

получать оперативные данные о работе оборудования, система ОЕЕ/DTM может быть достаточно быстро внедрена на горном предприятии.

Список литературы:

1. Стебнев А.В., Мухортиков С.Г., Задков Д.А. Анализ работы очистных механизированных комплексов в условиях шахт АО «СУЭК-Кузбасс» // Сборник трудов научно-практической конференции "Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2017". – СПб: СПГУ, 2017.– С. 84-89.
2. Михаэль Мышковский, Ули Пашедаг. Разработка длинными очистными забоями угольных пластов средней мощности. Сравнение эффективности струговой и комбайновой выемки в сопоставимых условиях эксплуатации. – Caterpillar, Inc, 2015. – 51с.
3. Шопин А.Г., Занин И.В. ОЕЕ и управление простоями: от теории к реализации в SIMATIC IT// Автоматизация в промышленности, 2006, с.24-29.

**ОЦЕНКА НДС МОДЕЛИ КАНАТНОГО ДЕМПФЕРА ОТ ДЕЙСТВИЯ
СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

А.А. Вакуров, студент гр. 2БМ74

Научный руководитель, доцент К.К. Манабаев,

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30*

В статье производился расчет напряженно-деформированного состояния геометрической модели демпфера, созданной на основе данных о существующем насосном агрегате, от действия статических нагрузок с целью проверки прочностных характеристик методом конечных элементов. В результате была получена картина распределения полей эквивалентных напряжений по критерию Мизеса. За основу был взят патент №2478845.

Ключевые слова: канатный демпфер, гашение вибраций, виброзащита, напряженно-деформированное состояние (НДС), метод конечных элементов (МКЭ).

Введение

В настоящее время совершенствование методов защиты оборудования от вибраций позволяет снизить ее негативное влияние на подвижные части оборудования, что приводит к повышению ресурса оборудования, а также понижению затрат на ремонт.

Существующие типы демпферов обладают рядом недостатков: возможность установки только на резцы токарных станков для демпферов ударного типа, возможность гашения вибраций одной частоты для пружинных, сложная конструкция у магнитных демпферов. Из-за недостатков применение этих демпферов на насосном агрегате нецелесообразно. В качестве аналога предлагается использовать канатный демпфер. Его основными достоинствами являются: возможность гашения аperiodических колебаний, простота конструкции и низкая стоимость, возможность регулирования жесткости конструкции путем изменения сечения

каната. Гашение вибраций канатным демпфером достигается за счет трения, возникающего между проволоками каната в процессе вибраций, из-за чего энергия вибраций переходит в тепловую энергию.

Постановка задачи

Рассмотрим задачу подбора количества канатных демпферов и проверки их статической прочности от действия нагрузок, возникающих от веса рамы и насосного агрегата.

Для нефтяного насосного агрегата 10НД-6х1 (рисунок 1, а) и рамы для него (рисунок 1, б, позиция 1) предполагается использование десяти канатных демпферов (рисунок 1, б, позиция 2).

