

УДК 624.072.02

Маруфий Адилжан Таджимухаммедович,  
д.т.н., профессор,  
Турдажиева Эльнура Номановна, инженер,  
Ошский технологический университет  
им. М.М. Адышева, г. Ош, Кыргызская Республика,  
E-mail: e-mail: oshtu-marufi@rambler.ru

### **ИЗГИБ КОНЕЧНОЙ БАЛКИ НА ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКОМ УПРУГОМ ОСНОВАНИИ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ БЛИЗКИХ К РЕАЛЬНОЙ РАБОТЕ**

*В данной статье получено аналитическое решение задачи об изгибе конечной балки на двухпараметрическом упругом основании с одновременным учетом двух параметров, позволяющих наиболее полно отображать реальную работу конструкций ленточных фундаментов. В случае проектирования фундаментов на твердых грунтовых основаниях, наиболее близко к реальному условию, целесообразно выбрать двухпараметрическую модель грунтового основания, которая учитывает распределительную способность грунта. В исходное дифференциальное уравнение изгиба балки введены следующие параметры: параметр, учитывающий условия неполного контакта фундамента с грунтовым основанием и второй параметр учитывающий продольные усилия, приложенные в срединной плоскости балки. Одновременный учет этих двух параметров рассматривается впервые. Введение этих параметров в исходное дифференциальное уравнение изгиба балки, позволило получить новый класс дифференциального уравнения, который представляет особый математический интерес. Расчетная схема, принятая в статье, используется при просадке грунта на отдельных участках под фундаментами, при прохождении всевозможных инженерных коммуникаций под зданиями. Возникают продольные усилия, приложенные в срединной плоскости балки при предварительном натяжении арматуры и перепаде температур.*

*Ключевые слова: двухпараметрическая модель, конечные разности, алгоритм, производные, инженерные коммуникации, прогиб, изгиб, ленточный фундамент.*

Маруфий Адилжан Таджимухаммедович,  
т.и.д., профессор,  
Турдажиева Эльнура Номановна, инженер,  
М.М.Адышев атын. Ош технологиялык университети,  
Ош ш., Кыргыз республикасы

### **ЧЫНЫГЫ ИШКЕ ЖАКЫН ШАРТТАРДЫ ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН ЭКИ ПАРАМЕТРДҮҮ СЕРПИЛГИЧ НЕГИЗДЕ ЧЕКТҮҮ УСТУНДУН ИЙИЛИШИ**

*Бул макалада маселенин аналитикалык чечими жана эки параметрдүү серпилгичтүү негизде чектүү устундун ийилиши эки параметрди бир эле учурда кароо менен алынган, бул тилкелүү параметрлеринин конструкциясынын реалдуу ишин толук чагылдырууга мүмкүндүк берет. Каттуу топурак негиздеринде пайдубалдарды долбоорлоодо, ал реалдуу шартка эң жакын, кыртыштын бөлүштүрүлгөн сыйымдуулугун эске алган эки параметрдүү топурактык базанын моделин тандоо*

максатка ылайыктуу. Устундун ийилүүсүнүн баштапкы дифференциалдык теңдемесине төмөнкүдөй параметрлер киргизилет: пайдубал менен топурак негизинин ортосундагы толук эмес байланыш шарттарын эске алуучу параметр жана ортодо колдонулган чектөөчү күчтөрдү эсепке алган экинчи параметр устундун тегиздиги. Бул эки параметрди бир убакта кароо биринчи жолу каралып жатат. Бул параметрлерди устундун ийилүүсүнүн баштапкы дифференциалдык теңдемесине киргизүү өзгөчө математикалык кызыгууну жараткан дифференциалдык теңдеменин жаңы классын алууга мүмкүндүк берди. Макалада кабыл алынган эсептөө схемасы пайдубалдын астынан инженердик коммуникациялардын бардык түрлөрүн өткөрүүдө пайдубалдын астындагы айрым жердеги кыртыштын чөгүшү үчүн колдонулат. Арматураны алдын ала чыңдоо жана температурага өтүү учурунда устундун ортоңку тегиздигине узунунан келген күчтөр колдонулат.

*Негизги сөздөр:* эки параметрдүү модель, чектүү айырмалар, алгоритм, туундулар, инженердик коммуникациялар, четтөө, ийүү, тилкелүү пайдубал.

