

Вешуткин Владимир Дмитриевич,

кандидат технических наук, доцент кафедры аэрогидродинамики, прочности машин и сопротивления материалов ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород
Vveshutkin@mail.ru



Моисеева Татьяна Владимировна,

кандидат педагогических наук, доцент кафедры аэрогидродинамики, прочности машин и сопротивления материалов ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород
tvm.nntu@nextmail.ru

Ориентировочная деятельность студентов в процессе формирования умений при построении эпюр по курсу «Сопротивление материалов»

Аннотация. В статье приведен алгоритм ориентировочной деятельности студентов технического университета при изучении курса «Сопротивление материалов» при формировании умений построения эпюр внутренних усилий при деформации изгиба элементов конструкций.

Ключевые слова: ориентировочная деятельность, построение эпюр внутренних усилий, продуктивное мышление.

Раздел: (01) педагогика; история педагогики и образования; теория и методика обучения и воспитания (по предметным областям).

Одним из трудноусвояемых действий при решении задач по курсу «Сопротивление материалов» является процесс построения эпюр внутренних силовых факторов (ВСФ).

Каждый внутренний силовой фактор имеет свой закон распределения по длине балки и свое правило знаков, которые связаны с характером действия определенных деформаций. А так как число внутренних силовых факторов, возникающих в поперечном сечении стержня, может достигать шести, то с учетом разнообразия законов распределения ВСФ по длине стержня и различных правил знаков для каждого из них у студентов возникает затруднение в усвоении правил построения эпюр.

Рассмотрим задачу на построение эпюр внутренних силовых факторов, возникающих при поперечном изгибе консольной балки.

Традиционный подход к построению эпюр внутренних силовых факторов состоит в решении примеров, в которых действуют различные нагрузки (сосредоточенный момент, перерезывающая сосредоточенная сила, распределенная поперечная нагрузка по длине балки). В лучшем случае примеры рассматриваются от простого к сложному, то есть сначала решается задача на чистый изгиб от сосредоточенного момента, потом задача, в которой от перерезывающей силы возникают деформации не только изгиба, но и сдвига, и наконец – задача, в которой действует распределенная поперечная нагрузка, действие которой отражается более сложным характером построения эпюр ВСФ.

В худшем случае, когда наблюдается нехватка времени на занятия, рассматривается комбинированная задача, в которой представлены сразу все возможные внешние нагрузки. В этом случае студент воспринимает ход решения задачи как набор правил, не имея возможности установить закономерности применения этих правил. При решении домашней задачи студент сравнивает свой пример с решенной задачей и пытается совершить похожие действия без понимания их смысла.

В дальнейшем при таком подходе к проведению занятий преподаватель замечает, что очень скоро большая часть студентов становится не способна к самостоятельному решению поставленных задач и теряет интерес к изучению дисциплины.

Мы предлагаем другой подход, который основан на выработке определенного алгоритма решения такого круга задач, не только направленного на формирование умений при построении эпюр внутренних силовых факторов, но и способствующего формированию продуктивного мышления студентов.

Сущность этого алгоритма заключается в том, что преподаватель пошагово объясняет принципы построения эпюр на нескольких примерах параллельно, обращая внимание студента на сходство и различие в распределении ВСФ по длине балки в зависимости от различных деформаций, вызванных различными внутренними усилиями.

Рассмотрим параллельно четыре примера на построение эпюр внутренних силовых факторов, возникающих в консольных балках от сосредоточенного изгибающего момента (рис. 1а), сосредоточенной перерезывающей силы (рис. 1б), равномерно распределенной поперечной нагрузки (рис. 1в) и нагрузки, распределенной по треугольному закону (рис. 1г).

