

Восточно-Казахстанский Государственный технический университет  
им. Д. Серикбаева

УДК 624.012.8.001.24

ДАНИЛЕНКО ТАТЬЯНА ИГОРЕВНА

Исследование напряженно-деформированного состояния  
неоднородного по глубине полупространства (полуплоскости)  
в современных условиях

6N0729 «Строительство»  
(профильное направление)

**Реферат диссертации на соискание академической степени  
магистра техники и технологии**

Научный руководитель:  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры «СЗСиТК»  
З. Н. Родионова

г. Усть-Каменогорск, 2010 год

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния неоднородного по глубине полупространства (полуплоскости) в современных условиях.

### Объем и структура диссертации

Диссертационная работа изложена на 60 страницах, иллюстрирована 21 рисунком. Количество таблиц в диссертации – 7. Диссертация состоит из списков определений, обозначений, введения, пяти глав и заключения, включая литературный обзор. Список использованных источников содержит 25 наименований.

### Перечень ключевых слов

Напряженное состояние, деформация, неоднородное изотропное основание, полуплоскость, полупространство, испытание грунтов штампами, модуль деформации, решения теории упругости, нормальные и касательные напряжения, вертикальное перемещение точек полупространства, общее решение уравнения равновесия в перемещениях для неоднородных изотропных сред, уравнение Плевако В. П., коэффициент Пуассона, функции Уиттекера, балка на неоднородном основании, метод Жемочкина Б. Н., эпюра изгибающих моментов, метод конечных разностей, формула Буссинеска, эпюра осадок.

### Актуальность темы

Изучение напряжений и деформаций грунтов под действием внешних сил и собственного веса грунта – одна из сложнейших и важнейших задач механики грунтов. И разрешение данной задачи для различных случаев загрузки имеет непосредственное приложение в практике строительства. Для практики строительства весьма важно знать, как распределяются напряжения в грунте при загрузке части его поверхности, как напряженное состояние меняется с течением времени и при каких условиях наступают предельные напряженные состояния, вызывающие недопустимые деформации и нарушения сплошности грунтового массива.

Прочность и устойчивость сооружений, возводимых на грунтах или в грунтовой толще, зависит не только от напряжений в грунте по контакту с сооружением или от свойств слоя грунта, непосредственно примыкающего к сооружению, но также в высокой степени и от напряжений нижележащих слоев грунта и их свойств. И изучение грунта не будет полным, пока не составится ясная картина о всей системе напряжений, действующих как в верхних, так и в

более глубоких слоях грунта, под нагруженной поверхностью, и об изменениях, возникающих в грунте под влиянием этих напряжений.

Вопрос о распределении напряжений в грунтах при действии местной нагрузки имеет большое практическое значение для изучения условий прочности грунтов, для расчета фундаментов сооружений и расчетов подземных сооружений. Вопрос, наиболее интересующий строителей, а именно – осадка сооружений, не может быть разрешен без знания и учета распределения напряжений в слоях грунта на значительную глубину от подошвы сооружения.

Попытка построения единой модели грунтового основания пока не увенчалась успехом, так как механические свойства грунта очень сложны. Поэтому тема, посвященная изучению влияния механических свойств грунта на работу сооружений до сих пор актуальна.

Грунты характеризуются неоднородностью, анизотропией, нелинейной зависимостью между деформациями, напряжениями и другими свойствами. Неоднородность грунта по глубине возникает из-за обжатия нижележащих слоев вышележащими или скачкообразного изменения жесткости на границах различных геологических напластований.

Учет реальных свойств грунтового основания дает возможность обеспечить надежность и долговечность сооружений, работающих на этом основании.

Данная работа дополняет теорию расчета конструкций, лежащих на неоднородных по глубине основаниях.

### Цель и задачи исследования

Целью данной диссертационной работы является учет влияния неоднородного по глубине изотропного основания на его напряженное и деформированное состояние и на работу конструкций на этом основании.

Задачи исследования:

- анализ существующих теоретических и экспериментальных исследований в области изучения механических свойств грунтовых оснований;
- расчет неоднородной по глубине изотропной полуплоскости от действия сосредоточенной и распределенной нагрузок на границе полуплоскости;
- вывод формулы осадок точек поверхности неоднородного по глубине изотропного полупространства от действия на его поверхности внешних сил;
- использование полученных формул для расчета реальных конструкций (балки, плиты) на упругом основании, неоднородном по глубине.

