

УДК 621.891

С. И. КРИШТОПА

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина

ПОДАТЛИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ФРИКЦИОННЫХ УЗЛОВ И ИХ СТЫКОВ ПРИ КОНТАКТНО-ИМПУЛЬСНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ В МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ПАРАХ ТРЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ

(часть 1)

Раскрыт механизм контактно-импульсного взаимодействия микровыступов металлополимерных пар трения тормозных устройств, зависящего от податливости элементов конструкций фрикционных узлов и их стыков в формованных внутренних (на наноуровне) и внешних (на микро- и макроуровнях) эксплуатационных параметров узлов трения.

Ключевые слова: *металлополимерные пары трения, податливость, тормозные устройства, напряженно-деформированное состояние.*

Введение. Закономерности трения скольжения, эффекты, процессы и явления, возникающих при этом на взаимодействующих поверхностях контактирующих микровыступов при контактно-импульсном взаимодействии, зависят от динамики их нагружения и характера формирования электрических и тепловых полей и их развития. С другой стороны, наблюдаемые при трении процессы настолько взаимосвязаны, что сами задачи электрического и теплового характера не могут быть рассмотрены в чистом (классическом) виде, как задачи о распределении электрической и тепловой энергии в формировании электрических и температурных полей при заданных различных граничных условиях.

Сложный комплекс разнородных, но взаимосвязанных процессов и явлений происходят как раз в «пространстве» граничных условий. В связи с этим, электрическая и тепловая задачи трения должны рассматриваться в сложной взаимосвязи поверхностей микроконтактов, являющихся поверхностями трения, с процессами на контактирующих поверхностях и в проповерхностных слоях металлополимерных пар трения ленточно-колодочного тормоза.

Методика расчета характеристик фрикционного контакта была предложена И. Б. Демкиным [1]. Наряду с определением характеристик микрогеометрии контакта в данной методике получены расчетные зависимости контурной площади от номинальных удельных нагрузок. Однако, в предложенной методике не уделено внимание динамике износа микровыступов и определению типовых микрогеометрических опорных кривых поверхностей взаимодействия, например, для конкретной металлополимерной пары трения.

Состояние проблемы. Несистематизированные и отрывчатые данные о податливости элементов конструкций фрикционных узлов и их стыков при контактно-импульсном взаимодействии в металлополимерных парах трения тормозных устройств не позволяют иметь их универсальную модель. Это вызвано тем, что отсутствуют данные о податливости фрикционного стыка из-за недостатка банка данных о жесткости микровыступов рабочей поверхности полимерной накладки, а также ее тела. Что касается конструкции фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза лебедки буровой установки БУ–2500 (БУ–80 БрД), то жесткость ленточного тор-

моза составляет 14,42 МН/м и при этом отношение жесткости ленточно-колодочного тормоза к жесткости подъемного вала лебедки равно 1,58. Для элементов фрикционных узлов барабанно-колодочного тормоза грузового транспортного средства значения жесткостей составляют для тормозных барабанов – 10,2 МН/м; тормозных колодок – 7,0 МН/м и для фрикционной накладки – 4,8 МН/м. Поэтому проблема, поднятая в материалах данной статьи, является актуальной. Исследование и разработка настоящей проблемы будет вестись согласно схемы классификации податливости фрикционных стыков при формировании их контактно-импульсного взаимодействия (рис.1). Под податливостью фрикционного стыка понимаем циклический процесс контактно-импульсного взаимодействия его микровыступов, включающий в себя упругую деформацию элементов и возвращение их в некоторое начальное положение в паузах между указанными взаимодействиями.

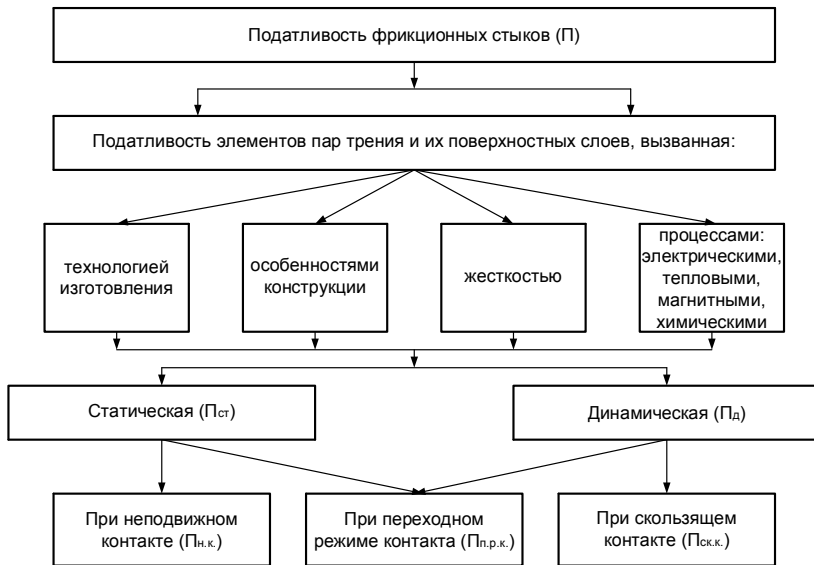


Рис. 1. Схема классификации податливости фрикционных стыков при формировании их контактно-импульсного взаимодействия

Цель работы – построение универсальной модели контактно-импульсного взаимодействия прямых и обратных металлополимерных пар трения тормозных устройств.

