

## СНИЖЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНСТРУКЦИИ ПРИ УДАРЕ УСТАНОВКОЙ БУФЕРНОГО ГРУЗА

Студент – Николаенко И.Д., 32 тс, 2 курс, ФТС

Научный руководитель – Мисуню О.И., к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Ударной называется нагрузка, при которой происходит резкое изменение скоростей соприкоснувшихся тел за очень малый промежуток времени.

При ударе возникают большие ударные нагрузки, чаще всего превосходящие соответствующие статические нагрузки. Динамические задачи при ударе можно решать как статические, умножая конечный результат на динамический коэффициент  $K_d$ , который показывает, во сколько раз перемещение при ударе больше перемещения, возникающего при статическом приложении нагрузки. Соответственно, прикладываемая к конструкции динамическая сила  $F_d$  и возникающие динамические перемещения  $\Delta_d$  и напряжения  $\sigma_d$  при ударной нагрузке определяются по формулам:

$$F_d = F K_d; \quad (1)$$

$$\Delta_d = \Delta_{ст} K_d; \quad (2)$$

$$\sigma_d = \sigma_{ст} K_d, \quad (3)$$

где  $F$ ,  $\Delta_{ст}$ ,  $\sigma_{ст}$  – статические, соответственно, сила, перемещение, напряжение.

Если груз падает на конструкцию с высоты  $h$  (рисунок 1, а), причем его скорость в начальный момент времени равна нулю, то выражение для нахождения динамического коэффициента будет иметь вид:

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{ст} \left(1 + \eta \frac{Q}{F}\right)}}, \quad (4)$$

где  $\Delta_{ст}$  – перемещение в месте удара по направлению удара,

вызванное статическим действием силы тяжести ударяющего груза, приложенной в направлении удара (рисунок 1, б);

$\eta$  – коэффициент приведения массы ударяемой конструкции к точке удара;

$Q$  – сила тяжести конструкции (ударяемого тела).

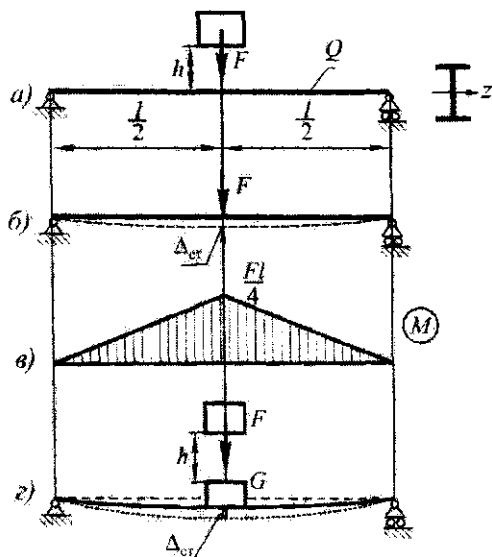


Рисунок 1 – Расчетные схемы конструкции, испытывающей удар

Наибольшие нормальные напряжения в балке, возникающие при ударе, определим по формуле:

$$\sigma_{\max \text{ д}} = \sigma_{\max \text{ ст}} K_{\text{д}}. \quad (5)$$

Балка испытывает изгибающий удар. Наибольшие нормальные напряжения, возникающие в балке при статическом нагружении грузом  $F$  (рисунок 1, а) определяются по формуле:

$$\sigma_{\max \text{ ст}} = \frac{M_{\max}}{W_z} = \frac{Fl}{4W_z}. \quad (6)$$

Для нахождения максимального изгибающего момента строим эпюру  $M$  (рисунок 1, в), из которой принимаем  $M_{\max} = \frac{Fl}{4}$ . Тогда

$$\sigma_{\max \text{ ст}} = \frac{Fl}{4W_z}. \quad (7)$$

При вертикальном ударе, возникающие в конструкции напряжения возрастают во много раз (как минимум в 2 раза) по сравнению со статическим действием силы тяжести ударяющего груза. Одним из путей снижения отрицательного действия ударной нагрузки на конструкцию т.е. для уменьшения динамического коэффициента, как видно из формулы (4), является увеличение выражения в знаменателе в скобках  $\left(1 + \eta \frac{Q}{F}\right)$ . Наиболее простым в реализации этого подхода на практике является установка на конструкцию в месте удара дополнительного груза весом  $G$ , так называемого буферного груза. Тогда выражение (4) примет вид

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{\text{ст}} \left(1 + \frac{\eta Q + G}{F}\right)}}. \quad (8)$$

Установим зависимость максимальных нормальных напряжений возникающих в балке (рисунок 1, з) при ударе от величины буферного груза  $G$ . Используя способ Верещагина определяется для заданной балки перемещение

$$\Delta_{\text{ст}} = \frac{Fl^3}{48EI_z}, \quad (9)$$

где  $E$  – модуль упругости материала балки;

$I_z$  – осевой момент инерции сечения.