### Объект исследования

Напряженно-деформированное состояние изотропного основания, неоднородного по глубине.

### Методы исследования

Примененные в работе подходы к решению поставленных задач основываются на методах теории однородных сред, теории упругости с применением законов непрерывности деформаций. Для получения аналитических результатов использованы методы теории интегрального исчисления и теории дифференциальных уравнений. Аналитические решения дополнены численными расчетами.

### Полученные результаты

Получены формулы для определения нормальных и касательных напряжений в неоднородной по глубине изотропной полуплоскости, с помощью которых полностью описывается напряженное состояние неоднородной полуплоскости.

Получена уточненная формула осадок точек поверхности неоднородного по глубине изотропного полупространства от действия на его поверхности внешних сил, которую можно использовать для практических расчетов.

### Научная новизна

В работе рассматривается новая модель грунтового основания, модуль деформации которого изменяется с глубиной по степенному закону.

С помощью полученных формул появилась возможность исследования напряженного состояния неоднородного по глубине полупространства (полуплоскости) и более точного расчета осадок точек поверхности такого основания.

### Научная и практическая значимость

Полученные в данной диссертации формулы уточняют существующие данные осадок и внутренних усилий в конструкциях по сравнению с имеющимися для однородного основания.

Полученные формулы являются более точными по сравнению с теми, которые использовались предыдущими авторами – основателями и расчетчиками теории однородных сред. В работах Клейна Г. К., Дураева А. Е., Баршевского Б. Н. и других формулы осадок, полученные из теории упругости

носят приближенный характер, так как при их выводе не используется уравнения непрерывности деформаций.

Данная работа дополняет теорию расчета конструкций, лежащих на неоднородных по глубине основаниях. Учет реальных свойств грунтового основания дает возможность обеспечить надежность и долговечность сооружений, работающих на этом основании.

#### Сведения о публикациях

Результаты исследования изотропных оснований, часть которых представлена в диссертации, опубликованы в двух статьях в сборниках VIII и X Республиканских научно-технических конференций студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (ВКГТУ им. Д. Серикбаева):

1) З. Е. Гвоздева, Т. И. Даниленко (05-СР-1), З. Н. Родионова, Е. Б. Шестакова (ВКГТУ) «Напряженное состояние трансверсально-изотропного полупространства»;

2) Т. И. Даниленко (09-НСР-1), З.Н. Родионова (ВКГТУ) «Напряжения неоднородной по глубине полуплоскости от внешней нагрузки».

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении указана актуальность диссертационной работы, формулируется ее цель, раскрывается научная новизна, изложены основные положения диссертационной работы по главам.

В первой главе приведен обзор существующих теоретических и экспериментальных исследований в области изучения механических свойств грунтовых оснований: рассмотрены существующие расчетные модели и данные экспериментальных исследований, приведены графики изменения модулей деформации различных грунтов. На основе анализа рассмотренных данных получен вывод о том, что можно приблизить теоретические и экспериментальные результаты, путем учета в расчетах роста модуля деформации основания с глубиной.

Во второй главе приведена плоская задача теории упругости. Рассмотрено действие внешних сил на полуплоскость. Произведен расчет неоднородной по глубине изотропной полуплоскости от действия сосредоточенной и распределенной нагрузок на границе полуплоскости. С помощью решений теории упругости и теории интегральных исчислений получены формулы для определения нормальных и касательных напряжений. Полученные формулы использованы для решения задачи с конкретными заданными параметрами. При решении задачи получены значения и построены эпюры нормальных и касательных напряжений для полуплоскости с

переменным модулем деформации и, как сравнение, для полуплоскости с постоянным модулем деформации.

В третьей главе для полупространства были рассмотрены несколько законов изменения модуля деформации и получены формулы вертикальных перемещений (осадок) точек поверхности рассматриваемого основания от действия на его поверхности внешних сил, построены сравнительные графики осадок точек поверхности неоднородного и однородного изотропных оснований.

В четвертой главе произведен расчет балки на неоднородном основании. При расчете использован метод Жемочкина Б. Н., идея которого заключается в замене непрерывно распределенных связей между сплошным основанием и балкой отдельными стержнями. В заданной задаче были определены изгибающие моменты в балке и построены эпюры изгибающих моментов. Для сравнения балка была рассчитана как для неоднородного, так и для однородного основания. На полученной эпюре изгибающих моментов особенно хорошо видна разница в полученных значениях изгибающих моментов.