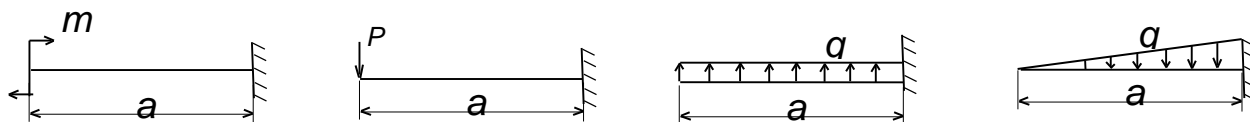


Рис. 1. Внешние нагрузки, вызывающие поперечный изгиб:

- а) сосредоточенный изгибающий момент б) сосредоточенная перерезывающая сила P в) равномерно распределенная поперечная нагрузка q г) поперечная нагрузка q , распределенная по треугольному закону

I шаг. Выясним, какие деформации создают заданные выше нагрузки, и покажем, как изгибается балка от их действия (покажем ориентировочную упругую линию балки штриховой линией на рис. 2).

На рис. 2а балка испытывает деформацию чистого изгиба, момент сжимает верхние волокна. На рис. 2б перерезывающая сила не только изгибает балку, но и вызывает деформацию сдвига, сжаты нижние волокна. Находим равнодействующие силы от равномерно распределенной поперечной нагрузки и от нагрузки, распределенной по треугольному закону, и по аналогии с предыдущим случаем выясняем, что и в этих примерах возникает по два вида деформации (сдвиг и изгиб).

Затем начнем применять метод сечений, выполняя одинаковые действия параллельно на всех примерах. Как известно, метод сечений предполагает четыре последовательных действия:

Разрезать мысленно балку в произвольном сечении.

Отбросить часть балки за разрезом.

Заменить отброшенную часть балки на ВСФ.

Уравновесить оставшуюся часть балки (записать уравнение статического равновесия внешних и внутренних сил).

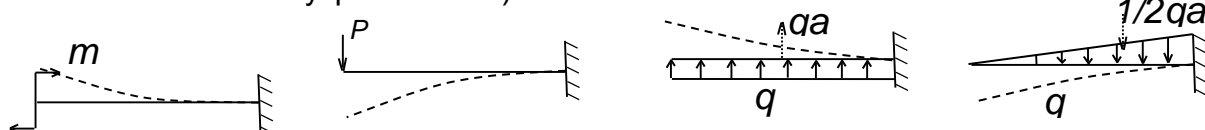


Рис. 2. Ориентировочная упругая линия балки в зависимости от характера внешней нагрузки:

- а) сжаты верхние волокна балки б) сжаты нижние волокна балки в) сжаты верхние волокна балки г) сжаты нижние волокна балки

II шаг. Последовательно применяя метод сечений сразу на всех четырех примерах (рис. 3), закрепляем алгоритм метода сечений. При замене отброшенной части балки в первом случае изображаем действие одного внутреннего силового фактора (Mx), а в трех других случаях – два (Qy и Mx).

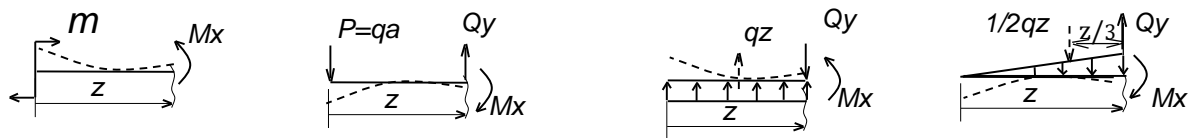


Рис. 3. Действие внутренних силовых факторов взамен отброшенной части балки:

- а) изгибающий момент Mx б) изгибающий момент Mx и перерезывающая сила Qy в) изгибающий момент Mx и перерезывающая сила Qy г) изгибающий момент Mx и перерезывающая сила Qy

III шаг. Записываем уравнения статического равновесия для перерезывающей силы Qy , возникающей вследствие деформации сдвига, пока не учитывая правило знаков (рис. 4).

$$Qy = 0$$

$$Qy = qa$$

$$Qy = qz$$

$$Qy = 1/2 qz$$

Рис. 4. Уравнения статического равновесия без учета правила знаков при сдвиге

IV шаг. Вводим правило знаков для действия перерезывающей силы Qy при сдвиге (рис. 5).

$$Qy = 0$$

$$Qy = - qa$$

$$Qy = + qz$$

$$Qy = - 1/2 qz$$

Рис. 5. Уравнения статического равновесия с учетом правила знаков при сдвиге

V шаг. Сравним четыре примера. Студенты отвечают на вопросы:

- Почему во втором примере $Qy = qa$, а в третьем примере $Qy = qz$?
- Чем отличаются уравнения в третьем и четвертом примерах?

