

*Головизнин К.Ю., Котлярова Е.С. Программа для расчета плоских стержневых систем // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2018. – №3 (март). – АРТ 124-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>*

**РУБРИКА: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**УДК 624.04**

**Головизнин Кирилл Юрьевич**

студент 4 курса, факультет «Транспортное строительство»

**Котлярова Екатерина Сергеевна**

студентка 4 курса, факультет «Транспортное строительство»

*Научный руководитель:* Аллахвердов Б.М., к.т.н, доцент  
ФГБОУ ВО «Петербургский Государственный Университет

Путей Сообщения Императора Александра I»,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

e-mail: [goloviznin.k@gmail.com](mailto:goloviznin.k@gmail.com)

**ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ**

*Аннотация:* Статья посвящена использованию метода одномерных конечных элементов для расчета плоских стержневых систем, который, являясь упрощением классического МКЭ, позволил создать собственную расчетную программу «Beam Engine». Она позволяет решать целый ряд насущных учебных проблем: проверка правильности построения эпюр, трудоемкие ручные расчеты при курсовом проектировании, нехватка учебных часов для приобретения большого практического опыта, сложность изучения расчетных комплексов на младших курсах [1]. На сегодняшний день программа успешно справляется с построением эпюр и карт усилий практически в любых плоских стержневых системах, начата

разработка модуля для их расчета на подвижную нагрузку с помощью линий влияний.

*Ключевые слова:* строительная механика, метод конечных элементов, одномерные конечные элементы, расчетная программа, эпюры усилий, карты усилий, линии влияния.

**Goloviznin Kirill**

4<sup>th</sup> year student, Transport Construction faculty

**Kotliarova Ekaterina**

4<sup>th</sup> year student, Transport Construction faculty

Supervisor: B. Allakhverdov, PhD in Engineering

Saint-Petersburg State Transport University of Emperor Alexander 1st

## **PROGRAM FOR CALCULATING SYSTEMS OF ONE-DIMENSIONAL FINITE ELEMENTS**

*Abstract:* The article is devoted to the use of the method of one-dimensional finite elements for the calculation of planar rod systems, which, being a simplification of the classical FEM, allowed to create its own calculation program "Beam Engine". It allows to solve a number of problems in the field of education [1]. To date, the program has successfully coped with the construction of diagrams and maps of forces in virtually any flat rod systems, the development of a module for calculating them.

*Keywords:* structural mechanics, finite element method, one-dimensional finite elements, computational program, stress diagrams, force maps, influence lines.

Все мы живем в трехмерном мире среди объемных тел. Проектировщики, расчетчики, студенты, которые только стремятся заняться конструированием и расчетом конструкций. Но всегда ли в расчетах используется то самое 3 измерение? Вспомните курс сопротивления материалов, строительной механики: много ли расчетных схем, изучаемых на данных дисциплинах были объемными? Конечно же нет. достаточно старательно изучая сопромат и строительную механику на 2-3 курсе, мы так и не познали прелести расчета пластин, оболочек, я не говорю уже о сплошных телах. Плоские рамы, фермы, балки, и немного плоско-пространственных конструкций – вот пожалуй и все, что нас окружало... С одной стороны, это конечно, грустно: ведь наши знания после выхода из университета ничтожно малы в сравнении с тем, что необходимо знать в реальной жизни, с другой стороны – возможно это и не столь необходимые знания для 80-90% выпускников. При этом пространственные задачи той же теории упругости, расчеты сложных объемных конструкций зачастую чрезвычайно громоздкие и сложные, чтобы их можно было изучать в рамках обычного курса. Расчет плоских конструкция на этом фоне выглядит значительно менее ужасным. Более того, изучение основных методов расчета позволяет студенту осознать работу конструкции, получить бесценный опыт для дальнейшего анализа результатов, полученных в серьезных расчетных комплексах. Ну и к тому же зачастую умение быстро представить конструкцию в виде простой расчетной схемы и определить усилия в ней могут быть полезны и для приближенного проектирования при выборе вариантов конструкции.

Среди существующих методов решения задач строительной механики особое место занимает метод конечных элементов, сочетающий в себе с одной стороны – большой объем вычислений в матричной форме, которые

невозможно выполнить без помощи компьютера, с другой – алгоритмическую простоту, однотипность выполняемых действий. Все это приводит к тому, что в подавляющем большинстве случаев именно данный метод используется для написания таких мощных расчетных комплексов, как SOFiSTiK, Midas, SCAD, Лира и многие другие.

