

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И АНАЛИЗ КОНТАКТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ПРЯДИ КАНАТА ЛИНЕЙНОГО КАСАНИЯ

Калентьев Е. А., Тарасов В. В., Новиков В. Н.*

Институт прикладной механики УрО РАН, г. Ижевск, Россия

** Ижевская Государственная Сельскохозяйственная Академия, г. Ижевск, Россия*

EugeneDavis@mail.ru

В работе [1] автор отмечал, что большую роль в работе канатов играют внутренние силы трения. Их влияние как диссипативных сил приводит к тому, что в отличие от идеальной упругой системы многие процессы в канате, связанные с относительным смещением его элементов, носят необратимый характер. Накопление необратимых процессов в канате приводит к остаточным нарушениям его структуры в виде расслоения, волнистости и т.д. Изучение этих явлений требует рассмотрения работы каната с учетом накопления всех изменений в нем в процессе эксплуатации.

Подобная попытка была предпринята в работе [2]. В ней было показано, что особое значение для обеспечения безотказной работы канатов имеет прогнозирование долговечности и улучшение обслуживания каната. При этом следует отметить, что в настоящее время прогнозирование долговечности канатов в большинстве случаев осуществляется на основании эмпирического опыта. Наибольшие сложности возникают при прогнозировании и предотвращении внутренних дефектов каната, в частности, обрывов проволок. Понимание внутренних деградационных процессов, происходящих в канате, позволит определить и научно обосновать влияние различных внешних и внутренних факторов на долговечность каната. В этой связи установление закономерностей разрушения поверхности внутренних проволок шахтных канатов в зоне контактного взаимодействия и их влияние на долговечность каната представляется актуальной научной задачей.

В данной работе авторами была поставлена цель, определить общие параметры напряженно-деформированного состояния и контактного взаимодействия проволок в пряди каната линейного касания (далее прядь каната). К этим параметрам были отнесены: общая продольная деформация ϵ , эквивалентные напряжения $\sigma_{\text{экв}}$, перемещения проволок l (дистанции скольжения) относительно друг друга и контактные давления p в зонах взаимодействия проволок. Рассмотрены следующие случаи статического нагружения: приложение продольной растягивающей силы T (вариант 1), момента M вызывающий скручивание пряди (вариант 2) и их комбинации (вариант 3).: Результаты находились методом конечных элементов с использованием программного комплекса Ansys. В работе решалась задача о расчете пряди каната как задача с контактным взаимодействием с учетом трения геометрически нелинейных проволок, находящихся в пространственном напряженном состоянии.

В качестве объекта исследования была выбрана прядь каната линейного касания двойной свивки типа ЛК-Р конструкции $6 \times 19(1+6+6/6)+1$ о.с. Канат 25-ГЛ-В-Л-О-Н-Т-1770 ГОСТ 2688-80. Для создания геометрии, пряди каната линейного касания, использовалась система САПР твердотельного трехмерного проектирования. На рис. 1 показаны результаты моделирования геометрии пряди каната линейного касания.

К основным проблемам численного анализа НДС стальных канатов линейного касания следует отнести сложную структуру и множественное пространственное контактное взаимодействие между элементами каната. Общее количество контактных регионов в данной пряди составляет – 42 контакта. Контактные задачи по своей природе являются нелинейными и требуют для расчета значительных вычислительных ресурсов. Для успешного решения задач контактного взаимодействия необходимо иметь

четкое представление о физической природе рассматриваемого явления. Кроме того, такая задача всегда должна решаться поэтапно.

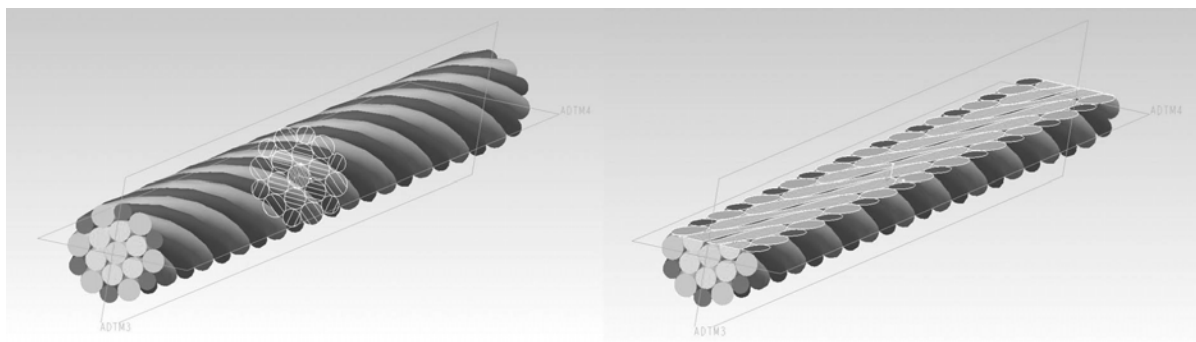


Рис. 1. Модель пряди каната линейного касания

Сформулированы следующие граничные условия. Условия симметрии не вводились. Одна из торцевых поверхностей пряди каната была жестко закреплена по всем степеням свободы. Здесь и далее под торцевой поверхностью пряди каната подразумевается совокупность торцевых поверхностей составляющих её проволок. На противоположном торце пряди каната, который свободен, была создана удаленная точка (Remote Point) с жестким поведением поверхности к которой она присоединена. Затем к удаленной точке поочередно прикладывались нагрузки. На рисунке 2 показаны используемые расчетные схемы.

