



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Автомобильные дороги»

Сборник задач по дисциплине

«Численные методы расчета мостов и транспортных тоннелей»



Авторы
Углова Е.В.,
Тиратуриян А.Н.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Сборник задач предназначен для студентов всех форм обучения направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиль «Автодорожные мосты и тоннели». Предназначены для обучающихся, изучающих дисциплину «Численные методы расчета мостов и транспортных тоннелей», для выполнения лабораторных работ.

Авторы



д.т.н., профессор, зав. кафедрой «АД»
Углова Е.В.



к.т.н., ст. преп. кафедры «АД»
Тиратурян А.Н.





Оглавление

Введение	4
Лабораторная работа № 1 Расчет плиты	5
Лабораторная работа № 2 Расчет плиты на упругом основании	7
Лабораторная работа № 3 Исследование напряженно-деформированного состояния балки-стенки.....	8
Лабораторная работа № 4 Пилон вантового моста.....	10
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	12

ВВЕДЕНИЕ

Стремительный рост и модернизация строительной отрасли Российской Федерации требуют подготовки специалистов владеющих не только базовыми знаниями, но и ознакомленных с современными аспектами проектирования транспортных сооружений. Целью данного курса является ознакомление обучающихся с современными программными комплексами для проектирования и расчета строительных конструкций. Данный курс составлен на основе методических указаний Н.Н.Бочкарева «Примеры расчета элементов строительных конструкций в программе ЛИРА», выпущенных в 2011 году в Томском государственном архитектурно-строительном университете [1]. Для дополнительного ознакомления обучающихся с возможностями программного комплекса ЛИРА рекомендуется самостоятельное изучение источников [2,3].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

РАСЧЕТ ПЛИТЫ

В данной лабораторной работе требуется осуществить расчет железобетонной плиты опертой длинными и короткими сторонами на колонны. Геометрические размеры плиты 4*9 м, толщина 400 мм.

Для данной задачи необходимо составить таблицу РСУ, осуществить полный статический расчет плиты, и вывести на экран чертеж армирования, выполненный в системе ЛирАрм.

Всего необходимо создать 3 загрузжения:

Загрузка 1 – загрузка от собственного веса

Загрузка 2 – сосредоточенная нагрузка $P = 4 \text{ тс/м}^2$, приложенные вдоль длинной стороны плиты

Загрузка 3 – сосредоточенная нагрузка $P = 8 \text{ тс/м}^2$, приложенные вдоль короткой стороны плиты

Плита разбивается на сетку конечных элементов 6*12. Разбиение производится в диалоговом окне «Регулярные фрагменты и сети» на вкладке «Генерация плиты». Размер одного конечного элемента 0.5*0.5.

Далее задаются граничные условия в диалоговом окне «Связи в узлах» путем ограничения перемещений вдоль оси Z на участках опирания рассчитываемой плиты.

Методика задания жесткости подробно приведена в методических указаниях «Основы САПР мостов и транспортных тоннелей». Для этого применяется диалоговое окно «Жесткости элементов», в котором на закладке численного описания жесткости выбирается пиктограмма «Пластина».

Задаются следующие основные параметры:

Модуль упругости плиты – 30 000 МПа

Коэффициент Пуассона – 0.2

Толщина плиты – 40 см

Удельный вес материала – 2.75 тс/м²

Для задания загрузки 1 – на вкладке «Нагрузки» необходимо выбрать функцию «Добавить собственный вес».

Для задания загрузки № 2 следует выделить все узлы вдоль длинной стороны плиты и задать на них сосредоточенную нагрузку (Нагрузки / Нагрузки на узлы и элементы).

Аналогичную операцию повторить для всех узлов вдоль короткой стороны плиты, и задать таким образом загрузку 3.

При генерации таблиц РСУ задать для загрузки 1 – Постоянное (0), для загрузки 2 и 3 – Временное длительное (1)

Численные методы расчета мостов и транспортных тоннелей

Запуск задачи на расчет и переход в режим визуализации результатов расчета (аналогично предыдущим примерам).

Просмотр результатов расчета.

Вывести на экран изополя перемещений по направлению Z

Вывести на экран изополя напряжений M_x

Сохранить задачу

Выполнить армирование плиты с использованием системы ЛирАРМ

Вывести на экран пояснительную записку (Результаты / Текстовые файлы / Пояснительная записка).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

РАСЧЕТ ПЛИТЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Как правило, в качестве модели упругого основания в строительных расчетах применяют модель основания Винклера. Механически упругое основание Винклера представляет собой набор линейных не связанных друг с другом пружин. Характеризуется этот тип основания коэффициентом постели C . По физическому смыслу коэффициент жесткости – это усилие, которое необходимо приложить к 1 м^2 поверхности основания, чтобы оно осело на 1 м . Размерность $C_1 - \text{тс/м}^3$.

