**27.03.2020г.**

**Специальность: 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта**

**Курс: 2, группа(ы) ТМ-189-3**

**Дисциплина (МДК) Техническая механика**

**ФИО преподавателя Исаева Г.В.**

**Тема 2.11 Устойчивость сжатых стержней.**

Содержание учебного материала.

При сжатии длинных [стержней](https://isopromat.ru/glossary/sterzhen) их продольная ось искривляется. Такой вид [деформации](https://isopromat.ru/glossary/deformacii) называется [продольным изгибом](https://isopromat.ru/sopromat/obzornyj-kurs-teorii/ustojcivost-prodolnyj-izgib).

Прямолинейный центрально сжатый стержень при определенной нагрузке (силе F) может оказаться в опасном (критическом) состоянии, при котором форма продольной оси стержня будет неустойчива.

В этом случае сколь угодно малые случайные воздействия могут вызвать большие отклонения от его первоначальной формы, вследствие чего стержень после устранения возмущений (снятия [внешних нагрузок](https://isopromat.ru/sopromat/obzornyj-kurs-teorii/vneshnie-nagruzki)) останется в изогнутом состоянии.



Такое состояние называют потерей устойчивости прямолинейной формы стержня.

**Нагрузка, при которой прямолинейная форма перестает быть формой устойчивого равновесия называется критической (Fкр).**

Таким образом, исследование устойчивости стержня заключается в определении величины критической сжимающей силы Fкр.

Для обеспечения устойчивости допускаются нагрузки, составляющие лишь определенную часть от критических и называемые допустимыми силами [F]у.



здесь, nу – коэффициент запаса устойчивости, зависит от материала стержня.

Рекомендуемые значения коэффициента устойчивости находятся в пределах:

* для стальных стоек nу=1,5…3;
* для деревянных nу=2,5…3,5;
* для чугунных nу=4,5…5,5.

Поперечные сечения сжатых стержней должны назначаться не из [условия прочности](https://isopromat.ru/sopromat/teoria/uslovie-prochnosti) от чистого сжатия, а из условия того, чтобы сжимающие [напряжения](https://isopromat.ru/glossary/napryazhenie) были меньше критических напряжений:



где A – площадь поперечного сечения стержня.

Критическая сила определяется по [формуле Эйлера](https://isopromat.ru/sopromat/formula/dla-raschetov-na-ustojchivost).



Коэффициент приведения длины



где n — количество полуволн, образуемых изогнутой осью стержня.

Гибкость стержня



Радиус инерции стержня



Ix- **минимальный** осевой момент инерции:

1. для прямоугольника

Здесь:
b — ширина сечения; h — высота сечения.

1. Для круга
Здесь:
d — диаметр круга;
r — радиус сечения.
2. Для прокатных профилей принимается по таблице.

Пределы применяемости формулы Эйлера.

λ$ >$ 100 применяется формула Эйлера

$ 50< $λ$ <$100 формула Ф.Ясинского 

 a и b –коэффициенты зависящие от свойств материала, принимаются по таблице (например, для стали 40: a=321 МПа, b=1,16 МПа)

 λ$ < $50 расчет на устойчивость не производят

**Порядок выполнения расчета на устойчивость**

1.Определяем площадь поперечного сечения стержня -А.

2.Определяет минимальный осевой момент инерции- Jmin

3. Определяем минимальный радиус ****

где А — площадь сечения; Jmin— минимальный момент инерции (из осевых);

4.Определяем гибкость стержня ****

*μ*— коэффициент приведенной длины.

5. Выбор расчетных формул для определения критической силы и критического напряжения.

6. Проверка и обеспечение устойчивости.

При расчете по формуле Эйлера условие устойчивости:



*F* — действующая сжимающая сила; [sу] — допускаемый коэффици­ент запаса устойчивости.

При расчете по формуле Ясинского 

где *a, b* — расчетные коэффициенты, зависящие от материала 

В случае невыполнения условий устойчивости необходимо уве­личить площадь поперечного сечения.

7.Иногда необходимо определить запас устойчивости при задан­ном нагружении:



При проверке устойчивости сравнивают расчетный запас вынос­ливости с допускаемым:



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Пример 1.** *Расчет допускаемой нагрузки.* Определить величину допускаемой сжимающей нагрузки для стойки с шарнирным закреплением концов и прямоугольной формой поперечного сечения . Длина стойки L=2м. Материал стойки Ст.3 с допускаемым напряжением на сжатие https://poznayka.org/baza1/1089404027207.files/image1290.png и запасом устойчивости sу=2. Коэффициент приведения длины для данного спооба крепления стержня https://poznayka.org/baza1/1089404027207.files/image1297.png

