2. Так как предложенная расчётная зависимость, для определения оптимальной зоны использования напрягающих бетонов для устройства свайных фундаментов, базируется на относительно немногочисленных компьютерных и лабораторных экспериментах, что бесспорно требуется проведение новых исследований для её уточнения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пойта, П.С. Исследование особенностей уплотнения грунтового массива при устройстве свай, изготавливаемых в грунте // Вестник БрГТУ – Строительство и архитектура / П.С. Пойта, А.Н. Невейков, П.В. Шведовский, Т.П. Шалобыта – № 1. – 2009. – С. 24–27.
2. Невейков, А.Н. Эффективность применения напрягающих бетонов для изготовления буронабивных свай / А.Н. Невейков, П.С. Пойта // Вестник БрГТУ – № 1: Строительство и архитектура 2009 – С. 27–30.
3. Невейков, А.Н. Эффективность применения напрягающих бетонов для изготовления свай в построечных условиях / А.Н. Невейков, П.С. Пойта // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: материалы II Международной научно-практической конференции – Гомель: БелГУТ, 2008. – С. 251–252.
4. Мамонов, В.М. Несущая способность буронабивных свай, изготовленных из бетонов различного состава / В.М. Мамонов, А.М. Дзагов, П.В. Ермошкин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1989. – № 1. – С. 11–14.
5. Пойта, П.С. Напряженно-деформированное состояние грунтового массива вокруг ствола буровой сваи / П.С. Пойта, Т.П. Шалобыта, П.В. Шведовский. // Вестник БрГТУ. — № 1: Строительство и архитектура. – 2008. – С. 26–28.
6. Григорян, А.А. Экспериментальные исследования распределения напряжений в буронабивных сваях значительных размеров / А.А. Григорян, И.И. Хабибулин // Основания, фундаменты и механика грунтов – М. – 1989. – № 3. – С. 18–21.
7. Никитенко, М.И. Анкеры и сваи при строительстве и реконструкции зданий и сооружений. – Минск: БНТУ, 2007. – 580 с.
8. Дзагов, А.М. Разработка способа расчёта сопротивления оснований буронабивных свай с учётом процесса твердения бетона // ЛИСИ, 1990, – 192 с.
9. Лапшин, Ф.К. Расчёт свай по предельным состояниям // Из-во Саратов. унив., 1979. – 152 с.
10. Шадунц, К.Ш. О взаимодействии боковой поверхности свай с окружающим их грунтом основания // Проблемы геомеханики. – К.: Будивельник, 1989. – С. 1–10.
11. Драновский, А.Н. Предельное давление на стенки цилиндрической скважины // Основания, фундаменты и механика грунтов. – № 4. – М., 2009. – С. 22–24.
12. Ермашов, В.П. Буропрессваи: несущая способность и целесообразность применения в Беларуси // Строительная наука и техника / В.П. Ермашов, Т.Н. Василевский, В.И. Новик – Мн. – № 2. – 2005 – С. 56–63.
13. John Timusk, Shamim Sheikh. Expansive Cement Jacks // ACI Journal, Proceedings V. 74-8, Feb. 1977. – P. 80–85.

[illegible] 23.02.10

POYTA P.S., SHVEDOVSKIJ P.V., KLEBANIUK T.P., SHALOBYTA T.P. Optimization of a zone of use of straining concrete in свайных the bases

The major factors of formation of a contour of a trunk of a pile from straining concrete, and also feature of change of structure and character of condensation of a ground aboutpile of a file are considered.

The settlement dependence for definition of optimum length of a zone of a pile arranged from straining concrete is offered.

The researches have confirmed conformity of settlement parameters and parameters received with the help of computer modeling.

[illegible] 539.3

[illegible]

[illegible]

Введение. Расчетные схемы конструкций, лежащих на упругом основании, широко используются для расчета фундаментов, жестких покрытий дорог и аэродромов, полов зданий. Расчет конструкций на упругом основании представляет достаточно сложную задачу. Возникает проблема по выбору методов расчета, выбору модели основания. При применении напрягающего бетона для изготовления плит возникают дополнительные сложности при расчете. Задача сводится к расчету сжато-изогнутой конструкции на упругом основании с учетом влияния продольных усилий, возникающих в срединной плоскости под действием внешней нагрузки.