VI шаг. Вводим правило построения эпюр Qy и строим эти эпюры (рис. 6).

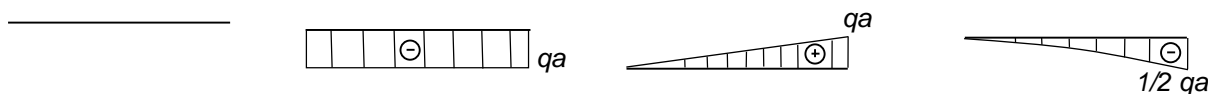


Рис. 6. Эпюры внутреннего силового фактора Qy

VII шаг. Вводим понятие момента от силы. Делаем акцент на то, что плечо измеряется от точки приложения силы до положения сечения.

Студенты отвечают на вопросы:

- В каком из примеров плечо имеет наибольшую (наименьшую) величину?
- В каком из примеров плечо равно нулю?

VIII шаг. Записываем уравнения статического равновесия для изгибающего момента Mx , возникающего при действии деформации изгиба, пока не учитывая правило знаков (рис. 7).

$$Mx = qa^2$$

$$Mx = qaz$$

$$Mx = qaz \cdot z/2$$

$$Mx = 1/2 qaz \cdot z/3$$

Рис. 7. Уравнения статического равновесия без учета правила знаков при изгибе

IX шаг. Вводим правило знаков для действия изгибающего момента M_x (рис. 8).

$$M_x = + qa^2$$

$$M_x = - qaz$$

$$M_x = + 1/2 qaz^2$$

$$M_x = - 1/6 qaz^2$$

Рис. 8. Уравнения статического равновесия с учетом правила знаков при изгибе

X шаг. Вводим правило построения эпюр M_x и строим эти эпюры (рис. 9).

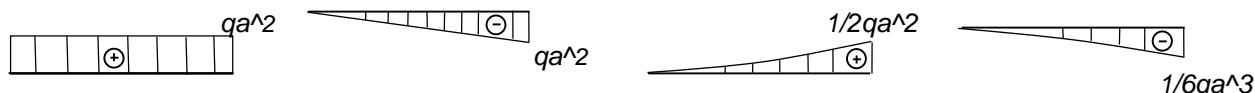


Рис. 9. Эпюры внутреннего силового фактора M_x

Таким образом осуществляется ориентировочная деятельность студентов [1] при построении некоторого спектра типовых эпюр. Из сравнения и сопоставления отдельных уравнений и элементов эпюр студенты имеют возможность самостоятельно или под руководством преподавателя установить закономерности построения эпюр ВСФ и применять изученные правила в новых условиях. А это уже является признаком продуктивного мышления.

XI шаг. Установим закономерность в характере построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов (рис. 10).

Обратим внимание студентов на то, что если взять производную от выражения изгибающего момента, то получим выражение для поперечной силы.

$$M_x = (qa^2)' = 0$$

$$M_x = (-qaz)' = -qa$$

$$M_x = (+1/2 qaz^2)' = qaz$$

$$M_x = (-1/6 qaz^2)' = 1/2 qaz$$

$$Q_y = 0$$

$$Q_y = -qa$$

$$Q_y = +qz$$

$$Q_y = -1/2 qz$$

Рис. 10. Производная от выражения изгибающего момента равна выражению поперечной силы

XII шаг. Установим закономерность между выражением поперечной силы и наличием (а также характером) распределенной нагрузки (см. рис. 11).