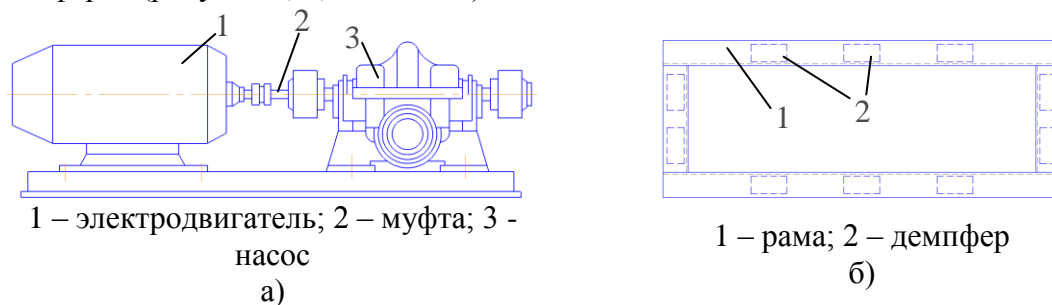


Рисунок 1. а) Насосный агрегат 10НД-6х1; б) Схема расположения демпферов

Для проверки прочности одного демпфера был выбран метод конечных элементов, реализуемый в программном комплексе ANSYS. Для расчета данным создавалась геометрическая 3D (пространственная) модель канатного демпфера. Данная геометрия демпфера состоит из следующих деталей: верхней пластины 1, которая контактирует с рамой насосного агрегата; нижней пластины 2, которая закрепляется на фундаменте; стального каната 3; двух обжимных втулок 4, в которых крепятся концы каната (рисунок 2). Модель каната создавалась по ГОСТ 2688-80 [2].

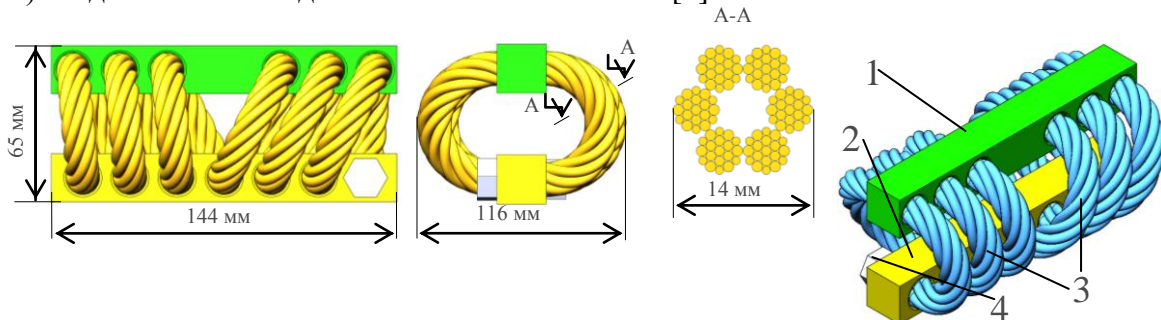


Рисунок 2. Геометрическая модель канатного демпфера

Математическая постановка задачи требовала обозначение граничных контуров модели и записи граничных условий.

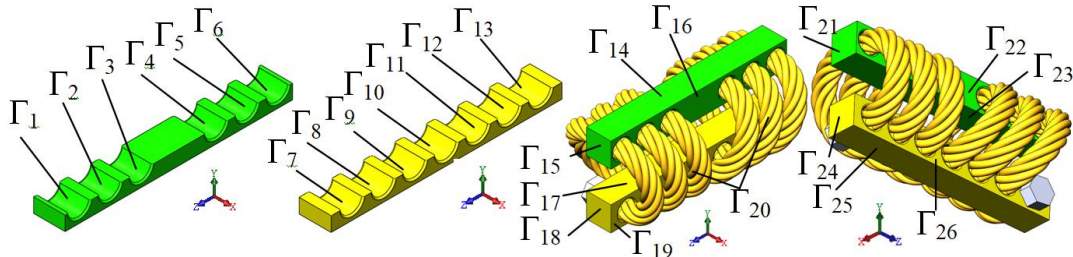


Рисунок 3. Граничные контуры модели демпфера

Записи граничных условий представлены в (1), (2) и (3).

На гранях Γ_1 - Γ_{13} , Γ_{15} - Γ_{25} :

$$\sigma_{ij}(x) = 0, \quad i, j = 1, 2, 3, \quad x \in \Gamma_1 - \Gamma_{13}, \Gamma_{15} - \Gamma_{25}, \quad (1)$$

где $x = (x, y, z)$ – координаты точки поверхности или ее некоторой части.