К началу 1930-х годов теория расчета балок на винклеровском основании достигла практического совершенства. Л.А. Галин и

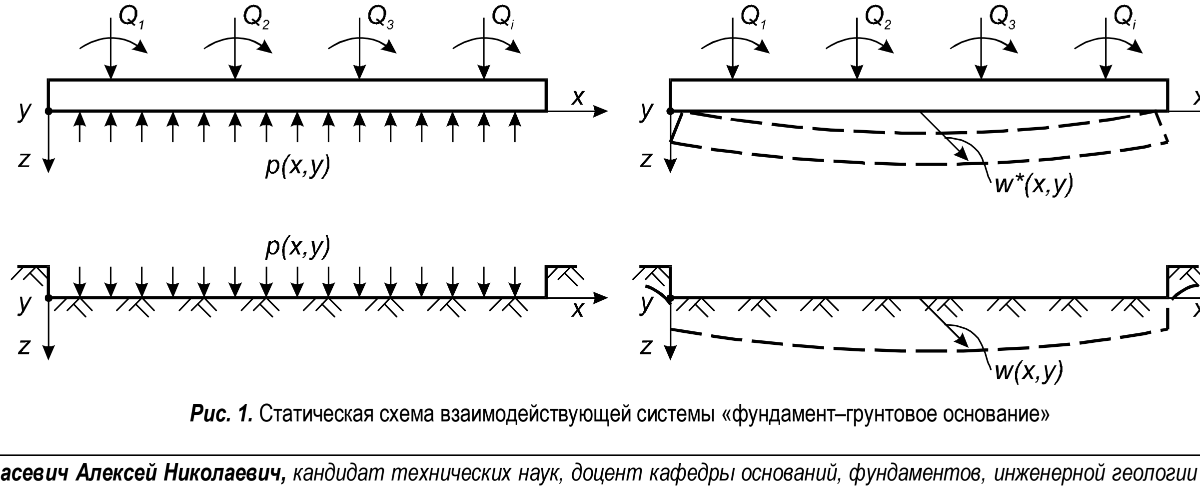

Рис. 1. Статическая схема взаимодействующей системы «фундамент–грунтовое основание»

Тарасевич Алексей Николаевич, *кандидат технических наук, доцент кафедры оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.*
Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

М.И. Горбунов-Посадов [1] показали, что для расчета балок модель Винклера вполне адекватна, несмотря на распределительные способности основания. Однако для плитных фундаментов неучет распределительной способности основания приводит не только к количественным, но и к качественным отличиям результатов расчета, по сравнению с моделью основания в виде однородного упругого полупространства. Для решения задач по расчету плит применяются различные методы. М.И. Горбунов-Посадов использует метод, основанный на представлении контактного давления в виде полинома и интегрировании решения Буссинеска для пространственной задачи или интегрировании решения Фламана для плоской задачи. Метод полиномов получил развитие в работах П.И. Клубина для плоской и осесимметричной задач и Ю.К. Зарецкого [2] – для круглой плиты при осесимметричной нагрузке.

Дальнейшее развитие теории расчета конструкций на упругом основании пошло по нескольким направлениям. Для фундаментных плит, имеющих сложную геометрию и нагрузки, используются численные методы и в настоящее время в проектной практике используются в основном специализированные программы конечноэлементного или конечноразностного расчета плит.

Основные уравнения для расчета плит. При расчете плит актуален вопрос выбора модели основания. Выбор модели основания часто зависит от интуиции инженера-проектировщика. В настоящей работе предложена и экспериментально проверена методика расчета плит с усилиями обжатия в срединной плоскости, опирающихся на упругое основание.

В свою очередь поверхность основания подвергается действию противоположно направленному нагружению p(x,y) и получает перемещения $w(x,y)$.

