

Маруфий Адилжан Таджимухамедович – д.т.н., профессор,  
Рысбекова Элмира Сатаровна – к.т.н, доцент,  
Калыков Абдиджалил Сагынбаевич – инженер,  
Эгенбердиева Акмарал Аширбековна – инженер,  
Ошский технологический университет

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОДОЛЬНЫХ УСИЛИЙ, ПРИЛОЖЕННЫХ В СРЕДИННОЙ ПЛОСКОСТИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ БАЛОК И ПЛИТ**

*В данной статье рассматривается определение коэффициента пропорциональности продольных усилий и его влияние на напряженно-деформированное состояние балок и плит на упругом основании с учетом неполного контакта с основанием и действием продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балок и плит.*

*Ключевые слова: преобразование Фурье, упругое основание, метод обобщенных решений.*

Marufiy Adiljan Tadjimuhamedovich –doctor of technical sciences, professor,  
Rysbekova Elmira Satarovna – Candidate of technical sciences, assistant professor,  
Kalykov Abdijalilovich–engineer,  
Egenberdieva Akmaral Ashirbekovna –engineer,  
Osh technological University

### **DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF PROPORTIONALITY OF INTENSITY OF LONGITUDINAL EFFORTS APPLIED IN THE MIDDLE PLANE AND THEIR EFFECT ON THE STRESSED DEFORMED STATE OF BEAMS AND PLATES**

*This article discusses the determination of the proportionality coefficient of longitudinal forces and its effect on the stress-strain state of beams and plates on an elastic base, taking into account incomplete contact with the base and the action of longitudinal forces applied in the median plane of beams and plates.*

*Key words: Fourier transforms, elastic foundation, method of generalized solutions*

**Введение.** В практике проектирования фундаментов зданий и сооружений приходится сталкиваться со случаями, когда фундаментная конструкция не полностью опирается на основание. Причиной тому служат как техногенные условия в зоне строительства, так и природные условия. Фундаментные конструкции испытывают часто не только воздействие поперечных, но и продольных усилий: предварительное напряжение, усилия, возникающие в результате колебаний температуры, усилия от технологического оборудования.

**Цель исследования:** Определение коэффициента пропорциональности интенсивности продольных усилий, приложенных в срединной плоскости и их влияние на напряженно-деформированное состояние балок и плит.

Метод обобщенных решений с использованием интегральных преобразований Фурье позволяет получить точные аналитические решения задач изгиба различных схем балок и плит на упругом основании с учетом факторов, приближающих к реальной работе конструкций фундаментов, в частности учет неполного контакта с основанием и продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балок и плит [1,2]. Эти усилия могут быть вызваны предварительным натяжением арматуры или температурными воздействиями.

Переход к безразмерным координатам и функциям осуществляется с целью упрощения математических выкладок и всевозможных интегральных преобразований.

При переходе к безразмерным координатам и функциям, коэффициенты пропорциональности интенсивности продольных усилий  $2\alpha_1$  и  $2\alpha_2$  – растягивающих или сжимающих, приложенных в срединной плоскости в безразмерных координатах определяются выражением [1,2]:

$$2\alpha_1 = \frac{N_x \cdot l^2}{D}; \quad 2\alpha_2 = \frac{N_y \cdot l^2}{D} \quad (1)$$

где  $l = \sqrt[4]{\frac{D}{K_0}}$ ;  $D = \frac{E \cdot h^3}{12(1-\nu^2)}$  здесь  $D$  – цилиндрическая жесткость;  $K_0$  – коэффициент постели грунта, кг/см<sup>3</sup>;  $E$  – модуль упругости материала плиты, кг/см<sup>2</sup>;  $\nu$  – коэффициент Пуассона материала плиты, 1/6;  $h$  – толщина плиты, см;  $N_x, N_y$  – интенсивность продольных усилий – растягивающих или сжимающих, приложенных в срединной плоскости плиты, тс/м.