Для выполнения данной лабораторной работы исходные данные следует взять из лабораторной работы № 1 по статическому расчету плиты.

Задачу следует сохранить под новым именем.

Затем удаляются граничные условия, наложенные на плиту, в предыдущей задаче (**Схема / Связи / Удалить связи**)

Упругие свойства основания задаются в диалоговом окне «Жесткости элементов»

Характеристики упругого основания задаются в диалоговом окне «Жесткости элементов». Нажать кнопку **Изменить** и в открывшемся окне «Задание жесткости для пластин» ввести в рамке «Параметры упругого основания»: « C_1 » = 1000 тс/м^3 .

После задания упругих свойств основания задача запускается на расчет и осуществляется переход в режим визуализации результатов расчета (аналогично предыдущим примерам).

Вывести на экран изополя перемещений по Z (**Деформации / В глобальной системе / Изополя перемещений / Изополя перемещений по Z**).

Вывести на экран изополя напряжений в пластинах по RZ -реактивный отпор грунта (**Усилия / Изополя / Изополя напряжений / Rz**).

Сохранить задачу (**Файл / Сохранить**).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БАЛКИ- СТЕНКИ

Требуется рассчитать все компоненты напряженно-деформированного состояния балки стенки жестко заземленной на своей нижней границе размером 10×6 м. На всем протяжении верхней границы балки-стенки к узлам сетки конечных элементов приложена сосредоточенная нагрузка $P = 1$ тс. Размер сетки конечных элементов 20×12 . Размер одного конечного элемента $0,5 \times 0,5$.

Модель балки-стенки создается в диалоговом окне «Регулярные фрагменты и сети» на вкладке «Генерация балки-стенки». Задать шаг КЭ и их количество вдоль оси X и оси Z . Ось X : $L(m) = 0,5$; $N = 20$. Ось Z : $L(m) = 0,5$; $N = 12$.

В диалоговом окне «Показать» (Опции / Флаги рисования) активировать закладку «Узлы». Установить метку в первой строке «Номера узлов» и нажать кнопку Применить. *На расчетной схеме отобразятся номера узлов.*

Выделить узлы схемы по заземленной грани балки-стенки № 1-13 (Выбор / Отметка узлов). *Узлы окрашиваются в красный цвет.* В диалоговом окне «Связи в узлах» (Схема / Связи) активировать закладку «Назначить связи», отметить направления, по которым запрещены перемещения узлов (X , Z), и нажать кнопку Применить.

В диалоговом окне «Жесткости элементов» (Жесткости / Жесткости элементов) нажать кнопку Добавить и, выбрав закладку численного описания жесткости (третья слева), дважды щелкнуть на пиктограмме «Пластины». В появившемся окне «Задание жесткости для пластин» ввести параметры сечения: модуль упругости $E = 3 \times 10^6$ тс/м²; коэффициент Пуассона $\nu = 0,2$; толщина плиты – $H = 15$ см; удельный вес материала – $R = 2,75$ тс/м². Нажать кнопку Подтвердить.

Назначить жесткость элементам балки-стенки, выполнив следующее. Выделить в диалоговом окне «Жесткости элементов» в рамке «Список типов жесткостей» жесткость «1. Пластина Н 15» и нажать кнопку Установить как текущий тип. *В окне «Текущий тип жесткости» отобразится выбранная жесткость.* Выделить все элементы схемы (Выбор / Отметка элементов). *Выделенные элементы окрашиваются в красный цвет.* В диалоговом окне

Численные методы расчета мостов и транспортных тоннелей

«Жесткости элементов» нажать кнопки Назначить и Заккрыть.

В диалоговом окне «Задание нагрузок» (Нагрузки / Нагрузки на узлы и элементы) активируйте закладку «Нагрузки в узлах». Установить метку «Глобальная» в рамке «Система координат» и метку «Z» в рамке «Направление» действия нагрузки. В рамке «Тип нагрузки» нажать кнопку сосредоточенной силы. В появившемся диалоговом окне «Параметры нагрузки» ввести $P=1$ тс и нажать кнопку Подтвердить. В диалоговом окне «Задание нагрузок» нажать кнопку Применить.

