

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ЗВЕНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСТЯГИВАЮЩЕГО УСИЛИЯ

*Студент – Клецик А.В., 37 тс, 2 курс, ФТС
Научный*

*руководитель – Мисуно О.И., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В статье получено условие прочности тензометрического звена в виде замкнутого кольца, позволяющее определять его размеры в зависимости от величины измеряемого растягивающего усилия, радиуса внутреннего отверстия, толщины и материала.

Ключевые слова: измерение, усилие, тензометрическое звено, прочность.

При определении энергетических показателей почвообрабатывающих машин и агрегатов возникает необходимость в измерении их тягового сопротивления. Для этого используют специальные навески, в которых в качестве датчика усилия предлагается оригинальное тензометрическое звено в виде замкнутого кольца (рисунок 1). На внутренней поверхности кольца наклеиваются четыре тензодатчика. Возникает необходимость в определении рациональных размеров тензометрического звена, при которых будет обеспечена его прочность и наибольшая чувствительность всей измерительной системы.



Рисунок 1 – Тензометрическое звено

Тензометрическое звено представляет собой статически неопределимую конструкцию.

Для выполнения расчетов по определению размеров тензометрического звена, необходимо знать все внутренние силовые факторы, возникающие в любом поперечном сечении, а значит нужно раскрыть статическую неопределимость. Для этого применим широко

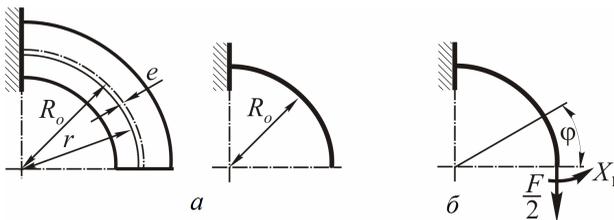
распространенный метод сил. Рассматриваемое звено является симметричной системой, которой называется симметричная конструкция с симметричной нагрузкой. Основную систему для симметричных статически неопределимых систем рациональнее всего выбирать так, чтобы симметрия сохранялась. Условия симметрии принятой рамы относительно вертикальной и горизонтальной оси позволяют для расчета в качестве основной

системы принять одну ее четверть (рисунок 2, а). Строим эквивалентную систему (рисунок 2, б). Тогда в качестве неизвестных сил будут выступать внутренние силовые факторы (поперечная сила Q , продольная сила N , изгибающий момент M), действующие в поперечном сечении, совпадающем с секущей плоскостью. Вследствие симметрии поперечная сила $Q = 0$, а продольная сила $N = F / 2$. В этом случае неизвестным будем только M . Неизвестный момент, обозначаемый через X_1 определим из канонического уравнения метода сил:

$$\delta_{11} X_1 + \Delta_{1F} = 0, \quad (1)$$

где δ_{11} – перемещение в основной системе по направлению первой отброшенной связи вызванное действием $X_1 = 1$;

Δ_{1F} – перемещение в основной системе по направлению первой отброшенной связи вызванное действием внешних сил.



а – основная система; б – эквивалентная система

Рисунок 2 – Расчетные схемы кольца

Для определения названных перемещений воспользуемся интегралами Максвелла–Мора для плоских брусьев большой кривизны [1]:

$$\Delta = \sum_s \int \frac{M_F M_1}{E A e R_o} dS + \sum_s \int \frac{N_F N_1}{E A} dS + \sum_s \int \frac{(M_F N_1 + N_F M_1)}{E A R_o} dS + \sum_s \int \frac{Q_F Q_1}{G A} k_y dS, \quad (2)$$

где M_F, N_F, Q_F – уравнения внутренних силовых факторов от внешней нагрузки;

M_1, N_1, Q_1 – уравнения внутренних силовых факторов от единичной нагрузки;

E, G – модуль, соответственно, упругости и сдвига материала;

A – площадь поперечного сечения кольца;

e – смещение нейтральной оси от центра тяжести сечения;

R_o – радиус кривизны оси бруса;

S – длина дуги;

k_y – коэффициент неравномерности распределения касательных напряжений по высоте сечения.

Проводим сечение под углом φ (рисунок 2, б) и запишем уравнения внутренних силовых факторов от действия силы $N=F/2$:

$$M_F = -\frac{FR}{2}(1 - \cos \varphi); \quad N_F = \frac{F}{2} \cos \varphi; \quad Q_F = \frac{F}{2} \sin \varphi.$$

В направлении искомого перемещения прикладываем единичный безразмерный момент и в сечении под углом φ будут действовать: $M_1 = 1$; $N_1 = 0$; $Q_1 = 0$.

Подставляя полученные выражения $M_F, N_F, Q_F, M_1, N_1, Q_1$ в формулу перемещений (2) и, учитывая, что $dS = R_o d\varphi$ получим

$$\begin{aligned} \Delta_{1F} &= \int_0^{\pi/2} -\frac{FR_o}{2}(1 - \cos \varphi) \frac{R_o}{EAeR_o} d\varphi + \int_0^{\pi/2} \frac{F}{2} \cos \varphi \frac{R_o}{EAR_o} d\varphi = \\ &= -\frac{FR_o}{2EAe} \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) + \frac{F}{2EA}. \\ \delta_{11} &= \int_0^{\pi/2} \frac{R_o}{EAeR_o} d\varphi = \frac{\pi}{2EAe}. \end{aligned}$$

Найденные перемещения δ_{11} и Δ_{1F} подставляем в уравнение (1) и получим

$$X_1 = \frac{F}{\pi} \left(R_o \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) - e \right).$$

Статическая неопределимость рамы раскрыта. После этого строим для четверти кольца и всего замкнутого кольца эпюры изгибающих моментов M (рисунок 3) и продольных сил N (рисунок 4).

