

Романченко Михаил Константинович

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ СИЛ В ПРУЖИНЕ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2009/11-1/14.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2009. № 11 (30): в 2-х ч. Ч. I. С. 73-76. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2009/11-1/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

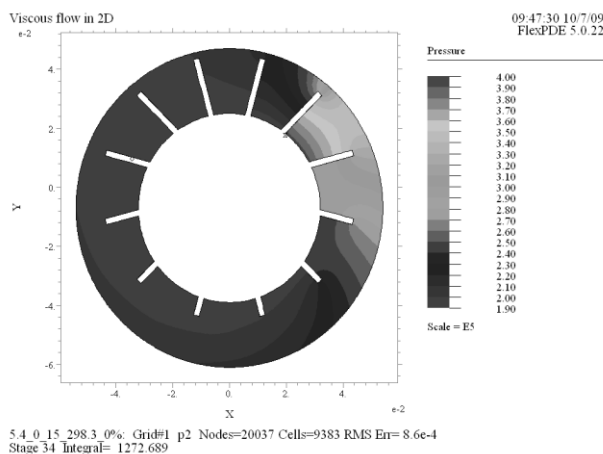


Рис. 6. Давление жидкости, $p_{oc}=0$ кПа

Выводы

Предложенная модель течения жидкости в ЖВН позволит значительно сократить объем и стоимость экспериментальных работ и обоснованно наметить пути совершенствования конструкций ЖВН.

Установленные поля скоростей жидкости определяют уточненные величины гидродинамических потерь и потребляемой мощности вакуум-насоса.

Эпюры давления жидкости, действующего на внутреннюю поверхность корпуса, определенные с учетом модели течения жидкости, дают возможность выполнения соответствующих прочностных расчетов на стадии проектирования ЖВН.

Численные решения уравнений Навье-Стокса методом конечных элементов использовались для моделирования течения жидкости в ЖВН с подвижным корпусом.

Список использованной литературы

1. Родионов Ю. В. Liquid ring vane vacuum pumps. Trends in development of vacuum technology // Вестник ТГТУ. 2006. Т. 12. № 3Б. С. 779-784.
2. Родионов Ю. В. Уравнение конфигурации жидкостного кольцевого кольца для жидкостнокольцевых вакуум-насосов / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, А. В. Волков // Глобальный научный потенциал: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. Тамбов, 2005. С. 21-22.
3. Воробьев Ю. В. Влияние конфигурации жидкостного кольца на рабочие параметры жидкостнокольцевого вакуум-насоса / Ю. В. Воробьев, Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, И. В. Шлыкова // Вестник ТГТУ. 2006. Т. 12. № 1А. С. 120-136.
4. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / пер.с англ. С. Патанкар; под ред. В. Д. Виленского. М.: Атомиздат, 1984. 152 с.
5. Лаврентьев М. А. Проблемы гидродинамики и их математические модели / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. М.: Наука, 1973. 416 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ СИЛ В ПРУЖИНЕ

Романченко Михаил Константинович

Новосибирская государственная академия водного транспорта

В инженерной практике учитывают только крутящий момент в проволоке пружины, но в данном случае будем учитывать и другие составляющие нагрузки. Предполагается, что бесконечно малые деформации допускают суперпозицию потенциальной энергии, тогда работа внешней силы переходит в потенциальную энергию пружины.

Потенциальная энергия круглого бруса для различных нагрузок приведена в Табл. 1.

Если брус нагрузить в известном направлении силой Q и моментом M , то работа в этом направлении равна

$$U = \frac{Qy}{2} + \frac{M\vartheta}{2} \quad (1)$$

Табл. 1. Потенциальная энергия круглого бруса

Нагрузка	Дифференциал энергии деформации
Растяжение	$dU_1 = \frac{2F^2}{\pi d^2 E} dl$
Кручение	$dU_2 = \frac{16T^2}{\pi d^4 G} dl$
Изгиб	$dU_3 = \frac{32M^2}{\pi d^4 E} dl$
Сдвиг	$dU_4 = \frac{2P^2}{\pi d^2 G} dl$

Работа переходит в энергию упругой деформации

$$U = \int_L dU_1 + \int_L dU_2 + \int_L dU_3 + \int_L dU_4 = \sum_{i=1}^4 dU_i \quad (2)$$

Определим податливость одного витка винтовой пружины с относительно небольшим шагом (Рис. 1), что позволит не учитывать растяжение проволоки.