Marufi Adilzhan Tajimuhammedovich,  
doctor of technical sciences, professor,  
Turdazhieva Elnura Nomanovna, engineer,  
Osh Technological University named after  
M.M. Adysheva, Osh city, Kyrgyz Republic

### **BENDING OF A FINITE BEAM ON A TWO-PARAMETER ELASTIC FOUNDATION, TAKING INTO ACCOUNT CONDITIONS CLOSE TO REAL WORK**

*In this article, an analytical solution of the problem and the bending of the final beam on a two-parameter elastic foundation are obtained with simultaneous consideration of two parameters, which allow the most complete representation of the real work of the structures of the tape parameters. In the case of designing foundations on solid soil bases, it is closest to the real condition; it is advisable to choose a two-parameter soil base model that takes into account the distributed capacity of the soil. The following parameters are introduced into the original differential equation of the beam bending: a parameter that takes into account the conditions of incomplete contact of which between the foundation and the soil base and the second parameter that takes into account the limiting forces applied in the middle plane of the beam. The simultaneous consideration of these two parameters is considered for the first time. The introduction of these parameters into the original differential equation of beam bending made it possible to obtain a new class of differential equation, which is of particular mathematical interest. The calculation scheme adopted in the article is used for subsidence of soil in separate areas under the foundations, when passing all kinds of engineering communications under the foundations. There are longitudinal forces applied in the middle plane of the beam during pretensioning reinforcement and temperature transition.*

*Key words:* two-parameter model, finite differences, algorithm, derivatives, engineering communications, deflection, bending, strip foundation.

**Введение.** В практике проектирования ленточных фундаментов на просадочных грунтах в виде лессовых отложений встречаются определенные трудности расчета.

Главным свойством просадочных грунтов является потеря несущей способности при попадании влаги. В сухом состоянии они тверды. На этих участках происходит провал грунта (неполный контакт конструкции фундаментов с грунтовым основанием). Такого рода явления происходят в результате эксплуатации зданий и сооружений, где

плохо решены вопросы ирригации или прорыв инженерных сетей. В конструкциях ленточных фундаментов возникают продольные усилия, приложенные в срединной плоскости балки при предварительном натяжении арматуры и перепаде температур. Расчет ленточных фундаментов зачастую сводится к расчету различных схем балок. В случае расположения нагрузок и неполного контакта близко к краям ленточного фундамента, расчет сводится к расчетной схеме конечной балки на деформируемом упругом основании [3,4,6].

**Цель исследования.** Целью исследования является получение аналитических решений задачи об изгибе конечной балки на двухпараметрическом упругом основании с учетом неполного контакта балки с грунтовым основанием и продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балки. В статье рассмотрена задача учета неполного контакта балки с основанием в виде одной траншеи, расположенной в центре балки.

**Объект и метод исследования.** Аналитическое решение задачи об изгибе конечной балки на двухпараметрическом упругом основании с учетом условий близких реальной работе получено методом конечных разностей. Смысл данного метода заключается в замене всех производных в исходном дифференциальном уравнении изгиба конечной балки конечно-разностными отношениями. В итоге вместо обыкновенного дифференциального уравнения четвертого порядка получена система алгебраических уравнений относительно функций прогибов по числу намеченных точек деления балки по длине. Простота, с математической точки зрения, позволит использовать полученное решение широким кругом инженеров-проектировщиков.

Расчетная схема конечной балки на двухпараметрическом деформируемом основании с учетом неполного контакта балки с грунтовым основанием и продольных усилий, приложенных в срединной плоскости с учетом собственного веса и действием сосредоточенной силы  $P$  балки показана на рис. 1.

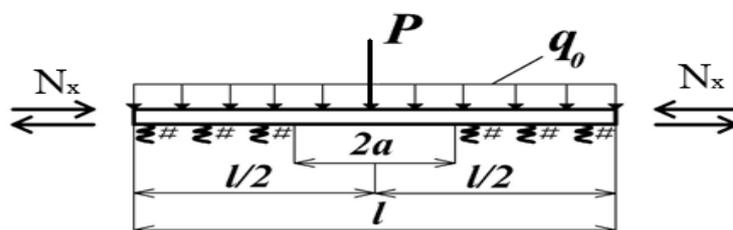


Рис.1. Расчетная схема конечной балки.

