

### Заключение

В заключении следует выделить несколько основных моментов. Как и любое сложной конструкции сооружение, ЛЭП имеет свои существенные проблемы, однако в современном мире решения таких проблем не представляются особо сложными, выглядя при этом крайне увлекательно. Борьба с воздействием внешних факторов на линии электропередач является областью слияния многих наук, важное место в которых занимает механика.

### Литература

1. <https://vols.expert/useful-information/raschet-nagruzok-na-oporu/>
2. <https://locus.ru/about/library/vibraciya-i-plyaska-provodov-na-vozdushnyh-liniyah-elektroper/>
3. <https://ksosvet.ru/blog/raschet-opory-lehp-dokumenty-osobennosti-obshchaya-posledovatelnost/>
4. <https://www.osce.org/files/f/documents/8/d/293556.pdf>
5. <https://www.ruscable.ru/info/pue/2-4.html>

УДК 621.

### Влияние пружины податливости при расчете двутавровой балки на ударную нагрузку

Студент гр. 11006121 Махнач Н. А., студент гр. 11001122 Гончарова Е. А.

Научные руководители – старший преподаватель Гончарова С. В.,  
старший преподаватель Хвасько В. М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Расчеты конструкций на ударную нагрузку играют важную роль с практической точки зрения, однако они могут быть затруднены из-за сложности проведения экспериментов. Поэтому в практических расчетах пользуются приближенными методами, основанными на ряде упрощающих явление гипотез. Приближенные методы расчета, позволяют правильно оценить порядок перемещений, ударных нагрузок и напряжений [1].

**ЗАДАЧА.** На двутавровую балку №10, свободно лежащую на двух жестких опорах, с высотой  $h = 13$  см падает груз  $F = 1,1$  кН. Длина пролета  $l = 2,2$  м (рис. 1, а).

Требуется:

1. Найти наибольшее нормальное напряжение в балке, в точке удара, сравнив его с пределом текучести  $\sigma_T = 240$  МПа.

2. Решить эту задачу при условии, что одна из опор балки заменена пружиной с податливостью  $\alpha = 23$  мм/кН. Податливостью пружины, называют осадку пружины под действием силы  $F = 1$  Н.

3. Сравнить результаты при статическом и динамическом действии силы.

**РЕШЕНИЕ:**

1. По ГОСТ 8239-89 для двутавра №10  $I_x = 198$  см<sup>4</sup>;  $W_x = 39,7$  см<sup>3</sup>. Расчетная схема показана на рисунке 1, б.

Прогиб в месте удара при статическом действии силы  $F$  определили по способу Верещагина (рис. 1, в, г) [3].