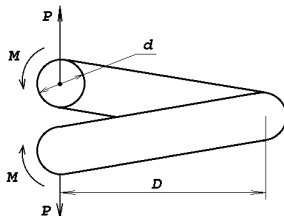


Рис. 1. Схема внутренних сил в проволоке винтовой пружины

В сечениях проволоки нет изгибающих моментов, поскольку подъем винтовой линии постоянный для любой деформации. Составим уравнение потенциальной энергии и работы крутящего момента и сдвигающей силы

$$\int_0^{\pi D} \frac{16P^2 D^2}{4\pi d^4 G} dl + \int_0^{\pi D} \frac{2P^2}{\pi d^2 G} dl = \frac{4P^2 D^3}{d^4 G} + \frac{2P^2 D}{d^2 G} = \frac{Py}{2} \quad (3)$$

Податливость одного витка вдоль оси пружины

$$\lambda_0 = \frac{dy}{dP} = \frac{8D^3}{d^4 G} + \frac{4D}{d^2 G} \quad (4)$$

Определим угол поворота полукольца круглого сечения (Рис. 2) от момента, считая, что место приложения нагрузки поворачивается только в направлении момента

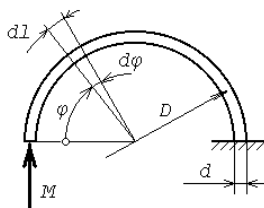


Рис. 2. Половина витка пружины, нагруженная моментом

Изгибающий момент в произвольном сечении полукольца

$$M_\phi = M \sin \phi \quad (5)$$

Крутящий момент в произвольном сечении полукольца

$$T_\phi = M \cos \phi \quad (6)$$

Составим уравнение потенциальной энергии и работы внешних сил

$$\int_0^\pi \frac{32M_\phi^2}{\pi d^4 E} dl + \int_0^\pi \frac{16T_\phi^2}{\pi d^4 G} dl = \frac{18,4M^2 D}{d^4 E} = \frac{M\theta}{2} \quad (7)$$

Угол поворота сечения в месте приложения момента

$$\theta = \frac{36,8MD}{d^4 E} \quad (8)$$

Определим деформацию полукольца (Рис. 3) в направлении силы без поворота сечения. Для этого используем известный по сопротивлению материалов метод сравнения деформаций.

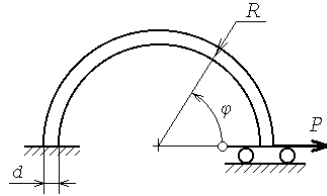


Рис. 3. Половина витка пружины, нагруженная силой

В точке приложения нагрузки возникает реактивный момент, определяемый из условия, что угол поворота сечения от момента равен и противоположен углу поворота от силы.

Момент в произвольном сечении кольца только от силы

$$M = PR \sin \phi \quad (9)$$

Угол поворота сечения кольца от силы

$$\theta_P = \int_0^{\pi/2} \frac{M}{EI} dl = \int_0^{\pi/2} \frac{PR \sin \phi}{EI} R d\phi = \frac{PR^2}{EI} \quad (10)$$

Угол поворота сечения от постоянного момента

$$\theta_M = \int_0^{\pi/2} \frac{MR}{EI} d\phi = \frac{MR\pi}{2EI} \quad (11)$$

Из равенства $\theta_P + \theta_M = 0$ получим неизвестный момент в точке приложения силы

$$M = \frac{2PR}{\pi} \quad (12)$$

Возвращаясь к поставленной задаче, запишем момент в произвольном сечении кольца нагруженного по Рис. 1.