Для случая двухпараметрического упругого основания, дифференциальное уравнение изгиба конечной балки с учетом неполного контакта с грунтовым основанием в виде одной траншеи шириной  $2a$ , расположенной в центре и продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балки, имеет вид:

$$EJ \frac{d^4 y(x)}{dx^4} - 2r^2 \frac{d^2 y(x)}{dx^2} + s^4 y(x) \theta(x - a) - N_x \frac{d^2 y(x)}{dx^2} = q_0(x) \quad (1)$$

где:  $y(x)$  – функция прогиба балки;

$q_0(x)$  – функция нагрузки;

$2a$  – размер участка, на котором нет контакта балки с грунтовым основанием;

$r^2$  и  $s^4$  – обобщенные упругие характеристики балки и основания;

$\theta(x - a)$  – функция Хевисайда, учитывающая неполный контакт балки с основанием,  $\theta(x - a) = 0(x \leq a)$ ,  $\theta(x - a) = 1(x \geq a)$ ;

$J$  – осевой момент инерции поперечного сечения балки

$E$  – модуль упругости материала балки (Па, кг/см<sup>2</sup>).

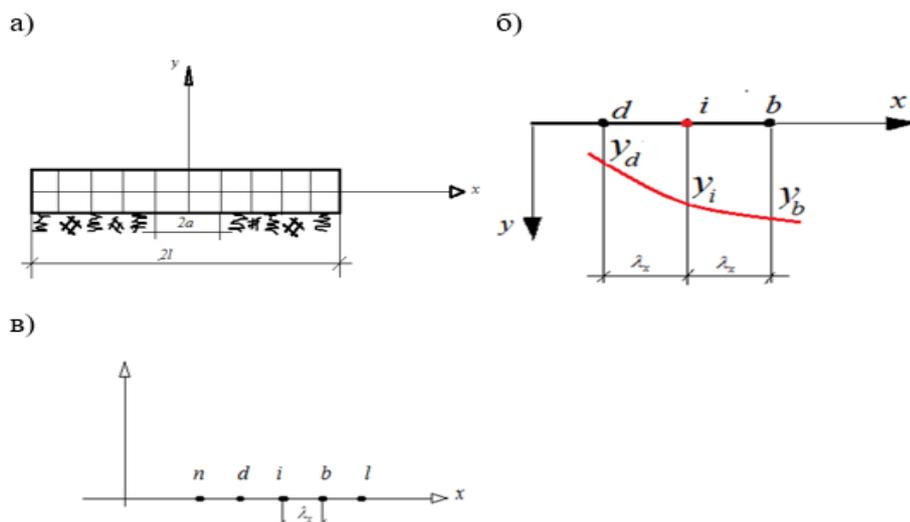


Рис.2. Разобьём балку на несколько частей по длине, а,б,в схемы, используемые для составления конечно-разностных уравнений.

Рассмотрим плоскость ХОУ, проходящей через центральную точку  $i$  (рис.2 в) [1,2,5]. Выразим две первые производные в центральной точке  $i$  через прогибы балки в центральной точке и двух соседних с ней точках  $b$  и  $d$ . Для этого аппроксимируем кривую прогибов в точках  $i$ ,  $b$  и  $d$  параболой второго порядка, проходящей через три ординаты прогибов  $y_d, y_i, y_b$  отстоящих друг от друга на равном расстоянии  $\lambda_x$  (рис.2в). Пусть координата центральной точки  $i$  будет  $x$ , координата точки  $b(x + \lambda_x)$  и координата точки  $d(x - \lambda_x)$ , а парабола, проходящая через прогибы в этих точках, имеет выражение

$$y_i = Ax^2 + Bx + C.$$

В [7] получено аналитическое решение конечной балки на двухпараметрическом упругом основании с учетом только, неполного контакта балки с грунтовым основанием. Где получены все необходимые производные исходного дифференциального уравнения изгиба балки на основе метода конечных разностей, т.е. эти производные заменены конечно-разностными отношениями. Подставим в первый член исходного дифференциального уравнения (1) в конечных разностях производную четвертого порядка

$$\frac{d^4 y(x)}{dx^4} = \frac{6y_i - 4(y_d + y_b) + y_n + y_i}{\lambda_x^4}. \text{ Во второй и четвертые члены этого уравнения (1) производную второго порядка } \frac{d^2 y(x)}{dx^2} = \frac{y_b - 2y_i + y_d}{\lambda_x^2}.$$