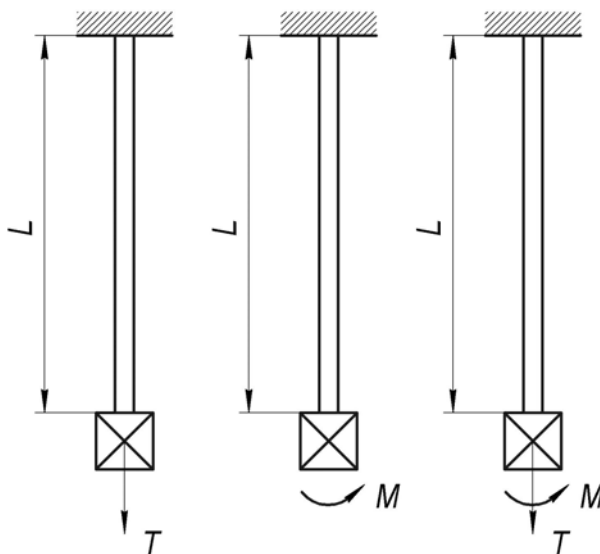


Рис. 2. Используемые расчетные схемы

Очевидно, что при различных вариантах нагружения пряди каната возникающее напряженно-деформированное состояние будет различно. В таблице приведены основные результаты проведенных расчетов. На рис. 3 представлено распределение контактных давлений по длине проволок для случая нагружения продольной силой и скручивающим моментом.

Таблица. Основные результаты расчета пряди каната

№ п/п	Нагрузка	Слой проволоки	Продольные перемещения ε , мм	Эквивалентные напряжения $\sigma_{экв}$, МПа	Контактные давления p , МПа	Дистанции скольжения $l \cdot 10^{-3}$, мм
1	$T = 1000 \text{ Н}$ $M = 0$	0	0,034	58-80	0,3	1,4
		1	0,034	21-90	0,39	1,2
		2-1	0,034	12-121	4,8	1,5
		2-2	0,034	10-87	6,8	1,8
2	$T = 0$ $M = 1 \text{ Нм}$	0	-0,041	70-84	0	0
		1	-0,041	14-78	0,6	0,7
		2-1	-0,041	10-97	0,5	1,2
		2-2	-0,041	5-66	7,0	1,5
3	$T = 1000 \text{ Н}$ $M = 1 \text{ Нм}$	0	0,008	14-20	0,5	0,7
		1	0,008	12-30	0,6	1,4
		2-1	0,008	28-70	5,1	1,6
		2-2	0,008	12-33	6,8	2,1

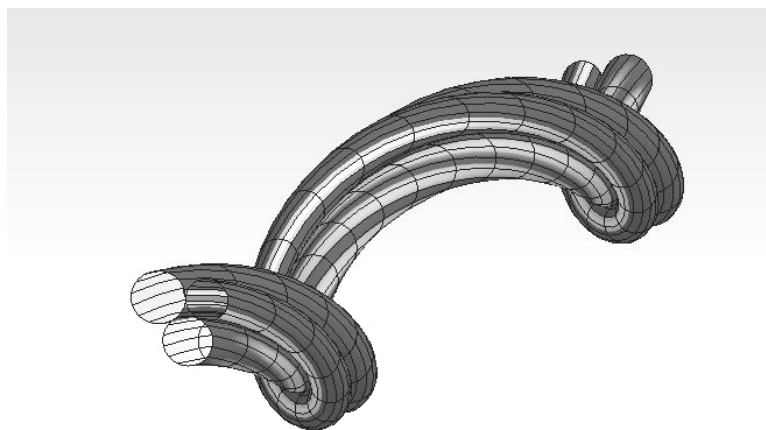


Рис. 3. Распределение контактных давлений

Во всех трех случаях максимальные контактные напряжения присутствуют в проволоках наружного слоя, дистанции скольжения распределены равномерно по длине проволок. Наличие значительных контактных давлений и скольжения проволок относительно друг друга дает основания полагать, что они инициируют разрушение поверхности проволок, в результате усталостного разрушения, износа при трении поверхностей проволок с образованием микротрещин, отслаивания металла проволок и других дефектов. Все это позволяет говорить о том, что контактные взаимодействия вносят существенный вклад в работу каната в целом и требуют дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Глушко М.Ф. Стальные подъемные канаты. - Киев, Техника, 1966. – 327с.
2. Талтыкин В.С. Обоснование метода повышения долговечности шахтных канатов с учетом контактного взаимодействия проволок: Автореф. дисс. канд. техн. наук: – Москва, 2009. – 23с.