$$M = PR \sin \phi - 2PR / \pi \quad (13)$$

Составим уравнение потенциальной энергии и работы внешних сил

$$\int_0^{\pi} \frac{P^2 R^2 \sin^2 \phi}{2EI} R d\phi - \int_0^{\pi} \frac{4R^2 P^2}{2EI \pi^2} R d\phi = \frac{P^2 R^3}{EI} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) = \frac{Py}{2} \quad (14)$$

Из этого уравнения деформация полукольца равна

$$y = 0,298 \frac{PR^3}{EI} = 0,03725 \frac{PD^3}{EI} \quad (15)$$

Винтовая пружина может быть заменена эквивалентным по жесткости бруском (Рис. 4).

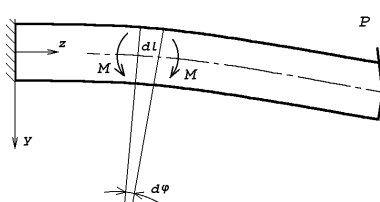


Рис. 4. Пружина, нагруженная поперечной силой

Дифференциал длины пружины

$$dl = \frac{L}{n} = \rho d\phi, \quad (16)$$

где L - длина пружины; n - количество витков.

Используем решение (9) для половины витка, тогда для целого витка дифференциал угла

$$d\phi = 2\theta = \frac{2 \cdot 36,8MD}{d^4 E} \quad (17)$$

Запишем приближенное уравнение изогнутой оси пружины по аналогии с балкой

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} = \frac{73,6nMD}{Ld^4E} = \frac{d^2y}{dz^2} \quad (18)$$

Прогиб пружины в направлении силы в точке ее приложения

$$y = \frac{73,6nDPL^2}{3Ed^4} \quad (19)$$

Для относительно коротких пружин существенна деформация сдвига. Используя решение (16) получим деформацию сдвига в точке приложения силы

$$y = \frac{2nPD}{d^2E}(4c^2 + 3,6), \quad (20)$$

где c - индекс пружины.

Крутильная податливость одного витка пружины для момента, приложенного вокруг оси пружины, найдется из уравнения

$$\frac{T_1\theta}{2} = \int \frac{32T_1^2}{\pi d^4E} dl \quad (21)$$

После интегрирования получим угол поворота одного витка

$$\theta = \frac{64MD}{d^4E} \quad (22)$$

Итоговая Таблица 2 податливости ненагруженной пружины (Рис. 5) позволяет выполнять предварительные расчеты характеристик судовых виброизоляторов. В таблице через n обозначено количество витков, через d диаметр проволоки.

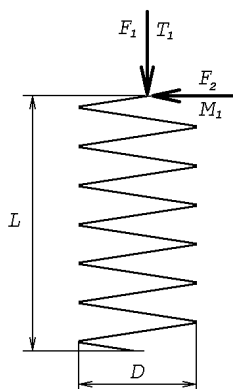


Рис. 5. Схема приложения нагрузки

Табл. 2. Зависимость податливости от направления силы и момента

Наименование силы	Податливость пружины
F_1	$\left(\frac{8D^3}{d^4G} + \frac{4D}{d^2G}\right)n$
F_2	$\left[\frac{73,6DL^2}{3Ed^4} + \frac{2D(4c^2 + 3,6)}{d^2E}\right]n$
T_1	$\frac{64D}{d^4E}n$
M_1	$\frac{73,6D}{d^4E}n$

Список использованной литературы

1. Барановский А. М. Судовой двигатель как объект виброизоляции // Дизельные энергетические установки речных судов: сб. науч. тр. Новосибирск: НГАВТ, 1999. С. 14-16.

2. Степин П. А. Сопротивление материалов: учеб. для немашиностроит. спец. вузов. 8-е изд. М.: Высш. шк., 1988. 367 с.