Подставив их значения, получим алгебраическое уравнение, записанное для точки  $i$ :

$$EJ \frac{6y_i - 4(y_d + y_b) + y_n + y_i}{\lambda_x^4} - 2r^2 \frac{y_b - 2y_i + y_d}{\lambda_x^2} + s^4 y_i \theta(x - a) - N_x \frac{y_b - 2y_i + y_d}{\lambda_x^2} = q_0(x) \quad (2)$$

Аналогично записываются для остальных намеченных точек длины балки. В результате получим систему алгебраических уравнений относительно неизвестных функций прогибов.

**Результаты исследований.** Вводя параметры, в исходное дифференциальное уравнение изгиба балки, учитывающие условия близкие к реальной работе, в статье получен новый класс дифференциального уравнения, которое представляет большой математический интерес. Получено аналитическое решение поставленной задачи методом конечных разностей, путем замены всех производных, входящих в исходное дифференциальное уравнение изгиба балки соответствующими конечно-разностными отношениями. Конечно-разностные отношения выражаются через неизвестные функции прогибов. В результате получаем систему линейных алгебраических уравнений относительно значений функций прогибов. Использование простого математического аппарата к получению аналитического решения позволит использовать полученный алгоритм для широкого класса инженеров-проектировщиков.

**Вывод.** На основе простого математического аппарата как метод конечных разностей исходное обыкновенное дифференциальное уравнение четвертого порядка изгиба балки сведено к решению системы алгебраических уравнений, вполне доступных для широкого класса инженеров-проектировщиков.

#### **Литература:**

1. Киселев В.А. Расчет пластин [Текст] / В.А.Киселев // - Москва.: Стройиздат, 1973,- 157с.
2. Леонтьев Н.Н. Расчет прямоугольной плиты на упругом двухпараметрическом основании [Текст] / Н.Н. Леонтьев, А.Т. Маруфий // - Сборник трудов МИСИ «Расчет пространственных конструкций» Москва.: 1983, с 122-126.
3. Маруфий А.Т. Алгоритм расчета полубесконечной балки на двухпараметрическом упругом основании с участком без основания на удалении от края под балкой [Текст] / А.Т.Маруфий, А.А.Эгембердиева// Бишкек, Известия КГТУ №3 (51), 2019.-126-133с.
4. Маруфий А.Т. Изгиб различных схем плит на упругом основании с учетом неполного контакта с основанием [Текст]//А.Т.Маруфий. – М.; Издательство АСВ, СНГ, 2003.- 206с.
5. Маруфий, А.Т. [Текст]/ Учебное пособие, Составление алгоритмов по дисциплине «Численные методы решения задач в строительстве». Маруфий А.Т., Эгембердиева А.А.// Ош, 2019, 64с.
6. Маруфий А.Т. Методика расчета плиты на упругом основании с участком пониженной жесткости основания. [Текст] / А.Т. Маруфий, А.В. Цой, А.С. Калыков // Н.Ж. Наука, Новые технологии и инновации Кыргызстана. №1, 2021, с.9-13.
7. Маруфий А.Т. Алгоритм расчета конечной балки на двухпараметрическом упругом основании с учетом условий близких к ее реальной работе [Текст] /. Э.Н. Турдажиева, А.П.Алиева // Наука, новые технологии и инновации кыргызстана №2, 2022г., с.39-43.

---

УДК 669.18; 669.14.018

Жолдошов Белекбек Муратович, д.т.н., профессор,  
Ошский технологический университет,  
E-mail: belek0365@mail.ru

### **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ОТЖИГА НА КОМПЛЕКС СВОЙСТВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ P12 И P18**

*В настоящей работе исследовано влияние режима отжига на свойства вольфрамовых P12 и P18 заводских плавок в прутках диаметром 18 мм. Процесс отжига проведен при  $T=825$  и  $900$  °C в течение 8, 24 и 48 ч. Нагреты исследуемые*