При  $N_x = N_y = N$  имеем  $2\alpha_1 = 2\alpha_2 = \alpha$ , тогда коэффициент пропорциональности продольных усилий определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{Nl^2}{D} \quad (2)$$

В таблице [2] приведены значения коэффициента пропорциональности продольных усилий  $\alpha$  в безразмерных величинах в зависимости от толщины плиты  $h$  (см), коэффициента постели грунта  $K_0$  (кг/см<sup>3</sup>) при интенсивности продольных усилий, приложенных в срединной плоскости  $N=200$  тс/м.

Таблица 1

Коэффициент пропорциональности  $\alpha$  интенсивности продольных усилий, приложенных в срединной плоскости

$h \backslash K_0$	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
0.1	0.5400	0.1910	0.1040	0.0676	0.0482	0.0367
0.2	0.3819	0.1350	0.0734	0.0478	0.0344	0.0262
0.3	0.3118	0.1102	0.0600	0.0390	0.0278	0.0212
0.4	0.2700	0.0954	0.0520	0.0338	0.0242	0.0184
0.5	0.2416	0.0854	0.0464	0.0302	0.0216	0.0164
0.6	0.2204	0.0780	0.0424	0.0276	0.0198	0.0150
0.7	0.2041	0.0722	0.0392	0.0256	0.0182	0.0138
0.8	0.1910	0.0676	0.0368	0.0238	0.0170	0.0130
0.9	0.1800	0.0636	0.0346	0.0226	0.0162	0.0122
1.0	0.1708	0.0604	0.0328	0.0214	0.0152	0.0116

Из таблицы 1 видно, что значения коэффициентов пропорциональности  $\alpha$  интенсивности продольных усилий, приложенных в срединной плоскости уменьшаются с увеличением толщины плиты  $h$  и коэффициента постели грунта  $K_0$ .

Напряженно-деформированное состояние фундаментной плиты, лежащей на упругом основании Винклера с учетом влияния продольных усилий, приложенных в срединной плоскости плиты зависит от параметров продольных усилий - коэффициента пропорциональности  $\alpha_n$ .

Рассмотрим бесконечную плиту на упругом основании с учетом влияния продольных усилий, приложенных в срединной плоскости, находящуюся под действием равномерно распределённой нагрузки по площадке с размерами  $0.1 \times 0.1$ , интенсивностью  $q=100$ , расположенной с центром в начале координат.

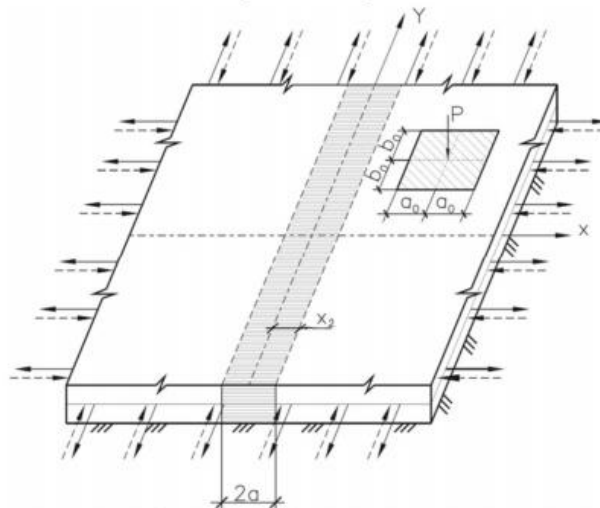


Рисунок 1. Бесконечная плита на упругом основании с учетом влияния продольных усилий, приложенных в срединной плоскости плиты

Прогиб и изгибающий момент в центре бесконечной плиты на упругом основании Винклера, без учета продольных усилий, приложенных в срединной плоскости плиты, при коэффициенте Пуассона  $\nu = 1/6$  имеет значения [3,4,5]:

$$W_{\infty}^p(0.0) = 0.12485, \quad M_{x\infty}^p(0.0) = 0.29062$$

Вначале изучим изменение прогиба и изгибающего моментов в центре плиты в зависимости от величин коэффициента пропорциональности продольных усилий  $\alpha_n$ . Предположим, что коэффициент пропорциональности меняется от  $\pm 0.1$  до  $\pm 0.5$  (знак «+» соответствует случаю растяжения, знак «-» – сжатия).