На грани Γ_{14} :

$$\begin{cases} \sigma_{22}(x) = P, \\ \sigma_{11}(x) = \sigma_{33}(x) = \sigma_{12}(x) = \sigma_{21}(x) = \sigma_{13}(x) = \sigma_{31}(x) = \sigma_{23}(x) = \sigma_{32}(x) = 0, \end{cases} \quad x \in \Gamma_{14}. \quad (2)$$

На грани Γ_{26} :

$$\begin{cases} \sigma_{ij}(x) = 0, \\ u_i(x) = 0, \end{cases} \quad i, j = 1, 2, 3, \quad x \in \Gamma_{26}. \quad (3)$$

Расчет в среде ANSYS

Для расчета в ANSYS задавались материальные константы: для каната – модуль Юнга $2.05 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона 0.3 (Сталь 12X18Н9); для пластин – модуль Юнга $2.14 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона 0.29 (Сталь 40Х).

Общая площадь контакта пластин и рамы – 0.144 м^2 . Диаметр каната равен 14 мм. Масса насосного агрегата составляет 2580 кг, а размеры рамы для него 2555x730 мм.

В местах контакта каната и пластин задавался тип контакта – жесткая заделка (рисунок 4, а). Геометрическая модель разбивалась на конечные элементы (рисунок 4, б) в программном комплексе метода конечных элементов ANSYS (ПК МКЭ ANSYS). Величина грани КЭ каната назначалась равной 3 мм. Количество элементов на пластинах составляет 2272.

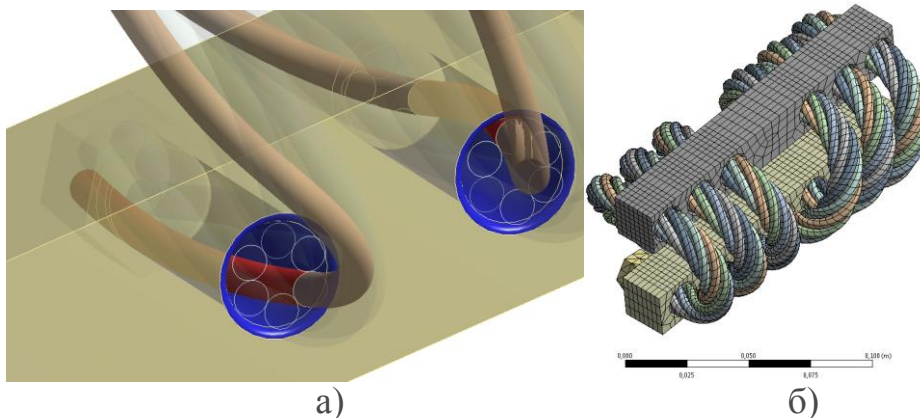


Рисунок 4. а) пример контактной пары «виток-пластина»; б) конечно-элементная модель канатного демпфера

Согласно граничным условиям (2), (3) в ПК МКЭ ANSYS задавались следующие нагрузки: на поверхность Γ_{14} прикладывалось давление $P = 879 \text{ кПа}$, а на поверхность Γ_{26} – условие жесткой заделки.

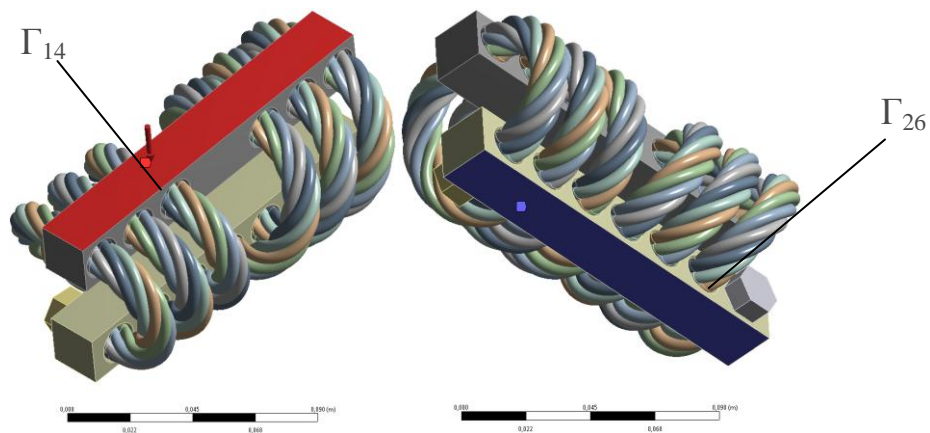


Рисунок 5. Нагрузки, прикладываемые к модели

Расчет производился со следующими условиями:

1. Температура выбиралась равной 22°C и ее изменение не задавалось;
2. Нелинейность материалов не учитывалась;
3. Расчет происходил в статической постановке.

