утверждать, что предложенные нами [1, 2] формулы и графики могут быть рекомендованы для предварительной оценки предельного сопротивления и предельно допустимой нагрузки основания составного плитного фундамента.

#### Литература

1. Обеспечение равномерной осадки основания составного плитного фундамента / [И.Л. Бартоломей и др.] // *Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: материалы всероссийской науч.-техн. конф.* – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. – С. 128–133.
2. Области пластических деформаций в основании составного плитного фундамента / [О.А. Богомолова и др.] // *Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: материалы всероссийской науч.-техн. конф.* – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. – С. 165–168.
3. Устойчивость (напряженно-деформированное состояние) / [А.Н. Богомолов и др.] // *Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009613499 от 30 июня 2009 г.*
4. Богомолов, А.Н. О некоторых допущениях и их последствиях при решении задачи об определении областей предельного состояния в основании заглубленного фундамента / А.Н. Богомолов, И.И. Никитин // *Вестник ВолгГАСУ.* – Волгоград: ВолгГАСУ, 2003. – Вып. 2/3 (8). – С. 22–27.
5. Федоровский, В.Г. Предельное давление на ряд ленточных штампов и эффект «непродавливания» / В.Г. Федоровский // *Основания, фундаменты и механика грунтов.* – 2006. – № 3. – С. 9–13.
6. Вялов, С.С. Реологические основы механики грунтов / С.С. Вялов. – М.: Стройиздат, 1978. – 447 с.

Надійшла до редакції 25.09.2012

©И.Л. Бартоломей, О.А. Богомолова, А.Н. Богомолов