Результаты расчета в безразмерных координатах приведены в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2

Результаты расчета в безразмерных координатах

$\alpha_n$	$W_{\infty}^p(0.0)$	$M_{x\infty}^p(0.0)$	$W_{\infty}^{сж}(0.0)$	$M_{x\infty}^{сж}(0.0)$	Интенсивность продольных усилий тс/м
$\pm 0.1$	0.1170	0.2955	0.1330	0.2850	200
$\pm 0.2$	0.1106	0.2998	0.1433	0.2786	200
$\pm 0.3$	0.1050	0.3037	0.1558	0.2711	200
$\pm 0.4$	0.1000	0.3073	0.1715	0.2620	200
$\pm 0.5$	0.0956	0.3105	0.1918	0.2506	200

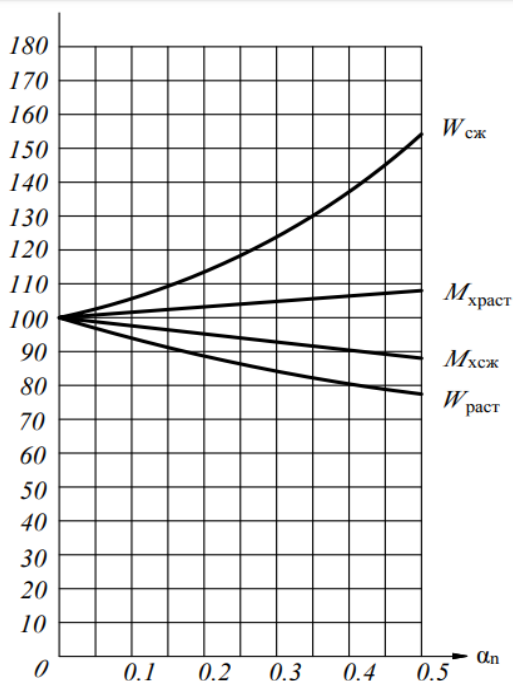


Рис. 2. График изменения прогиба и изгибающего момента в бесконечной плите в зависимости от величины параметра коэффициента пропорциональности продольных усилий  $\alpha_n$

Сначала изучим действие равномерного сжатия в направлении осей  $x$  и  $y$ . Из приведенных результатов видно, что с увеличением  $\alpha_n$  увеличение прогиба колеблется в значительных пределах от 6,57% до 53,68%, а изгибающий момент в центре плиты уменьшается от 1,93% до 13,76%.

Теперь изучим действие равномерного растяжения в срединной плоскости вдоль осей  $x$  и  $y$ . Учет растягивающих усилий с увеличением  $\alpha_n$  приводит к уменьшению прогиба в пределах от 6,25% до 23,40, а изгибающий момент в центре плиты к увеличению от 1,69% до 6,85%.

На следующем этапе рассмотрим изменение прогиба и изгибающего момента в центре плиты при действии продольных усилий, приложенных только в направлении  $x$ , и причем что коэффициент пропорциональности  $\alpha_n$  меняется от  $\pm 0,1$  до  $\pm 0,5$ . Результаты расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3

Изменение прогиба и изгибающего момента в центре плиты при действии продольных усилий

$\alpha_n$	$W_{\infty}^P(0.0)$	$M_{x\infty}^P(0.0)$	$W_{\infty}^{сж}(0.0)$	$M_{x\infty}^{сж}(0.0)$	Интенсивность продольных усилий тс/м
$\pm 0.1$	0.1205	0.2976	0.1286	0.2829	200
$\pm 0.2$	0.1167	0.3037	0.1334	0.2749	200
$\pm 0.3$	0.1127	0.3088	0.1390	0.2666	200
$\pm 0.4$	0.1077	0.3122	0.1456	0.2578	200
$\pm 0.5$	0.1032	0.3153	0.1535	0.2485	200

Как видно из результатов приведенных в таблице 3, что учет сжимающих или растягивающих усилий по оси  $x$  приводит к увеличению и уменьшению прогибов и изгибающих моментов по сравнению с плитой без учета продольных усилий.