Первая производная от поперечной силы показывает, как на схеме задана распределенная нагрузка.

$$Q_y = 0$$

$$Q_y = (-qa)' = 0$$

$$Q_y = (+qz)' = q$$

$$Q_y = (-1/2 qz)'$$

$$Q = 0$$

$$q = 0$$

$$Q = \text{const}$$

$$Q = \text{линейный закон распределения}$$

Рис. 11. Производная от выражения поперечной силы и соответствующий ей характер распределенной нагрузки

Здесь мы организуем ориентировочную деятельность студентов по предварительному знакомству с эскизным построением эпюр внутренних усилий на основании дифференциальных зависимостей между изгибающим моментом, поперечной силой и распределенной нагрузкой.

Студенты делают вывод, что выражение изгибающего момента можно принять за некоторую функцию $f(z)$, поперечную силу – как ее первую производную, а распределенную нагрузку – как ее вторую производную. Тогда преподавателю нетрудно напомнить студентам о закономерности в определении экстремума функции $f(z^2)$ в зависимости от смены знака ее первой производной.

Как известно, при смене знака первой производной с плюса на минус (при рассмотрении ее слева направо) на графике функции находится максимум, и наоборот, при смене знака первой производной с минуса на плюс на графике функции находится минимум (рис. 12).

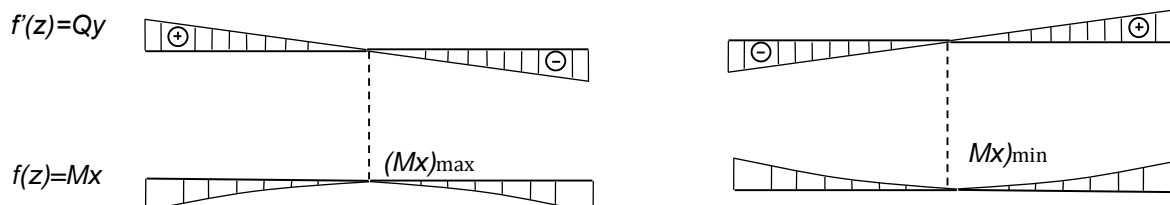


Рис. 12. Закономерность в определении экстремума функции $f(z^2)$ в зависимости от смены знака ее первой производной

При использовании такого подхода к организации ориентировочной деятельности студентов их исполнительная деятельность [2] при выполнении эскизного построения эпюр становится более осознанной и более эффективной.

Ссылки на источники

1. Гальперин П. Я., Котик Н. Р. К психологии творческого мышления // Вопросы психологии. – 1982. – № 5. – С. 80–84.
2. Там же.

Vladimir Veshutkin,

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the chair of Aero-hydrodynamics, Strength of Machines and Resistance of Materials, Nizhny Novgorod State Technical University after R.E. Alekseyev, Nizhny Novgorod

Vveshutkin@mail.ru

Tatyana Moiseeva,

Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor at the chair of Aero-hydrodynamics, Strength of Machines and Resistance of Materials, Nizhny Novgorod State Technical University after R.E. Alekseyev, Nizhny Novgorod

tvm.nntu@nextmail.ru

The indicative activity of students in the process of skills formation for charting during the course “Strength of materials”

Abstract. The paper presents an algorithm for indicative the activities of engineering students in the process of studying the course “Strength of materials” in the formation of skills of constructing diagrams of internal forces for deformation bending of structural elements.

Keywords: indicative activities, construction diagrams of internal forces, productive thinking.

References

1. Gal'perin, P. Ja. & Kotik, N. R. (1982) “K psihologii tvorcheskogo myshlenija”, *Voprosy psihologii*, № 5, pp. 80–84 (in Russian).
2. Ibid.

Рекомендовано к публикации:

Горевым П. М., кандидатом педагогических наук,
главным редактором журнала «Концепт»



www.e-koncept.ru

Поступила в редакцию <i>Received</i>	27.10.15	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	28.10.15
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	28.10.15	Опубликована <i>Published</i>	30.10.15

© Концепт, научно-методический электронный журнал, 2015

© Вешуткин В. Д., Моисеева Т. В., 2015