Каждая из названных величин является вектором из трех составляющих.

Трудности не только в определении перемещений, но и в невозможности определить изгибающие моменты и перерезывающие силы в каждой точке плиты без функции прогибов. Даже если будет известный закон распределения реактивных давлений, то можно определить только суммарный изгибающий момент в сечении. Для расчета плит необходимо знание изгибающего момента в каждой точке, т.к. значения момента в пределах сечения значительно изменяются по величине, в некоторых случаях даже с изменением знака (действие сосредоточенных сил).

Рассмотрим прямоугольную тонкую плиту длиной a и шириной b, опирающуюся на упругое основание. Плоскость, параллельная основаниям плиты и проходящая на одинаковом расстоянии от них, называется срединной плоскостью. Систему координат на краю плиты выбираем так, чтобы оси x и y лежали в срединной поверхности, а ось z, перпендикулярная к ним, была направлена вниз.

Предполагается, что внешняя нагрузка на плиту нормальна к ее поверхности, касательные силы на контакте плиты и основания отсутствуют. В расчете принята техническая теория изгиба плит, где предполагается, что все точки плиты, которые до деформации находились на одной вертикали, получают одинаковые перемещения в направлении оси z. Поэтому прогиб характеризует не только вертикальные перемещения точки срединной поверхности, но и вертикальные перемещения любой точки плиты. Вертикальные перемещения точки плиты не зависят от координаты z. Таким образом – $w = f(x,y)$.

Второе предположение технической теории изгиба предполагает, что горизонтальные перемещения точек срединной поверхности принимаются равными нулю, а горизонтальные перемещения любой точки плиты в направлении осей x и y определяются исходя из гипотезы прямых нормалей. Это означает, что перемещения по осям x и y возникают в результате наклона линейного элемента, который до деформации был вертикальным, а вследствие деформации повернулся, оставаясь перпендикулярным срединной поверхности.

Предполагая, что плита является упругим телом и исходя из сделанных допущений, можно выразить все напряжения через одну функцию $w(x,y)$. Таким образом, задача сводится к отысканию функции $w(x,y)$, удовлетворяющей уравнению изгиба плиты, уравнению совместности деформаций плиты и основания, а также граничным условиям.

Дифференциальное уравнение изгиба срединной поверхности плиты с учетом действующих в срединной плоскости усилий запишется в виде:

$$D\left[\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right]+N_x\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+ \\ +2N_{xy}\frac{\partial^2 w}{\partial x\partial y}+N_y\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}=q(x,y)-p(x,y), \qquad (1)$$

где D – цилиндрическая жесткость плиты;

$w(x,y)$ – прогиб плиты;

N_x, N_y, N_{xy} – горизонтальные усилия, приложенные в срединной плоскости;

$q(x,y)$ – внешняя нагрузка, перпендикулярная срединной плоскости;

$p(x,y)$ – реактивное давление грунта.

Уравнение, выражающее зависимость между давлением на основание и перемещением поверхности основания имеет вид:

$$w^*(x,y)=\iint_F P(\xi,\eta)K(x,y,\xi,\eta)d\xi d\eta, \qquad (2)$$

где $w^*(x,y)$ – осадка поверхности основания;

$K(x,y,\xi,\eta)$ – ядро основания, т.е. прогиб основания в точке (x,y) от единичной силы, приложенной в точке (ξ,η);

ξ,η – координаты точки приложения силы;

x, y – координаты точки, где определяется перемещение.

