НН 2014

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»
МГУПС (МИИТ)

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

НЕДЕЛЯ НАУКИ – 2014

«НАУКА МИИТа – ТРАНСПОРТУ»

Т Р У Д Ы

Часть 1

Под общей редакцией профессора В.М. Круглова

Москва – 2014

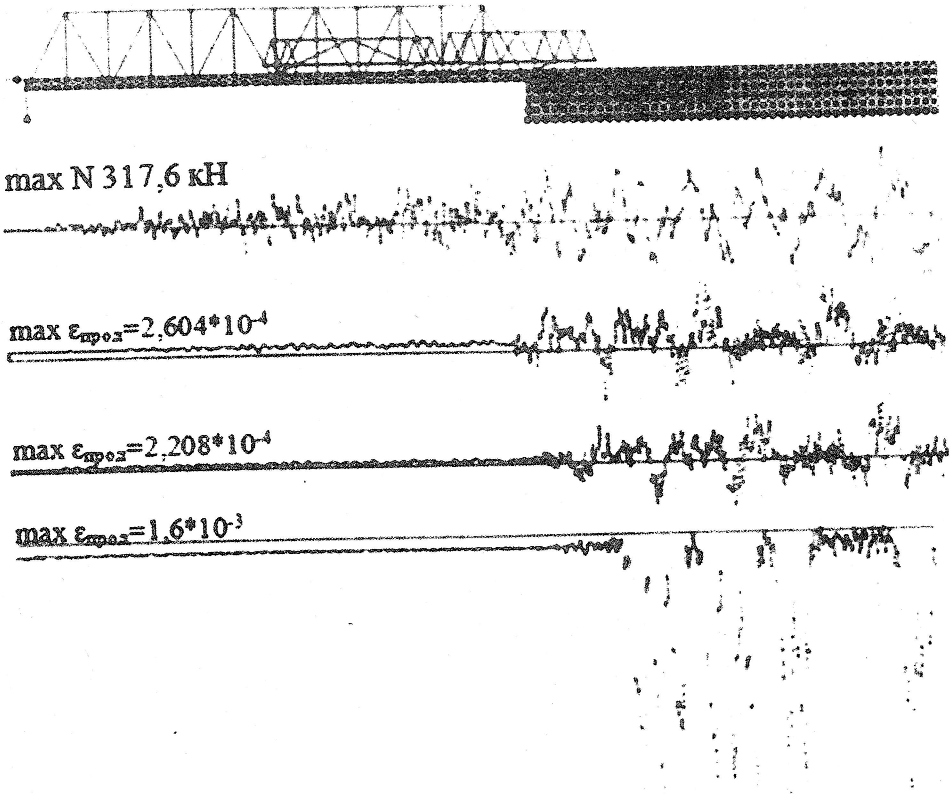

Рисунок. Расчетная схема и графики изменения динамических факторов во времени при совместной работе пролетного строения и грунтового массива насыпи. Верхний график – горизонтальная опорная реакция, далее графики продольных деформаций в стержнях насыпи на глубине 1 м (2 горизонтальных стержня на расстоянии 4 и 10 м от начала насыпи и вертикальный стержень на расстоянии 15 м от начала насыпи). Скорость движения поезда 100 км/ч. Вес подвижного состава 238 т.

Расчет проводился в 2-х вариантах. Вначале горизонтальная связь пролетного строения была соединена с узлом, который жестко закреплялся. При другом варианте расчета горизонтальная связь пролетного строения соединялась с узлом насыпи, что соответствовало их совместной работе.

Полученные результаты численного решения показали, что при совместной работе пролетного строения с насыпью несколько изменяются динамические усилия в пролетном строении, в частности, максимум горизонтальной опорной реакции снизился на 23%.

Работа выполнена под руководством Зылева В.Б.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В БРУСЕ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ

АНДРЕЯНОВА Е.О., БУШИН О.Ю., ОЛЕННИЧ Д.И.

В инженерной практике, особенно в машиностроении, часто возникает необходимость в определении перемещений деталей машин переменной жёсткости. Обычные методы сопротивления материалов в таких случаях не работают. В подобных случаях применим хорошо известный в строительной механике приближённый метод Галёркина. Рассмотрим случай определения функции прогиба в элементе конструкции.

Жёсткость элемента конструкции изменяется в зависимости от координаты EI=A f(x), где A размерный множитель. Брус длины l (рис.1.) нагружен равномерно-распределенной нагрузкой q. Необходимо определить уравнение прогиба U(x). Поставленная задача сводится к решению линейного неоднородного дифференциального уравнения четвёртого порядка с переменными коэффициентами при соответствующих граничных условиях:

$$\frac{d^2}{dx^2}=\left[Af(x)\frac{d^2V}{dx^2}\right]=q, \qquad V\left(\pm\frac{l}{2}\right)=0\,, \qquad \frac{d^2V}{dx^2}=0, \text{ при } x=\pm\frac{l}{2}.$$