Запуск задачи на расчет и переход в режим визуализации результатов расчета (аналогично предыдущим примерам).

Вычисление главных и эквивалентных напряжений.

В диалоговом окне «Вычисление главных и эквивалентных напряжений» (Усилия / ЛИТЕРА) включить опции «Вычисление главных напряжений по усилиям», «Вычисление эквивалентных напряжений по усилиям» и нажать кнопку Подтвердить. В появившемся диалоговом окне «Теории прочности» активировать строку «Теория наибольших нормальных напряжений» и нажать кнопку Подтвердить.

Просмотр результатов расчета.

Для просмотра таблицы главных и эквивалентных напряжений в диалоговом окне «Стандартные таблицы» (Окно / Стандартные таблицы) активировать строку «Главные и эквивалентные напряжения по усилиям» и нажать кнопку Создать. В появившемся окне «Выбор загружений» нажать кнопку Подтвердить.

Вывести на экран изополя главных и эквивалентных напряжений.

Сохранить задачу (Файл / Сохранить).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ПИЛОН ВАНТОВОГО МОСТА

В диалоговом окне «Признак схемы» задать имя задачи – «Пример 8» и признак схемы – «2». Нажать кнопку Подтвердить.

В диалоговом окне «Создание плоских фрагментов и сетей» активировать закладку «Генерация рамы». Задать шаг КЭ и их количество вдоль оси Z: $L(m) = 1$; $M = 60$.

Посредством диалогового окна «Флаги рисования» отобразить на экране нумерацию узлов

Выделить узел № 1. В диалоговом окне «Связи в узлах» запретить перемещения узла по осям X, Z, UY.

Задание жесткостных параметров элементов пилона.

В диалоговом окне «Жесткости элементов» выбрать тип сечения «Брус» и присвоить его расчетной модели пилона. Механические параметры пилона:

Модуль упругости – 30 000 МПа

Коэффициент Пуассона – 0.2

Толщина плиты – 40 см

Удельный вес материала – 2.75 тс/м²

Геометрические размеры пилона 1.2*1.2 м

Характерной особенностью данной задачи является применение специфического типа конечных элементов. Для этого необходимо в диалоговом окне «Смена типа конечных элементов» (Схема / Корректировка / Смена типа конечного элемента) выделить в списке типов конечных элементов строку «Тип 310 », нажать кнопки Применить и Закрыть.

Нагрузки задаются следующим образом:

Выделить узел № 61 (Выбор / Отметка узлов). В диалоговом окне «Задание нагрузок» (Нагрузки / Нагрузки на узлы и элементы) активировать закладку «Нагрузки в узлах». Установить метку «Глобальная» в рамке «Система координат» и метку «Z» в рамке «Направление» действия нагрузки. В рамке «Тип нагрузки» нажать кнопку сосредоточенной силы. В появившемся диалоговом окне «Параметры нагрузки» ввести $P = 500$ тс.

Снова выделить узел № 61. В диалоговом окне «Задание нагрузок» установить метку «X» в рамке «Направление» действия нагрузки, затем нажать кнопку сосредоточенной силы. В появившемся диалоговом окне «Параметры нагрузки» ввести $P = 5$ тс и нажать кнопку Подтвердить. В диалоговом окне «Задание нагрузок» нажать кнопки Применить и Закрыть.

В диалоговом окне «Моделирование нелинейных загрузки-

Численные методы расчета мостов и транспортных тоннелей

ний» (Нагрузки / Моделирование нелинейных загружений) задать параметры: № загрузки – 1; метод расчета – (2) автоматический выбор шага; печать – Перемещения и усилия после каждого шага. Нажать кнопки Подтвердить и Заккрыть.

Запустить задачу на расчет и перейти в режим визуализации результатов расчета (аналогично «Примеру 1»).

Сохранить задачу (Файл/Сохранить).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарев Н.Н. Примеры расчета элементов строительных конструкций в программе ЛИРА. - Томск: ТГАСУ, 2011.
2. Барабаш М.С., Гензерский Ю.В., Марченко Д.В, Лири 9.2 Примеры расчета и проектирования. - Киев: Факт, 2005.
3. Составление расчётных сочетания усилий в ПК "ЛИРА"
// <http://beton-karkas.ru/> URL: <http://beton-karkas.ru/index.php/component/content/article/69/165-2009-11-01-13-19-10> (дата обращения: 30.10.2015).