Граничные условия на свободных краях плиты запишутся следующими выражениями:

при x = 0 и x = a,

$$M_y=-D\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\nu\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)=0; \qquad (3)$$

$$Q_x+\frac{\partial M_{xy}}{\partial y}=0, \qquad (4)$$

при y = 0 и y = b,

$$M_x=-D\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\nu\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)=0; \qquad (5)$$

$$Q_y+\frac{\partial M_{yx}}{\partial x}=0, \qquad (6)$$

где

$$M_{xy}=M_{yx}=-D(1-\nu)\frac{\partial^2 w}{\partial x\partial y}; \qquad (7)$$

$$Q_x=-D\left(\frac{\partial^3 w}{\partial x^3}+\frac{\partial^3 w}{\partial x\partial y^2}\right); \qquad (8)$$

$$Q_y=-D\left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3}+\frac{\partial^3 w}{\partial y\partial x^2}\right). \qquad (9)$$

Аналитическое решение системы уравнений при заданных граничных условиях в замкнутом виде не получено. Для решения данной системы применяются методы, которые удобно реализуются на ЭВМ. К таким методам относятся: метод конечных разностей, метод конечных элементов и др. Для решения системы дифференциальных уравнений применим простой, но универсальный метод конечных разностей. В этом методе частные производные заменяются конечными разностями, и вместо дифференциальных уравнений решается система алгебраических уравнений.

Подставляя в дифференциальное уравнение соответствующие разностные отношения, получим следующее разностное уравнение:

$$D\left\{\frac{w_{i-2,k}-4w_{i-1,k}+6w_{i,k}-4w_{i+1,k}+w_{i+2,k}}{\Delta x^4}+\right.$$
$$+\frac{2}{\Delta x^2\Delta y^2}\left[4w_{i,k}-2\left(w_{i-1k}+w_{i,k-1}+w_{i+1k}+w_{i,k+1}\right)+\right.$$
$$\left.+w_{i-1,k-1}+w_{i-1,k+1}+w_{i+1,k-1}+W_{i+1,k+1}\right]+$$
$$\left.+\frac{w_{i,k-2}-4w_{i,k-1}+6w_{i,k}-4w_{i,k+1}+w_{i,k+2}}{\Delta y^4}\right\}+ \qquad (10)$$
$$+N_x\frac{w_{i+1,k}-2w_{i,k}+w_{i-1,k}}{\Delta x^2}+N_y\frac{w_{i,k+1}-2w_{i,k}+w_{i,k-1}}{\Delta y^2}+$$
$$+N_{xy}\frac{w_{i-1,k-1}-w_{i-1,k+1}-w_{i+1,k-1}+w_{i+1,k+1}}{2\Delta x\Delta y}=q(x,y)-p(x,y).$$

При записи дифференциального уравнения изгиба прямоугольной плиты на упругом основании в конечных разностях с учетом граничных условий необходимо рассматривать различные варианты, при которых исключаются законтурные точки.

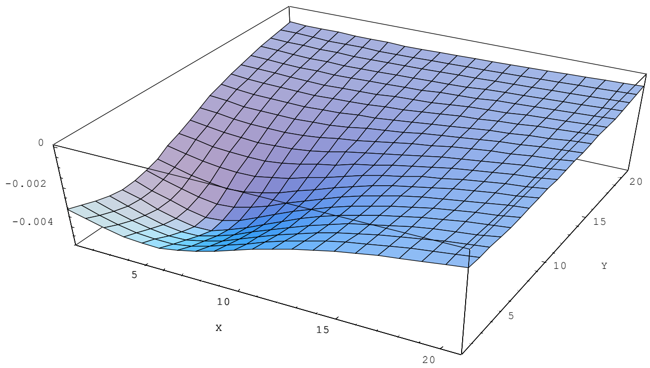

Рис. 1. Прогибы плиты

При расчете плиты методом конечных разностей за неизвестные принимаем перемещения узлов принятой сетки w_i, k (i = 1, n; k = 1, m) и реактивные давления. Реактивные давления в пределах каждого расчета считаем равномерно распределенными по площадке $\Delta x \cdot \Delta y$ с центром в точке (i, k), за исключением крайних участков, имеющих другие размеры.. Тогда уравнение совместности деформаций можно записать в виде суммы, заменив интегрирование суммированием.