Например, при сжимающих усилиях увеличение прогиба колеблется в пределах от 3,04% до 23,0%, а изгибающий момент в центре плиты уменьшается от 2,65% до 14,49%. При учете растягивающих усилий уменьшение прогиба колеблется в пределах

от 3,44% до 17,31%, а изгибающий момент в центре плиты увеличивается от 2,41% до 8,5%.

Далее рассмотрим изменение прогиба, изгибающего момента в центре плиты при различных сочетаниях действия продольных усилий. Для удобства примем коэффициент пропорциональности продольных усилий одинаковыми и равными  $\alpha_n = \pm 0.5$ :

- а) с учетом растягивающих усилий в двух направлениях по осям  $x$  и  $y$ ;
- б) с учетом растягивающих усилий в одном направлении по оси  $x$  и сжимающих усилий по оси  $y$ ;
- в) с учетом растягивающих усилий в одном направлении по оси  $x$ ;
- г) без учета продольных усилий;
- д) с учетом сжимающих усилий по оси  $x$  и растягивающих по оси  $y$ ;
- е) с учетом сжимающих усилий в одном направлении по оси  $x$ ;
- ж) с учетом сжимающих усилий в двух направлениях по осям  $x$  и  $y$ .

Результаты расчета приведены в таблице 4.

Таблица 4

Изменение прогиба, изгибающего момента в центре плиты при различных сочетаниях действия продольных усилий

Сочетания действий продольных усилий	$W(0.0)$	$M_x(0.0)$	$\frac{W(0.0)}{W_\infty(0.0)}$	$\frac{M_x(0.0)}{M_{x\infty}(0.0)}$	Интенсивность продольных усилий тс/м
а)	0.0956	0.3097	0.7660	1.0657	200
б)	0.1004	0.3105	0.8045	1.0685	200
в)	0.1032	0.3153	0.8269	1.0850	200
г)	0.1248	0.2906	1.0000	1.0000	0
д)	0.1335	0.2450	1.0697	0.8431	200
е)	0.1535	0.2485	1.2300	0.8551	200
ж)	0.1918	0.2506	1.5368	0.8623	200

#### Заключение:

На основе приведенных исследований можно сделать вывод, что учет продольных усилий – сжимающих или растягивающих, приложенных в срединной плоскости приводит к увеличению или уменьшению изгибающих моментов и прогибов в бесконечной плите, лежащей на винклеровском упругом основании. Применение полученного решения позволяет получать картину напряженно-деформированного состояния плиты на упругом основании при действии произвольной нагрузки.

#### Литература:

1. **Маруфий, А.Т.** Изгиб бесконечной плиты, лежащей на винклеровском основании с учетом поперечной и продольной нагрузок [Текст] / А.Т. Маруфий, А.Т. Турганбаев // Научный вестник ФерГУ.-1996.-№3- с.51-53
2. **Маруфий, А.Т.** Изгиб бесконечной плиты, лежащей на винклеровском упругом основании с учетом влияния продольных усилий и неполного контакта с основанием [Текст] /А.Т. Маруфий, Э.С. Рысбекова // Вестник КГУСТА –2015.-№2-с.66-70
3. **Маруфий, А.Т.** Изгиб бесконечной плиты на упругом основании с неполным контактом с основанием [Текст] / А.Т. Маруфий, В.И. Травуш // Научный вестник ФерГУ.-1995.-№1- с.27-31
4. **Маруфий, А.Т.** Расчет плит на упругом основании при отсутствии основания под частью плиты [Текст] / А.Т. Маруфий // «Основания, фундаменты и механика грунтов». М.: -1999.-№4- с.27-31

5. **Маруфий А.Т.** Изгиб различных схем плит на упругом основании с учетом неполного контакта с основанием [Текст] / / А.Т. Маруфий // М: Издательство АСВ,2003-206с