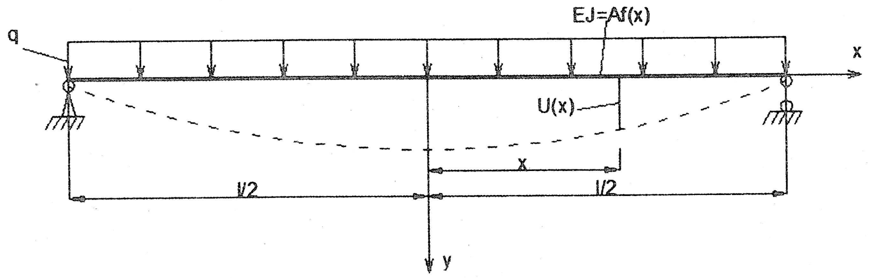

Рис.1.Расчётная схема

Опуская выкладки, соответствующие стандартной процедуре метода, приведем общее решение, полученное методом Галеркина. Решение имеет вид ряда:

$$U(x) \cong \sum_{k=1,3,5,\dots} \frac{1}{Ac_k} \int_{-l/2}^{l/2} \left(\frac{M(x)}{f(x)} \varphi_k(x) dx\right) \varphi_k(x), \quad \text{где } \varphi_k(x) = cos \frac{\pi k x}{l}, \text{ (при этом } k = 1,3,5,\dots)$$

Специально подобранные по методу Галёркина базисные функции, каждая из них удовлетворяет граничным условиям; M(x) момент в сечении бруса; коэффициенты c_k определяются по формуле:

$$c_k = -\frac{\pi^2 k^2}{2l}.$$

Приближённое решение сравнивалось с точным решением. При этом функция изменения жёсткости конкретизировалась и вычислялась по формуле:

$$EJ = Af(x); \qquad f(x) = e^{-m|x|}\ ; \quad \text{Если } m = 0, \text{ то } EJ = const.$$

Точное решение при постоянной жёсткости в этом случае получено стандартными методами сопротивления материалов здесь не приводится. Приближенное решение в виде трёх членов ряда для элемента переменной жёсткости имеет вид:

$$U = -\frac{ql}{\pi^2 A}\left\{\frac{l^2}{4}\left[\frac{l^{\frac{l}{2}m}}{m^2+\frac{\pi^2}{l^2}} \times \frac{\pi}{l} - \frac{l^{-\frac{l}{2}m}}{m^2+\frac{\pi^2}{l^2}} \times \frac{\pi}{l} \times (-1)\right]\right\} +$$

$$+\frac{ql}{\pi^2 A}\left\{\frac{l^2}{4} \times \frac{\pi}{l} - \frac{4\pi^2}{l\left(m^2+\frac{\pi^2}{l^2}\right)} \times \frac{l}{2} + \frac{2\frac{\pi}{l}(3m^2-\frac{\pi^2}{l^2}}{\left(m^2+\frac{\pi^2}{l^2}\right)^2} \times 1\right\} \frac{l^{m\frac{l}{2}}}{m^2+\frac{\pi^2}{l^2}} -$$

$$-\frac{ql}{\pi^2 A}\left\{\frac{l^2}{4} \times \frac{\pi}{l} - \frac{4\pi^2}{l\left(m^2+\frac{\pi^2}{l^2}\right)} \times \left(-\frac{l}{2}\right) + \frac{2\frac{\pi}{l}(3m^2-\frac{\pi^2}{l^2}}{\left(m^2+\frac{\pi^2}{l^2}\right)^2} \times (-1)\right\} \frac{l^{-m\frac{l}{2}}}{m^2+\frac{\pi^2}{l^2}}.$$

На графике (рис.2.) показано точное решение и приближённые решения при удержании одного члена ряда и трех.

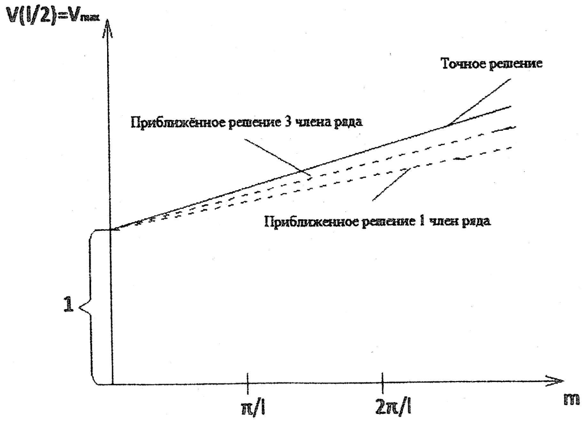

Рис. 2.Сравнение приближённого решения с точным

Следовательно, приближенный метод Галёркина позволяет получать аналитические формулы перемещений элементов конструкций с достаточной точностью для практических применений в инженерном деле.

Работа выполнена под руководством Романовой В.М.

С.А.ЧАПЛЫГИН – ПЕРВЫЙ ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА» В МИИТе

БЕКЕТОВА Е.И.