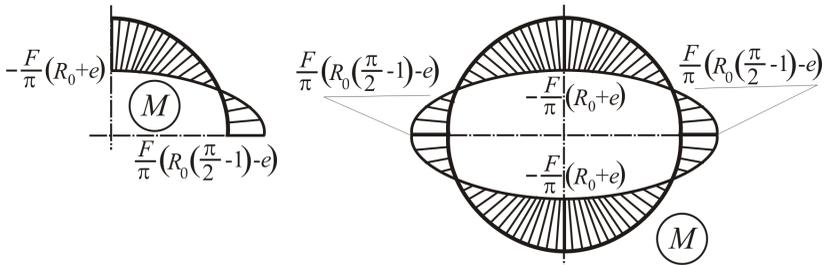


Рисунок 3 – Эпюры изгибающих моментов M для четверти и замкнутого кольца

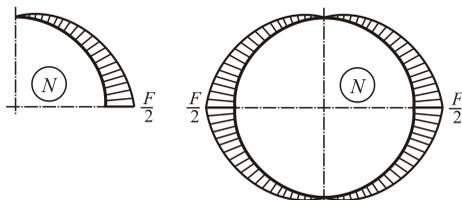


Рисунок 4 – Эпюры продольных сил N для четверти и замкнутого кольца

Наибольшие нормальные напряжения возникают в точках на внутренней поверхности кольца и определяются по формуле

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M y_2}{AeR_2} = \frac{N}{A} + \frac{M(r - R_2)}{AeR_2}, \quad (3)$$

где R_2 – радиус кривизны внутренней поверхности кольца (рисунок 5);

r – радиус кривизны нейтрального слоя.

Смещение нейтральной оси от центра тяжести прямоугольного сечения равно

$$e = R_o - r = R_o - \frac{h}{\ln \frac{R_1}{R_2}}, \quad (4)$$

где R_1 – радиус кривизны наружной поверхности кольца (рисунок 5).

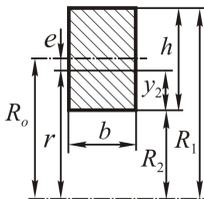


Рисунок 5 – Схема поперечного сечения тензозвена

Составим условие прочности для тензометрического звена, используя выражение (3) и принимая поперечное сечение в котором возникает наибольший изгибающий момент (рисунок 3):

$$\sigma_{\max} = \frac{M(r - R_2)}{AeR_2} = \frac{\frac{F}{\pi} \left(2R_o - \frac{h}{\ln \frac{R_1}{R_2}} \right) \left(h - R_2 \ln \frac{R_1}{R_2} \right)}{bh \left(R_o \ln \frac{R_1}{R_2} - h \right) R_2} \leq [\sigma]. \quad (5)$$

Используя условие (5) можно выбрать размеры тензометрического звена в виде замкнутого кольца исходя из величины измеряемого растягивающего усилия, радиуса внутреннего отверстия, толщины и материала.

Список использованных источников

1. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов: учебник / М.Д. Подскребко. – Минск: Выш. шк., 2007. – 797 с.: ил.

УДК 539.3/.6(07)

РАСЧЕТ БАЛКИ РАВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОЙ НАВЕСКИ

*Студенты – Клещик А.В., 37 тс, 2 курс, ФТС;
Кравчук С.А., 37 тс, 2 курс, ФТС*

*Научный
руководитель – Мисуно О.И., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В статье определены размеры тензометрического звена в виде балки равного сопротивления тензометрической навески, позволяющей измерять тяговое сопротивление почвообрабатывающей машины.

Ключевые слова: измерение, усилие, тензометрическая навеска, балка равного сопротивления.

При проведении экспериментальных исследований почвообрабатывающих машин в полевых условиях широко используется электротензометрический метод для измерения деформаций, напряжений, усилий. Одним из показателей, позволяющих произвести энергетическую оценку работы почвообрабатывающей машины, является тяговое сопротивление или тяговое усилие на крюке трактора. Для измерения тягового сопротивления почвообрабатывающей машины разработана тензометрическая навеска (рисунок 1), посредством которой происходит соединений рабочей машины с трактором.

Тензометрическая навеска, закрепляемая на передней поперечной балке орудия посредством хомутов 1, состоит из основания (плиты) 2, на котором закреплены две подшипниковые опоры 3. В опорах установлен вал 4 с боковыми 5 и центральным 6 кривошипам. На основании также закреплена опора 7 с верхним кривошипом 8. На основании установлен кронштейн 9, в котором посредством болтовых соединений жестко закрепляется одним концом тензометрическое звено 10. Центральный криво-