Тогда получим

$$\sigma_{\max \text{ д}} = \frac{Fl}{4W_z} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{96EI_z h}{l^3 (F + \eta Q + G)}}\right). \quad (10)$$

Но буферный груз  $G$ , приложенный статически к балке, вызывает также нормальные напряжения. В результате удара грузом  $F$  и нагружением буферным грузом  $G$  в балке будут возникать наибольшие нормальные напряжения равные

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\max д(F)} + \sigma_{\max ст(G)}; \quad (11)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{Fl}{4W_z} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{96EI_z h}{l^3(F + \eta Q + G)}} \right) + \frac{Gl}{4W_z}. \quad (12)$$

Исследуем уравнение (12) с целью определения величины буферного груза  $G$ , при котором в балке будут возникать наименьшие нормальные напряжения. Для этого построим графические зависимости нормальных напряжений от отношения веса буферного груза  $G$  к весу ударяющего груза  $F$  при заданной высоте падения  $h$  (рисунок 2) используя данные:  $l = 3$  м; балка – стальной двутавр № 24;  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;  $W_z = 289 \cdot 10^3$  мм<sup>3</sup>;  $I_z = 3460 \cdot 10^4$  мм<sup>4</sup>;  $q = 273$  Н/м;  $\eta = 17/35$ ;  $F = 5000$  Н.

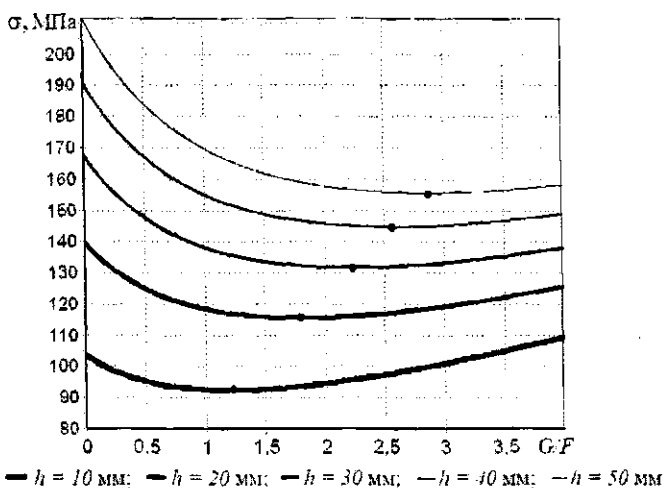


Рисунок 2 – Зависимости нормальных напряжений в балке от отношения веса буферного груза к весу ударяющего груза

Как видно из рисунка 2, кривые представляющие  $\sigma_{\max} = f(G/F)$  имеют минимум, который достигается при определенном оптимальном значении веса буферного груза  $G_{\text{опт}}$ . Причем при увеличении высоты  $h$  падения груза  $F$  (значит скорости в момент удара  $v = \sqrt{2gh}$ ) величина  $G_{\text{опт}}$  смещается в сторону больших значений. Так при скорости в момент удара

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 1 \text{ м/с}$$

наибольшие нормальные напряжения в балке при установке буферного груза  $G_{\text{онт}} = 2,75 \cdot 5000 = 13750 \text{ Н}$  снижаются с 212 МПа до 156 МПа или на 26,4 %.

Таким образом, снизить отрицательное воздействие на конструкцию ударной нагрузки, т.е. снизить возникающие нормальные напряжения – значит повысить прочность можно за счет установки в месте удара буферного груза весом  $G_{\text{онт}}$ .

УДК 62:001.895 (075.8) ББК 30уя7

## ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ЭЛЕВАТОР ДЛЯ КУСКОВЫХ ГРУЗОВ

*Студенты – Позняк М.В., 20 мо, 2 курс, ФТС;*

*Грабун М.В., 11 тт, 3 курс, АМФ*

*Научный руководитель – Агейчик В.А., к.т.н., доцент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Задача, которую решает устройство, заключается в снижении энергоемкости технологического процесса транспортирования кусковых грузов. Вертикальный элеватор для кускового груза содержит замкнутый в вертикальной плоскости на приводной 1 и натяжной 2 звездочках гибкий тягово-несущий контур с образованием грузонесущей и нерабочей ветвей, состоящий из двух пластинчатых цепей 3 и 4 с консольно прикрепленными к ним под углом с одинаковым шагом посредством двух щек 5 и 6 полками 7. Полки 7 установлены с возможностью размещения на них транспортируемого груза 8.

Каждая полка 7 выполнена с отогнутой по нормали к плоскости цепей 3 и 4 кромкой 9, которая является внутренней примыкающей к двум пластинчатым цепям 3 и 4 горизонтальной стороной каждой полки, а с нерабочей стороны полки 7 снабжены ребрами жесткости 10. Гибкий тягово-несущий контур размещен в кожухе, состоящем из передней 11, задней 12 и боковых 13 и 14 стенок. На грузонесущей ветви цепи 3 и 4 с прикрепленными к ним полками 7