Теоретическая механика наряду с математикой и физикой относится к циклу фундаментальных учебных дисциплин, лежащих в основе высшего инженерно-технического образования. Ее преподавание с первых дней существования института находилось в руках выдающихся ученых – механиков, которые активно участвовали в научных исследованиях, как связанных непосредственно с проблемами транспорта, так и имеющими общий характер. Эта традиция была продолжена и развита всеми последующими поколениями руководителей и сотрудников кафедры.

Кафедру теоретической механики Московского Инженерного Училища (МИУ) с момента его открытия в 1896 году и до 1910 года возглавлял С.А. Чаплыгин.

Основные работы С. А. Чаплыгина относятся к гидроаэродинамике, неголономной механике, теории дифференциальных уравнений, теории авиации.

Первые труды Чаплыгина, созданные под влиянием Н.Е. Жуковского, относятся к области гидромеханики. В работе «О некоторых случаях движения твёрдого тела в жидкости» (1894) и в магистерской диссертации с тем же названием (1897) он дал геометрическую интерпретацию законов движения тел в жидкой среде.

В области теоретической механики Чаплыгин внёс весомый вклад в разработку динамики неголономных систем (характеризующихся наличием линейных дифференциальных неинтегрируемых связей). Исследованию таких систем посвящены работы Чаплыгина «О движении тяжёлого тела вращения на горизонтальной плоскости» (1897 г.), «О некотором возможном обобщении теоремы площадей с применением к задаче о катании шаров» (1897 г.), а также прочитанный в 1901 г. на заседании Московского математического общества совместно с Е. А. Болотовым доклад «Новый взгляд на начало Гамильтона» – работа, в которой принцип Гамильтона был обобщён на случай неголономных систем.

С.А. Чаплыгин выделил достаточно широкий подкласс неголономных систем с линейными кинематическими связями (вообще говоря, неинтегрируемыми), в дальнейшем получивших название системы Чебышёва. Речь идёт о системах, в которых удаётся выбрать n обобщённых координат так, что вариации первых m из них можно принять за независимые, а от остальных n–m координат не зависят ни кинетическая энергия системы, ни отвечающие координатам первой группы обобщённые силы, ни коэффициенты при обобщённых скоростях в уравнениях кинематических связей.

Для указанных систем Чаплыгин вывел общие уравнения их движения (переходящие в случае интегрируемости уравнений кинематических связей в обычные уравнения Лагранжа второго рода). Эти уравнения (известные сейчас как уравнения Чаплыгина) он доложил 25 октября 1895 г. Обществу любителей естествознания, а в 1897 г. опубликовал (в статье «О движении тяжёлого тела вращения на горизонтальной плоскости», изданной в трудах данного общества).

В данной работе Чаплыгин впервые установил интегрируемость задачи о движении тяжёлого динамически симметричного круглого диска по абсолютно шероховатой горизонтальной плоскости и свёл её к анализу гипергеометрических квадратур. Он показал также интегрируемость задачи о качении произвольного динамически симметричного тяжёлого тела вращения по горизонтальной плоскости (в этом случае решение задачи сводится к интегрированию линейного дифференциального уравнения 2-го порядка).

За исследования, посвящённые движению твёрдого тела в жидкости и движению механических систем с неголономными связями, Чаплыгин получил в 1899 году от Петербургской АН почётную золотую медаль.

Исследование явление качения твёрдых тел Чаплыгин продолжал и позднее. В 1903 г. он провёл полное исследование задачи о качении динамически несимметричного шара по шероховатой плоскости в предположении, что центр масс шара совпадает с его геометрическим центром (шар Чаплыгина). Ему удалось найти интегрирующий множитель и получить решение уравнений движения такого шара в квадратурах.

В конце XIX – начале XX века Чаплыгин начинает заниматься струйными течениями. В 1902 году он представляет в Московский университет докторскую диссертацию «О газовых струях» и защищает её в 1903 году. Фундаментальное значение для развития газовой динамики имело установленное С.А. Чаплыгиным в его докторской диссертации преобразование общих уравнений к независимым переменным в плоскости годографа. Этот переход из физической плоскости в плоскость годографа скоростей приводит к замечательному результату: нелинейные уравнения газовой динамики становятся линейными.

Данная работа, в которой был предложен метод исследований струйных движений газа при любых дозвуковых скоростях, положила начало новой отрасли механики – газовой динамики; последняя сыграла в дальнейшем огромную роль в развитии авиации (впрочем, в начале XX века для авиации ещё не было актуально исследование газовых течений со скоростями, приближающимися к скорости звука). Лишь через 30 лет работа Чаплыгина послужила основой для решения задач о звуковых течениях, а развитие созданных в ней методов привело к решению основных вопросов, связанных с работой крыла при больших дозвуковых скоростях.

Важнейший вклад был сделан С. А. Чаплыгиным в решение задачи о силах, действующих со стороны потока воздуха на обтекаемое им крыло самолёта. Первым серьёзного продвижения в данном направлении добился Н. Е. Жуковский, доказавший в 1906 г. теорему (теорема Жуковского), по которой подъёмная сила Y крыла выра-