Классический метод конечных элементов предоставляет широкие возможности для решения различного рода задач, тем не менее, в отдельных случаях он может показаться слишком уж громоздким [1-3]. Именно поэтому в процессе использования учеными были созданы частные адаптации данного метода для решения конкретных задач. Одной из них является метод одномерных конечных элементов для плоских стержневых систем, суть которого заключается в составлении трех основных матриц системы:  $B$  – глобальной матрицы податливости,  $A$  – матрицы равновесия и  $P$  – вектора узловых нагрузок. Ответом при выполнении определенной последовательности матричных операций будет служить вектор внутренних усилий системы  $S$  и вектор узловых перемещений  $Z$ . Использование одномерного конечного элемента с небольшим количеством граничных условий приводит, во-первых, к значительному уменьшению размерностей матриц, и во-вторых – к еще большему упрощению процесса алгоритмизации метода [4].

Описанные выше преимущества МКЭ одномерных конечных элементов и знание языка программирования VB.NET позволили написать собственную расчетную программу, о которой речь пойдет далее.

Программа «Beam Engine» предназначена для расчета плоских стержневых систем. На данный момент она может производить расчет усилий практически в любых плоских стержневых конструкциях, а также –

что особенно важно для мостовиков – строить линии влияния внутренних усилий в неразрезных балках и фермах.

Программа имеет дружелюбный графический интерфейс, результат вычислений может быть представлен в различной форме: отображение и сохранение векторов  $S$  и  $Z$ , привычные для глаза инженера эпюры внутренних усилий, а также – карты напряжений в стержнях (цветовое обозначение наиболее и наименее нагруженных участков и мест превышения допустимых напряжений). Внешний вид программы и полный результат расчета неразрезной балки приведен на рис.1.

Для корректного расчета статически неопределимых конструкций доступен выбор типовых поперечных сечений (двутавр, прямоугольник, круг), ввод готовых значений площадей и моментов инерции, либо отношений изгибной жесткости. Планируется реализовать проверку прочности выбранного пользователем сечения.

Описанные выше возможности позволяют широко применять программу, как при изучении строительной механики, так и при курсовом проектировании на кафедрах «Строительные конструкции», «Мосты» и пр.

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

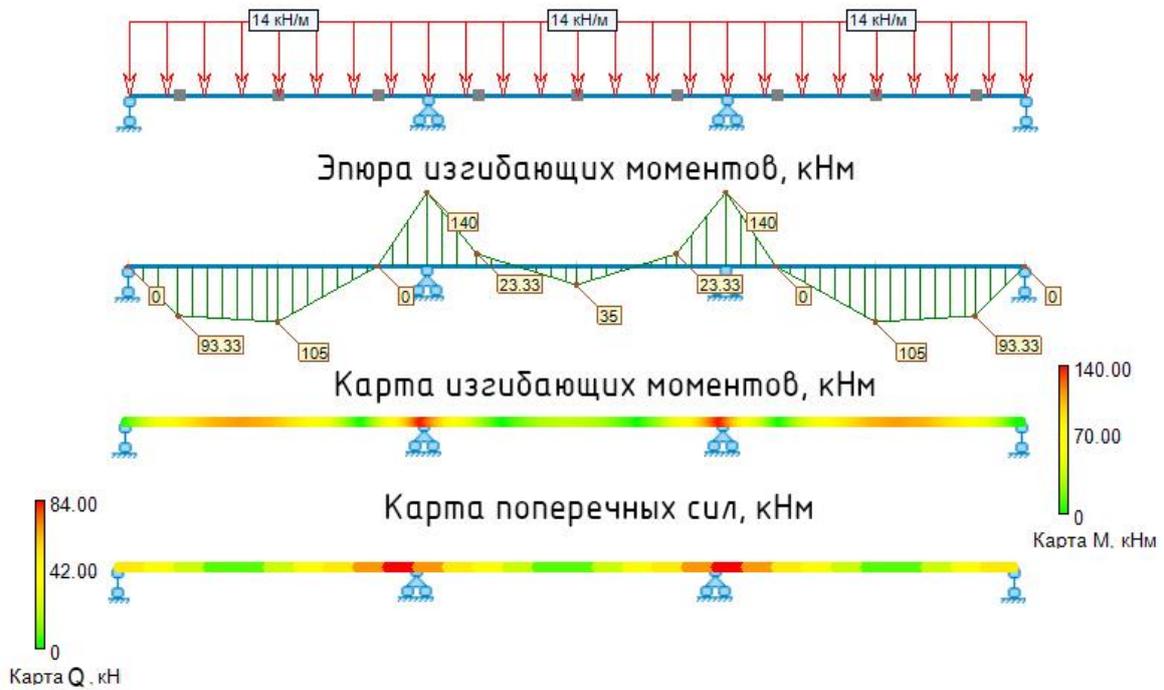
Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