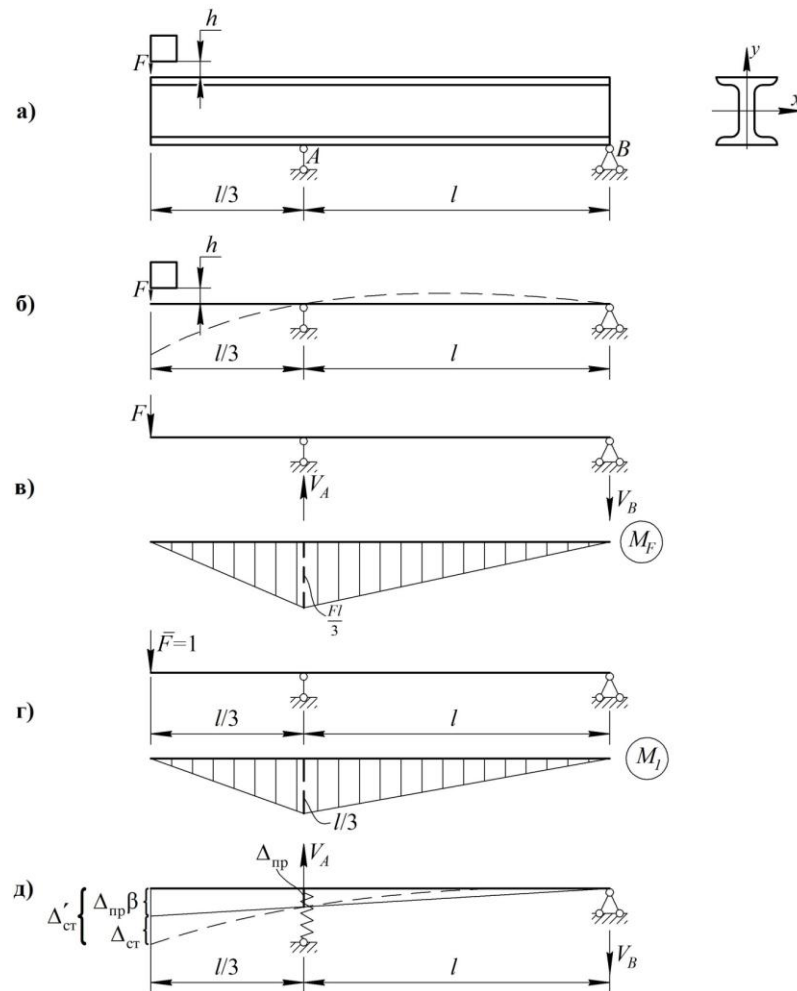


Рис. 1. Эпюры изгибающих моментов и прогиб при наличии пружины

$$\Delta_{\text{ст}} = \frac{1}{EI_x} \left( \frac{Fl}{3} \cdot \frac{l}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{l}{3} + \frac{Fl}{3} \cdot l \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{l}{3} \right) =$$

$$= \frac{1}{EI_x} \left( \frac{Fl^3}{81} + \frac{Fl^3}{27} \right) = \frac{4Fl^3}{81EI_x} = \frac{4 \cdot 1100 \cdot 2200^3}{81 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 198 \cdot 10^4} = 1,46 \text{ мм.}$$

Найдём по формуле приведенной ниже динамический коэффициент:

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{\text{ст}}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 130}{1,46}} = 14,38.$$

Из эпюры изгибающих моментов при статическом действии силы (рис. 1, в) следует, что  $M_{\text{max}} = Fl/3$ . Тогда статическое напряжение:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{Fl}{3W_x} = \frac{1100 \cdot 2200}{3 \cdot 39,7 \cdot 10^3} = \frac{110 \cdot 22}{119,1} = 20,32 \text{ МПа.}$$

Динамическое напряжение:

$$\sigma_d = \sigma_{\text{ст}} \cdot K_d = 20,32 \cdot 14,38 = 292,61 \text{ МПа.}$$

Таким образом, динамическое напряжение  $\sigma_d$  оказалось больше предела текучести  $\sigma_T$ . Этого можно избежать, уменьшив высоту падения груза  $h$ , его величину или увеличив размеры поперечного сечения балки.

2. При расчете пружины принимают между осадкой пружины  $\Delta_{\text{пр}}$  и силой  $F$  линейную зависимость:

$$\Delta_{\text{пр}} = F \cdot \alpha.$$

При наличии пружины статический прогиб балки в рассматриваемой точке будет:

$$\Delta'_{\text{ст}} = \Delta_{\text{ст}} + \beta \Delta_{\text{пр}}.$$

где,  $\Delta_{\text{ст}}$  – статический прогиб балки, лежащей на жестких опорах, в том сечении, где приложена сила  $F$ ;

$\Delta_{\text{пр}}$  – осадка пружины от реакции опоры  $A$ , возникающей от внешней силы  $F$ ;

$\beta$  – коэффициент, устанавливающий зависимость между осадкой пружины и перемещением точки приложения силы  $F$ , вызванным поворотом всей балки вокруг опоры как жесткого целого.

(Коэффициент  $\beta$  находится из подобия треугольников) (рис. 1, д).

