

совместная работа с ОАО «ОИЗ» и ОАО «МЗШ» в области производства оснастки и металлообрабатывающего инструмента также позволяет снизить затраты за счет применения трансфертных цен на потребляемые ресурсы (в себестоимости готовой продукции затраты холдинга на инструмент и оснастку занимают до 10%), рационально перераспределить производственную программу между участниками холдинга, поддерживать общую производственную политику, создать дополнительные производственные мощности под освоение новой продукции, расширить номенклатуру производимой продукции и выйти на новые рынки сбыта, уменьшить зависимость от сторонних поставщиков инструмента и оснастки.

Список использованных источников

1. Холдинг «МТЗ-холдинг» [Электронный ресурс] <http://www.belarus-tractor.com/company/> Дата доступа: 01.05.2021.
2. Минский завод шестерен [Электронный ресурс] <https://mgw.by/> Дата доступа: 01.05.2021.
3. ОАО «Оршанский инструментальный завод» [Электронный ресурс] <https://orshiz.by/> Дата доступа: 01.05.2021.
4. Информационный меморандум. ОАО «ОИЗ» [Электронный ресурс] <http://www.gki.gov.by/> Дата доступа: 01.05.2021.
5. Анализ рынка инструментов и оснастки [Электронный ресурс] <https://drgroup.ru/1363-Analiz-rynka-instrumenta-i-osnastki-dlya-metalloobrabatvyvayushego-oborudovaniya-v-Rossii.html/> Дата доступа: 01.05.2021.

УДК 620.173.262

ОЦЕНКА КРИТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ПОТЕРЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЖАТОГО СТЕРЖНЯ БОЛЬШОЙ ГИБКОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

*Студенты – Тесленко А.Ю., 24 мо, 2 курс, ФТС;
Глаз Е.Ю., 24 мо, 2 курс, ФТС*

*Научные
руководители – Основин В.Н., к.т.н., доцент;
Сергеев К.Л., ст. преподаватель;
Драгун С.Н., ст. преподаватель*

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

Аннотация. В статье представлено описание конструкции установки для оценки критической нагрузки при потере устойчивости сжатого стержня большой гибкости при различных способах закрепления.

Показана методика определения коэффициента приведения длины и критической нагрузки при потере устойчивости опытным путем.

Ключевые слова: экспериментальная установка, критическая нагрузка, устойчивость, коэффициент приведения длины, способ закрепления.

В конструкциях и сооружениях большое применение находят детали, являющиеся относительно длинными и тонкими стержнями, у которых один или два размера поперечного сечения малы по сравнению с длиной стержня [1, 2]. Поведение таких стержней под действием осевой сжимающей нагрузки оказывается принципиально иным, чем при сжатии коротких стержней. Анализ причин происшедших в XIX веке катастроф с железнодорожными мостами показал, что большинство случаев разрушения конструкций было связано выходом из строя сжатых стержней вследствие потери устойчивости и потребовал от инженеров умения рассчитывать длинные сжатые стержни. Следовательно изучению данной темы следует уделить особое внимание. Будущий инженер обязан знать причины вызывающие потерю устойчивости сжатых стержней и методику определения критической силы. И в этом может помочь созданная для этого экспериментальная установка, которая позволяет экспериментально определить критическую нагрузку при потере устойчивости сжатого стержня большой гибкости при различных способах закрепления.

Опыт показывает, что при достижении сжимающей силы F некоторой критической величины равной $F_{кр}$, прямолинейная форма равновесия длинного стержня оказывается неустойчивой, и при превышении $F_{кр}$ стержень начинает интенсивно искривляться. Таким образом, нагрузка, превышение которой вызывает потерю устойчивости первоначальной формы (положения) стержня называется критической силой $F_{кр}$.

Формула Эйлера для определения критической силы сжатого стержня в пределах пропорциональности имеет вид:

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 E I_{\min}}{(\mu l)^2}, \quad (1)$$

где E – модуль Юнга или модуль продольной упругости материала стержня;

I_{\min} – минимальный момент инерции поперечного сечения стержня;

l – длина стержня;

μ – коэффициент приведения длины, величина которого зависит от способов закрепления концов стержня (показывает во сколько раз необходимо изменить длину шарнирно закрепленного по концам стержня, чтобы его критическая сила была равна критической силе стержня при заданном способе закрепления и нагружения).

Формула Эйлера применима, когда критические напряжения в стержне $\sigma_{кр}$ не превышают предела пропорциональности $\sigma_{п}$, т.е.:

$$\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \leq \sigma_{п}. \quad (2)$$

Отсюда наименьшая гибкость стержня, при которой еще применима формула Эйлера, называется предельной гибкостью и определяется по формуле:

$$\lambda_{пред} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{п}}}. \quad (3)$$

Тогда формула Эйлера применима к расчету стержней, для которых гибкость больше или равна предельной гибкости $\lambda \geq \lambda_{пред}$. Такие стержни называются стержнями большой гибкости.