Анализ результатов

Возникающие в процессе работы насоса вибрации являются динамическими нагрузками, допустимые напряжения в этом случае будут $\sigma_T = 230 \text{ МПа}$, расчет же осуществлялся в статической постановке задачи, и для перехода от динамической постановки задачи к статической применялись методы, описанные в [3]. С учетом коэффициента перевода $n = 3$ допустимые напряжения при статическом анализе $[\sigma] = \sigma_T / n = 76.7 \text{ МПа}$.

Исходя из картины распределения полей эквивалентных напряжений (рисунок 6, а), видно, что среднее значение напряжений примерно 20 МПа , а напряжения, возникающие вблизи контакта каната и пластины (рисунок 7, б), около 25 МПа .

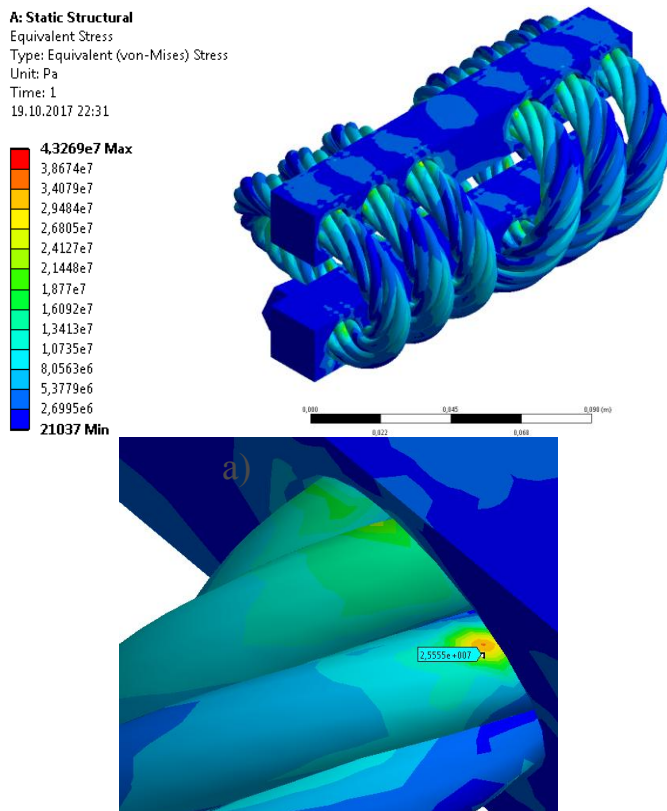


Рисунок 6. Картина распределения полей эквивалентных напряжений по критерию Мизеса: а) на полной модели; б) вблизи контакта каната и пластины

Максимальное значение общих перемещений получилась $u_{\max} = 8.6$ мкм (рисунок 7).