Находим величину реакций заданной балки при статическом действии силы  $F$ :

$$\sum M_A = -F \frac{l}{3} + V_B \cdot l = 0, V_B = \frac{F}{3} = \frac{1100}{3} = 366,6 \text{ Н} = 0,37 \text{ кН};$$

$$\sum M_B = -F \left( \frac{l}{3} + l \right) + V_A \cdot l = 0, V_A = \frac{4}{3} \cdot F = \frac{4 \cdot 1100}{3} = 1466,6 \text{ Н} = 1,47 \text{ кН}.$$

Пружину нужно ставить на опоре  $A$ , так как величина реакции на этой опоре больше и, следовательно, больше осадка пружины.

Осадка пружины:

$$\Delta_{\text{пр}} = V_A \cdot \alpha = \frac{4}{3} \cdot F \cdot \alpha = \frac{4}{3} \cdot 1,1 \cdot 23 = 33,73 \text{ мм}.$$

Коэффициент  $\beta$ :

$$\frac{\Delta_{\text{пр}} \cdot \beta}{(l/3 + l)} = \frac{\Delta_{\text{пр}}}{l}; \beta l = \frac{4}{3} l; \beta = \frac{4}{3}.$$

Статический прогиб:

$$\Delta'_{\text{ст}} = \Delta_{\text{ст}} + \Delta_{\text{пр}} \beta = 1,46 + 33,73 \cdot \frac{4}{3} = 46,44 \text{ мм}.$$

Динамический коэффициент:

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{\text{ст}}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 130}{46,44}} = 3,57.$$

Максимальное динамическое напряжение:

$$\sigma_d = \sigma_{\text{ст}} \cdot K_d = 20,32 \cdot 3,57 = 72,54 \text{ МПа}.$$

3. Полученные результаты сведем в таблицу 1.

Таблица 1

Виды нагрузок	Наибольшее нормальное напряжение, МПа
Статическая	20,32
Динамическая без пружины	292,61
Динамическая при наличии пружины	72,54

### Вывод

Из таблицы видно, что:

1. Динамические нагрузки значительно опаснее статических.
2. Чтобы уменьшить напряжения при ударе, необходимо одну из опор делать менее жесткой путём установки на ней пружины.

## Литература

1. Сопротивление материалов: учебник / М. Д. Подскребко. – Минск: Выш. Шк., 2007. – 797 с.
2. Решение динамических задач с учетом сил инерции и ударной нагрузки: пособие для студентов специальностей 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства», 1-55 01 01 «Интеллектуальные приборы, машины и производства», 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника» / Ю. В. Василевич [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Теоретическая механика и механика материалов». – Минск : БНТУ, 2021. – 74 с.
3. Гончарова, С. В. Механика материалов. Расчет статически неопределимых балок [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Гончарова, В. М. Хвасько ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Теоретическая механика и механика материалов". – Минск : БНТУ, 2019.
4. Махнач, Н. А. Расчет на удар статически неопределимого стержня с ломаной осью / Н. А. Махнач, Е. А. Гончарова ; науч. рук. С. В. Гончарова // НИРС МСФ-2024 [Электронный ресурс] : сборник материалов 80-й студенческой научно-технической конференции БНТУ: секции «Теоретическая механика», «Механика материалов и конструкций», 3 мая 2024 г. / редкол.: А. В. Савицкая [и др.]; сост.: А. В. Савицкая, Т. Н. Микулик. – Минск : БНТУ, 2024. – С. 64-68

УДК 621.833.6

### **Простые замкнутые дифференциалы**

Магистрант Долгий С.А.

Научный руководитель – доцент Протасеня О. Н.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Простые замкнутые дифференциалы находятся на вершине классификационной цепочки планетарных передач, так как обладают наибольшей сложностью в теоретическом и конструктивном аспектах.

На современных транспортных машинах широко применяют двухпоточные передачи. Передача энергии от входного вала к выходному двумя потоками с различной степенью трансформации момента в каждом из них позволяет создавать более совершенные технические устройства.