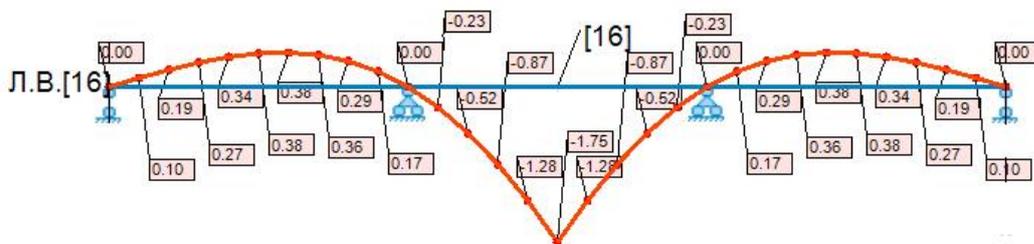
Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Расчетная схема моста – трёхпролетная неразрезная балка  
Нагрузка 14 кН/м



Линия влияния моментов середины второго пролета



Линия влияния поперечных сил середины второго пролета

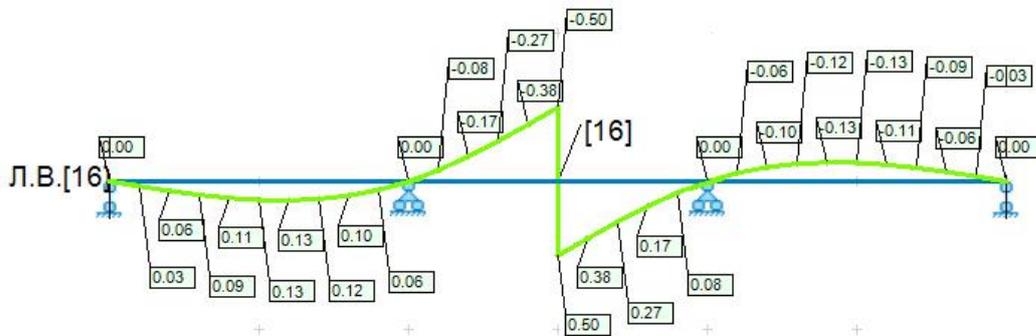


Рисунок 1 Результат расчета неразрезной балки

Программа вычисляет усилия в большинстве расчетных схем курса «Строительной механики», поэтому она может быть полезна для проверки эпюр, построенных «ручным» методом. Также программу можно использовать для проведения своеобразных лабораторных работ, в ходе которых студенты будут сравнивать напряженно-деформированное состояние похожих конструкций и учиться выбирать наиболее экономичный вариант. Кроме того, после изучения основных ручных методов, имея готовые эпюры усилий, студенты могли бы перейти к решению творческих и практически полезных задач подбора рационального сложного сечения.

В рамках курсового проектирования, использование программы позволит быстро производить прочностные расчеты конструкции, без использования приближенных методов. Конечно, все это возможно сделать и в существующих расчетных комплексах, о которых говорилось выше, но, к сожалению, учебная программа построена так, что их изучение начнется только на старших курсах, а потребность в расчетах возникает, уже на втором-третьем курсе. При этом сложность интерфейса и не всегда очевидные принципы работы в расчетных комплексах, затрудняют их самостоятельное изучение.

В заключение хочется отметить, что создание программы, служащей своеобразным проводником студента в мир больших и сложных программ, стало возможным благодаря содействию преподавателей кафедр «Механика и прочность материалов и конструкций» и «Мосты» и финансовой поддержке отдела инновационных разработок и научно-исследовательской работы студентов Петербургского Государственного Университета Путей Сообщения (ИРиНИРС). На сегодняшний момент

программа зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности и готова к использованию в учебной деятельности.

**Список использованной литературы:**

1. Р.Галлагер. Метод конечных элементов. Основы. – М.:Мир, 1984. – 428 с.
2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов – М.:Мир, 1979.– 392 с
3. Clough R.W. The finite element method in structural mechanics. – Stress Analysis. Ed. O. C. Zienkiewicz and G.S. Holister. Wiley, 1965, 420 с.
4. С.Б, Сеницын. Строительная механика в методе конечных элементов стержневых систем. Москва: АСБ, 2002. 624.0.

*Дата поступления в редакцию: 26.03.2018 г.*

*Опубликовано: 26.03.2018 г.*

*© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2018*

*© Головизнин К.Ю., Котлярова Е.С., 2018*