В матричной форме система уравнений для определения перемещений узлов сетки плиты и реактивных давлений в контактной зоне записывается в следующем виде [3]:

$$\left[K\right]\vec{X}=\vec{P}\,, \qquad (11)$$

где $[K]$ – матрица жесткостей и совместности деформаций;

$\vec{X}$ – вектор неизвестных перемещений и реактивных давлений;

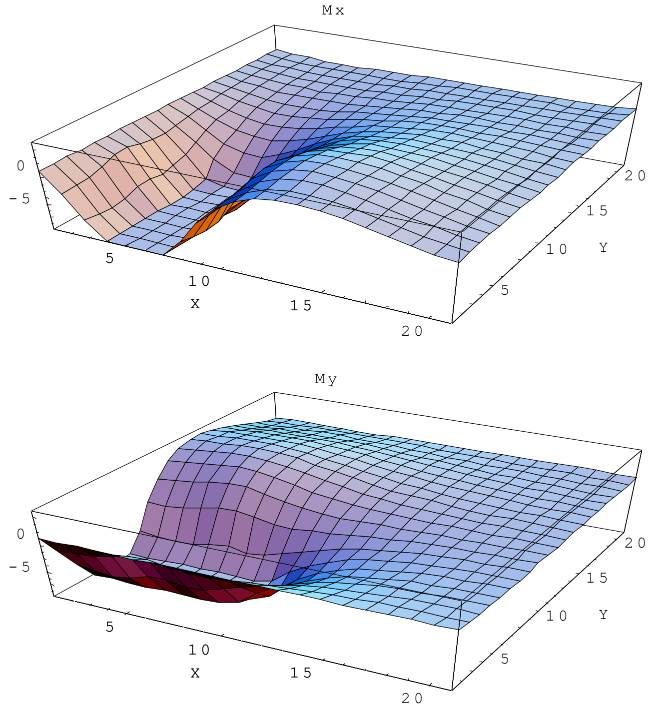

Рис. 2. Изгибающие моменты M_x и M_y в плите

$\vec{P}$ – вектор внешней нагрузки, которая на участке принимается постоянной.

$$X=\left[w_1,w_2,...,w_n,p_1,p_2,...,p_n\right];$$
$$P=\left[q_1,q_2,...,q_n,0,0,...,0\right].$$

Решения уравнения (11) по известным прогибам плиты определяются усилия в плите (изгибающие моменты и поперечные силы).

В статье выполнен расчет самонапряженной железобетонной прямоугольной плиты 4х6 м, толщиной 0,16 м на основании с модулем деформации 32 МПа и коэффициентом Пуассона 0,3.

Заключение. Учет усилий в срединной плоскости дает уменьшение прогибов на 27% по сравнению с плитами без усилий.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбунов-Посадов, М.И. Расчет конструкций на упругом основании / М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова, В.И. Соломин – М.: Стройиздат, 1984. – 464 с.
2. Флорин, В.А. Основы механики грунтов.– Л.-М.: Госстройиздат, 1959. – Т. 1. – 389 с.
3. Кончковский, З. Плиты. Статические расчеты. / З. Кончковский. – М.: Стройиздат, 1984. – 481 с.

[illegible] 21.02.10

TARASEVICH A.N. Plates with efforts in a median plane on the homogeneous elastic basis

In clause calculation of a rectangular plate on homogeneous elastic полупространстве, is considered by the loaded concentrated forces. The differential equation of a bend of a plate is solved a method of final differences. Calculation is executed with application of a package «Mathematika».

[illegible] 624.155.33.001.572:624.155.1

[illegible]

[illegible]

Введение. В Республике Беларусь довольно обширные территории характеризуются слабыми или непригодными в качестве оснований под фундаменты зданий и сооружений грунтами. В таких регионах широкое применение находят фундаменты из забивных железобетонных свай. Одним из путей снижения стоимости свайных фундаментов является сокращение энергетических и трудовых затрат на установку свай в грунт. Исследования энергозатрат на погружение свай с применением обмазочных составов показали, что применение данного способа позволяет существенно повысить эффективность процесса погружения [1, 2, 3]. Материалы промышленного изготовления, предлагаемые в качестве обмазок (так называемых «рубашек») при погружении свай, имеют относительно высокую