В пятой главе была рассчитана плита методом конечных разностей, построены эпюры осадок и изгибающих моментов. Эпюры осадок и изгибающих моментов, для сравнения, были построены как для неоднородного, так и для однородного изотропного основания.

В заключении сформулированы основные выводы о том, что возрастание модуля деформации с глубиной существенно влияет на отклонение распределения напряжений от наблюдаемого в однородной изотропной среде. Полученные в данной диссертации формулы уточняют существующие данные осадок и внутренних усилий в конструкциях по сравнению с имеющимися для однородного основания. А учет реальных свойств грунтового основания дает возможность обеспечить надежность и долговечность сооружений, работающих на этом основании.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. **Творчество молодых - инновационному развитию Казахстана:** Материалы VIII Респ. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50-летию ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 22-24 апреля 2008 г.-Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2008. - Ч.II. - с.241.
2. **Творчество молодых - инновационному развитию Казахстана:** Материалы X Респ. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 22, 23 апреля 2010 г.-Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2010. - Ч.I. - с.55.

## АННОТАЦИЯ

Диссертация на тему «Исследование напряженно-деформированного состояния неоднородного по глубине полупространства (полуплоскости) в современных условиях» выполнена магистрантом Даниленко Т. И.

Данная работа посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния неоднородного по глубине полупространства (полуплоскости) в современных условиях. В диссертации рассматривается новая модель грунтового основания, модуль деформации которого изменяется с глубиной по степенному закону. Для данной модели основания в диссертации получены формулы для определения напряжений в неоднородной по глубине изотропной полуплоскости, с помощью которых полностью описывается ее напряженное состояние, получена уточненная формула осадок точек поверхности неоднородного по глубине изотропного полупространства от действия на его поверхности внешних сил, которую можно использовать для практических расчетов. С помощью полученных формул рассчитаны конструкции, лежащие на неоднородном упругом основании, такие как балка (по методу Жемочкина Б. Н.) и плита (методом конечных разностей). Данная работа дополняет теорию расчета конструкций, лежащих на неоднородных по глубине основаниях.

## АНДАТПА

Тақырыбы: «Қазіргі жағдайларда тереңдігі бойынша біртекті емес жартылай кеңістіктің (жартылай жазықтықтың) кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу» диссертация магистрант Т.И. Даниленкомен орындалды.

Диссертация, қазіргі жағдайларда тереңдігі бойынша біртекті емес жартылай кеңістіктің (жартылай жазықтықтың) кернеулі-деформацияланған күйін зерттеуге арналған. Диссертацияда деформациялық модулі тереңдік бойынша дәрежелік заңдылықпен өзгертін жер табанының жаңа үлгісі қарастырылады. Диссертацияда жер негізінің осы үлгісі үшін, тереңдігі бойынша біртекті емес изотроптық жартылай жазықтықтағы кернеуді анықтайтын формулалар алынды, олардың көмегімен жер үлгісінің кернеулік күйін толық көрсетуге болады, сондай-ақ практикалық есептеулерде қолдануға болатын, бетіне сыртқы күштердің әсер етуі нәтижесінде тереңдігі бойынша біртекті емес изотропты жартылай кеңістік бетіндегі нүктелердің шөгіп, отыруының дәлденген формуласы алынды. Осы формулалардың көмегімен арқау (Б.Н. Жемочкин әдісі бойынша) және тақта тас (соңғы элементтер әдісі бойынша) сияқты біртекті емес серіппелі негіздерде (табандарда) жатқан конструкциялар есептелді. Бұл жұмыс, тереңдігі бойынша біртекті емес негіздерде (табандарда) жатқан конструкцияларды есептеу теориясын толықтырады.

## ANNOTATION

Dissertation on the theme “The research of mode of deformation nonhomogeneous depth half-space (half-plane) in modern conditions” was done by undergraduate Danilenko T. I.

The work covers the study of mode of deformation nonhomogeneous depth half-space (half-plane) in modern conditions. In this dissertation we consider a new model of foundation soil, which modulus of deformation changes with depth under the power law. For this model of foundation in the dissertation we received formulae for determination of stress in the nonhomogeneous depth isotropic half-space, whereby we described in full stress condition, we received refined formula of settling of point on the surface of nonhomogeneous depth isotropic half-space from external forces effect on its surface, which can be used for practical calculations. Whereby formula received we computed constructions lying on nonhomogeneous elastic foundation, like beam (by the method of B.N. Zhemochkin) and plate (finite element method). This work supplements the constructions design theory lying on nonhomogeneous depth foundations.