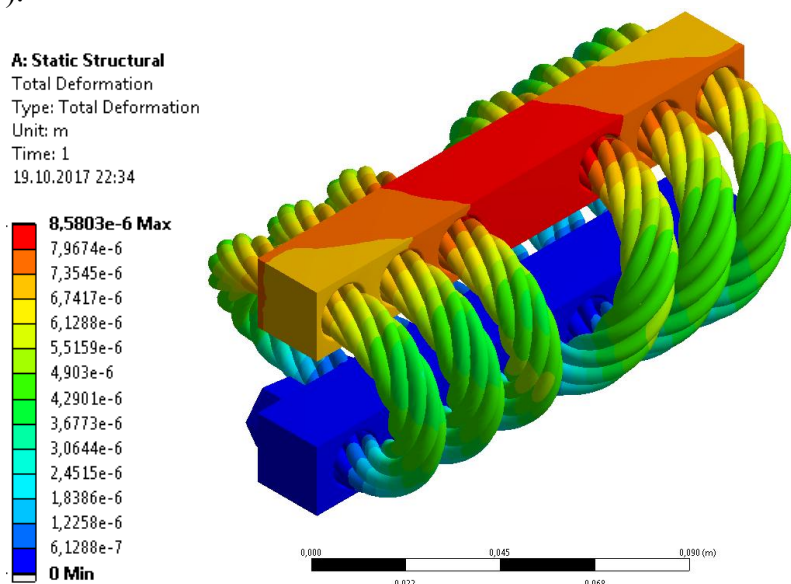


Рисунок 7. Картина распределения полей общих перемещений

Выводы

1) Исходя из полученных при расчете модели данных, можно увидеть, что возникающие напряжения находятся в пределах допустимого значения напряжений, и конструкция не разрушится под весом агрегата.

2) Так как данные демпферы предлагается применять в нефтегазовой отрасли, то есть возможны утечки газа и нефти, возникновение искр при работе демпферов могут привести к пожару, другими словами конструкция демпфера требует доработки для уменьшения пожароопасности.

Список литературы:

1. Пат. 2478845 Российская Федерация, МПК F16F 7/14. Канатный виброизолятор / Минасян А.М., Минасян М.А.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный морской технический университет – 3 с.
2. ГОСТ 2688-80. Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6х19(1+6+6/6)+1. – Москва: Изд-во стандартов, 1982. – 15 с.
3. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Том 2. Динамика (2-е издание). М.: Наука, 1979.
4. А.Г. Гумеров, Виброизолирующая компенсирующая система насосно – энергетических агрегатов. – Уфа, 2008. – 328 с.
5. Официальный сайт ОАО «ВИНИИАЭН» [Электронный ресурс] <http://www.vniiaen.sumy.ua>
6. РД 153 – 39ТН – 008 – 96 Руководство по организации эксплуатации и технологии и технического обслуживания и ремонта оборудования и сооружение нефтеперекачивающих станций
7. РД 153 – 39ТН – 009 – 96 Положение о системе технического обслуживания и ремонта электроустановок магистральных нефтепроводов. Часть II
8. Рудаченко А.В., Рудаченко В.А., Техническая диагностика оборудования нефтегазопроводов. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» - Томск: Изд-во. ТПУ, 2007 – 104 с.
9. Панкратов А.В., Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ. Методические указания по выполнению практических работ для студентов очного обучения направления 130500. Томск: Изд-во. ТПУ, 2005 – 41 с.
10. Официальный сайт ГУП «ИПТЭР», [Электронный ресурс] www.ipter.bashedu.ru
11. Каталог электродвигателей, ОАО «Электротехническая корпорация»
12. Айрапетов Э.Л., Биргер И.А., Вейц В.Л., Колебания машин, конструкций и их элементов. Том 3. Справочник в 6 томах. Вибрации в технике
13. Балыгин В.В., Крыжановский А.Н. НАСОСЫ: Каталог-справочник. - Новосибирск: НГАСУ, 1999. – 97 с.
14. Корж В.В. Эксплуатация и ремонт оборудования насосных и компрессорных станций [Текст]: учеб.пособие / В.В. Корж, А.В. Сальников. - Ухта : УГТУ, 2010. - 184 с.

15. Дейнеко С. В. Обеспечение надежности систем трубопроводного транспорта нефти и газа. — М.: Издательство «Техника», ТУМА ГРУПП, 2011. — 176 с.

16. Насосное оборудование для трубопроводного транспорта нефти нефтепродуктов, ОАО «Группа ГМС»

17. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

18. Насос магистральный НМ. [<http://www.hms.ru/pumps>].