Установка для определения критической силы (рис.) представляет собой жесткую раму 1, на которой имеются два кронштейна 2, поддерживающие стержень большой гибкости 3. На верхнем кронштейне имеется винт 4 для создания деформации стержня. В нижнем кронштейне вмонтирован весовой датчик 5 для измерения силы реакции стержня большой гибкости. На кронштейнах установлены стопорные винты 6, с помощью которых можно изменять способ фиксации стержня. При отпущенных стопорных винтах стержень фиксируется шарнирно, при зажатых – с жестким защемлением. На раме в средней части стержня посредством штативов 7 закреплены индикаторы часового типа 8, измеряющие прогиб стержня. Для отображения показаний весового датчика служит измерительный прибор 9.

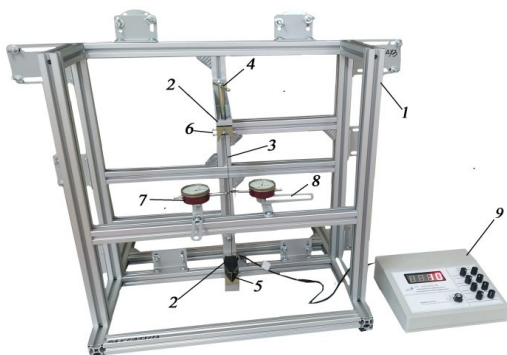


Рисунок – Экспериментальная установка для определения критической силы для сжатого стержня большой гибкости

Приведенная ниже методика позволяет определить критическую силу при потере устойчивости сжатых стержней опытным путем.

1. Замерить длину l стержня с точностью до 1 мм и размеры поперечного сечения (ширина b и высота h) с точностью до 0,1 мм.

2. Обеспечить шарнирное закрепление стержня по концам. Для этого отпускаются стопорные винты на верхнем и нижнем кронштейнах (способ закрепления – «оба конца шарнирно закреплены»).

3. Закрепить индикаторы часового типа в штативы, обеспечивая предварительный натяг, чтобы они могли измерить прогиб стержня в любую сторону. Стрелки индикаторов установить на ноль.

4. Включить измерительный прибор.

5. Вращая винт фиксировать показания измерительного прибора через каждые 90 градусов поворота винта. Убедиться, что стержень потерял устойчивость и достигнута критическая сила. Для этого нужно отклонить стержень легким нажатием руки посередине его пролета в другую сторону от вертикали и убрать руку. Если после снятия этого воздействия стержень не возвращается в исходное положение, то это значит, что потеряна устойчивость и достигнута критическая сила.

Для получения способа закрепления – «один конец жестко зашцеplen, другой – шарнирно закреплен» зашцеплить нижний конец стержня зажав его стопорными винтами на нижнем кронштейне, не изменяя при этом размеры стержня. Для получения способа закрепления – «оба конца зашцеплены» зашцеплить оба конца стержня зажав его стопорными винтами на обоих кронштейнах, не изменяя при этом размеры стержня.

На величину критической силы сжатого стержня большой гибкости также существенное влияние оказывает коэффициент приведения длины. Для его определения опытным путем используются значения критической силы при различных способах закрепления концов стержня полученные на экспериментальной установке. Критические силы для одного и того же стержня с шарнирно закрепленными концами и с другими способами закрепления концов определяются соответственно по формулам:

$$F_{кpo} = \frac{\pi^2 E I_{\min}}{(\mu_o l)^2}; \quad (4)$$

$$F_{кpi} = \frac{\pi^2 E I_{\min}}{(\mu_i l)^2}. \quad (5)$$

Разделив (4) на (5) получим:

$$\frac{F_{ко}}{F_{ки}} = \frac{\mu_i^2}{\mu_o^2}. \quad (6)$$

Подставляя в (6) $\mu_0 = 1$, получим формулу для определения коэффициента приведения длины стержня большой гибкости при других способах закрепления концов

$$\mu_i = \sqrt{\frac{F_{кpo}}{F_{кpi}}} . \quad (7)$$

В дальнейшем проводим сравнение экспериментальных значений критических сил, коэффициентов приведения длины стержня с их теоретическими значениями, оцениваем расхождения и их причины.

Очевидно, что полученный результат по оценке критической силы и коэффициента приведения длины возможен лишь в случае достаточной проработки студентом теоретического материала по лекциям и учебной литературе, а также приобретения навыков решения задач на практических занятиях.

Список использованных источников

1. Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов : учебник / М.Д. Подскребко. – Минск : Вышэйшая школа, 2007. – 797 с.
2. Механика материалов. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / сост.: О. И. Мисуно, Д. Н. Колоско. – Минск : БГАТУ, 2019. – 108 с.

УДК 531.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКЦИЙ ОПОРНЫХ УСТРОЙСТВ

*Студенты – Матусевич А.В., 8 от, 2 курс, ИТФ;
Макуцкий П.А., 24 мо, 2 курс, ФТС;
Зыков Н.Д., 24 мо, 2 курс, ФТС*

*Научные
руководители – Основин В.Н., к.т.н., доцент;
Сергеев К.Л., ст. преподаватель;
Драгун С.Н., ст. преподаватель*

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

Аннотация. В статье представлено описание конструкции установки для определения величины реакций опорных устройств. Показана методика определения величины опорных реакций опытным путем.

Ключевые слова: экспериментальная установка, опорная реакция, балка, шарнир, сосредоточенная сила, пара сил, распределенная нагрузка.