|  |
| --- |
|  |

https://poznayka.org/baza1/1089404027207.files/image1293.png*Решение*Данные задачи рекомендуется проводить в такой последовательности:1. Определим площадь поперечного сечения стойки:https://poznayka.org/baza1/1089404027207.files/image1294.png2. Рассчитаем величину минимального момента инерции сечения стойки https://poznayka.org/baza1/1089404027207.files/image1295.png3. Вычислим минимальный радиус поперечного сечения по формуле :https://poznayka.org/baza1/1089404027207.files/image1296.png4. Найдем гибкость стойки https://poznayka.org/baza1/1089404027207.files/image1298.pngТак как гибкость стойки больше 100, то критическую силу можно рас- считать по формуле Эйлера : FКРhttps://poznayka.org/baza1/1089404027207.files/image1300.png Е= 2$∙$105МПа =2$∙$105 Н/мм2= 2$∙$104 кН/см2 5. Величину допускаемой сжимающей нагрузки для стойки можно получить, разделив значения критической силы на заданный коэффициент запаса устойчивости: $\left[F\right]$=$\frac{F\_{кр}}{s\_{у}} \frac{1065}{2}=532,$5 кН**Пример 2.** Проверить устойчивость стержня. Стержень длиной 1 м защемлен одним концом, сечение — швеллер № 16, материал — СтЗ, запас устойчивости трехкратный. Стержень нагружен сжима­ющей силой 82 кН. Коэффициент приведения длины для данного спооба крепления стержня $µ$ =2,0http://konspekta.net/zdamsamru/baza1/76385031403.files/image1952.jpg

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

**Решение** 1. Определяем основные геометрические пара­метры сечения стержня по ГОСТ 8240-89. Швеллер № 16: площадь сечения 18,1см2; минимальный осевой момент сечения 63,3 см4; мини­мальный радиус инерции сечения i = 1,87см.2. Определяем категорию стержня в зависимости от гибкости.Предельная гибкость для материала СтЗ λпред = 100.Расчетная гибкость стержня при длине *l =*1м = 1000мм*http://konspekta.net/zdamsamru/baza1/76385031403.files/image1954.jpg*Рассчитываемый стержень — стержень большой гибкости, рас­чет ведем по формуле Эйлера.http://konspekta.net/zdamsamru/baza1/76385031403.files/image1956.jpg3. Допускаемая нагрузка на стерженьhttp://konspekta.net/zdamsamru/baza1/76385031403.files/image1958.jpghttp://konspekta.net/zdamsamru/baza1/76385031403.files/image1960.jpg4. Условие устойчивостиhttp://konspekta.net/zdamsamru/baza1/76385031403.files/image1962.jpg82кН < 105,5кН. Устойчивость стержня обеспечена.**Задание для выполнения.****Пример 2.** Проверить устойчивость стержня. Стержень длиной 2 м защемлен одним концом, сечение — швеллер № 8, материал — СтЗ, запас устойчивости трехкратный. Стержень нагружен сжима­ющей силой 40 кН. Коэффициент приведения длины для данного спооба крепления стержня $µ$=0,7 https://poznayka.org/baza1/230917174564.files/image618.jpg

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер балки | *h* | *b* | *d* | *t* | *R* | *r* | Площадь сечения, *A* | Справочные величины для осей |
| *х-х* | *у-у* | *z*0 |
| *J*x | *W*x | *J*y | *W*y |
| мм | см2 | см4 | см3 | см4 | см3 | см |
| 8 | 80 | 40 | 4,5 | 7,4 | 6,5 | 2,5 | 8,98 | 89,4 | 22,4 | 12,8 | 4,75 | 1,31 |
| 10 | 100 | 46 | 4,5 | 7,6 | 7 | 3 | 10,9 | 174 | 34,8 | 20,4 | 6,46 | 1,44 |
| 12 | 120 | 52 | 4,8 | 7,8 | 7,5 | 3,0 | 13,3 | 304 | 50,6 | 31,2 | 8,52 | 1,54 |
| 14 | 140 | 58 | 4,9 | 8,1 | 8,0 | 3,0 | 15,6 | 491 | 70,2 | 45,4 | 11,0 | 1,67 |
| 16 | 160 | 64 | 5,0 | 8,4 | 8,5 | 3,5 | 18,1 | 547 | 93,4 | 63,3 | 13,8 | 1,80 |
| 18 | 180 | 70 | 5,1 | 8,7 | 9,0 | 3,5 | 20,7 | 1090 | 121 | 86,0 | 17,0 | 1,94 |
| 20 | 200 | 76 | 5,2 | 9,0 | 9,5 | 4,0 | 23,4 | 1520 | 152 | 113 | 20,5 | 2,07 |
| 22 | 220 | 82 | 5,4 | 9,5 | 10,0 | 4,0 | 26,7 | 2110 | 192 | 151 | 25,1 | 2,21 |
| 24 | 240 | 90 | 5,6 | 10,0 | 10,5 | 4,0 | 30,6 | 2900 | 242 | 208 | 31,6 | 2,42 |
| 27 | 270 | 95 | 6,0 | 10,5 | 11,0 | 4,5 | 35,2 | 4160 | 308 | 262 | 37,3 | 2,47 |
| 30 | 300 | 100 | 6,5 | 11,0 | 12,0 | 5,0 | 40,5 | 5810 | 387 | 327 | 43,6 | 2,52 |
| 33 | 330 | 105 | 7,0 | 11,7 | 13,0 | 5,0 | 46,5 | 7980 | 484 | 410 | 51,8 | 2,59 |
| 36 | 360 | 110 | 7,5 | 12,6 | 14 | 6,0 | 53,4 | 10820 | 601 | 513 | 61,7 | 2,68 |

 |
| ***Примечание****:**Решения сдать в электронном формате до 30.03.2020г. на электронную почту galinakzn@gmail.com* ***На выполненной работе не забывайте указывать фамилию и группу.***

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

 |
|  |