Общие закономерности и микрогеометрия контактного взаимодействия. Под влиянием импульсной нормальной нагрузки в касание входят отдельные микровыступы (рис. 2). Последние представляют собой микронеровности, которые расположены на вершинах волн контактирующих пятен. В связи с этим выделяют следующие площади контакта: номинальную, контурную и фактическую.

Номинальная площадь контакта (A_n) – это геометрическое место всех возможных фактических участков контакта. Эта площадь ограничена размерами взаимодействующих металлополимерных пар трения.

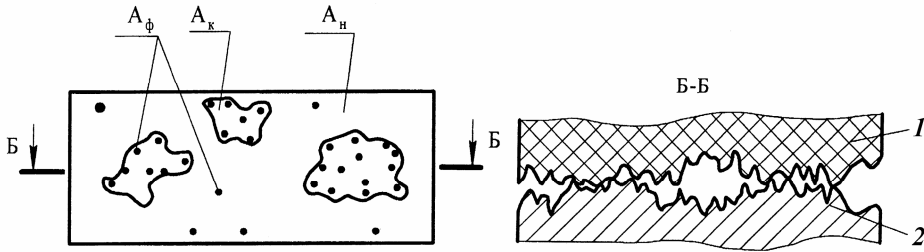


Рис. 2. Схема контактирования металлополимерных пар трения:
1 – фрикционная накладка; 2 – тормозной шкив.

Контурная площадь контакта (A_k) – образуется в результате деформаций микронеровностей взаимодействующих пятен контактов. На контурной площади размещены фактические участки контакта. В зависимости от рельефа контактирующих поверхностей металлополимерных пар трения и внешнего действия на каждую из них импульсной нормальной силы, величина контурной площади может составлять до десяти процентов от всей номинальной площади контакта. Площадь отдельных контурных участков изменяется от единицы до десятков квадратных миллиметров. При взаимодействии двух волнистых поверхностей трения контурные площади контактов изменяются во времени [2]. Это обусловлено изменением микрорельефа поверхностей; действием импульсных нормальных сил и удельных нагрузок; теплофизических и физико-механических свойств материалов, находящихся в напряженно-деформируемом состоянии; нестабильностью термоупругого контакта под действием импульсных удельных нагрузок, импульсных электрических и тепловых токов, изнашивания и других факторов. Классификацию микронеровностей по высоте H и шагу S металлополимерных пар трения ленточно-колодочного тормоза проиллюстрировано на рис. 3.

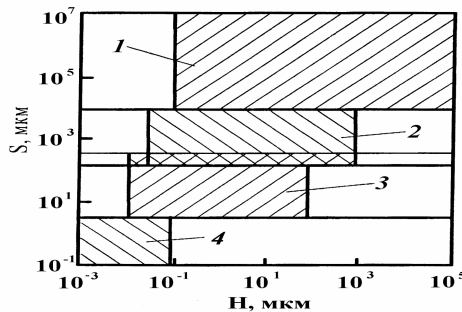


Рис. 3. Классификация микронеровностей по высоте H и шагу S металлополимерных пар трения: 1 – макроотклонения; 2 – волнистость; 3 – шероховатость; 4 – субшероховатость

Номинальную, контурную и фактическую площадь взаимодействия в металлополимерных парах трения ленточно-колодочного тормоза с учетом формы сечения можно привести к геометрической фигуре (квадрату, кругу, прямоугольнику и др.). В данном случае, площади пятен контактирования поверхностей взаимодействия приведено к кругу, что позволяет определить их соотношения через отношение квадратов радиусов. Так, например, $\frac{A_n}{A_k} = \frac{r_n^2}{k_k^2}$; $\frac{A_k}{A_\phi} = \frac{r_k^2}{k_\phi^2}$;

$\frac{A_n}{A_\phi} = \frac{r_n^2}{k_\phi^2}$, при этом возможны и другие комбинации отношений площадей контакта

такта взаимодействующих металлополимерных пар трения.

Микровыступы, приведенные на рис. 4, *a*, *б*, *в* имели следующие геометрические характеристики для материала ФК-24Ф (в масштабе): *a* – $R_{\max} = 32,5$ мм; $z_1 = 10$ мм; $z = 17,0$ мм; $l = 60,0$ мм; *б* – $R_{\max} = 32,5$ мм; $l = 61,0$ мм; *в* – $R_{\max} = 31,0$ мм; $l_\delta = 60,0$ мм.

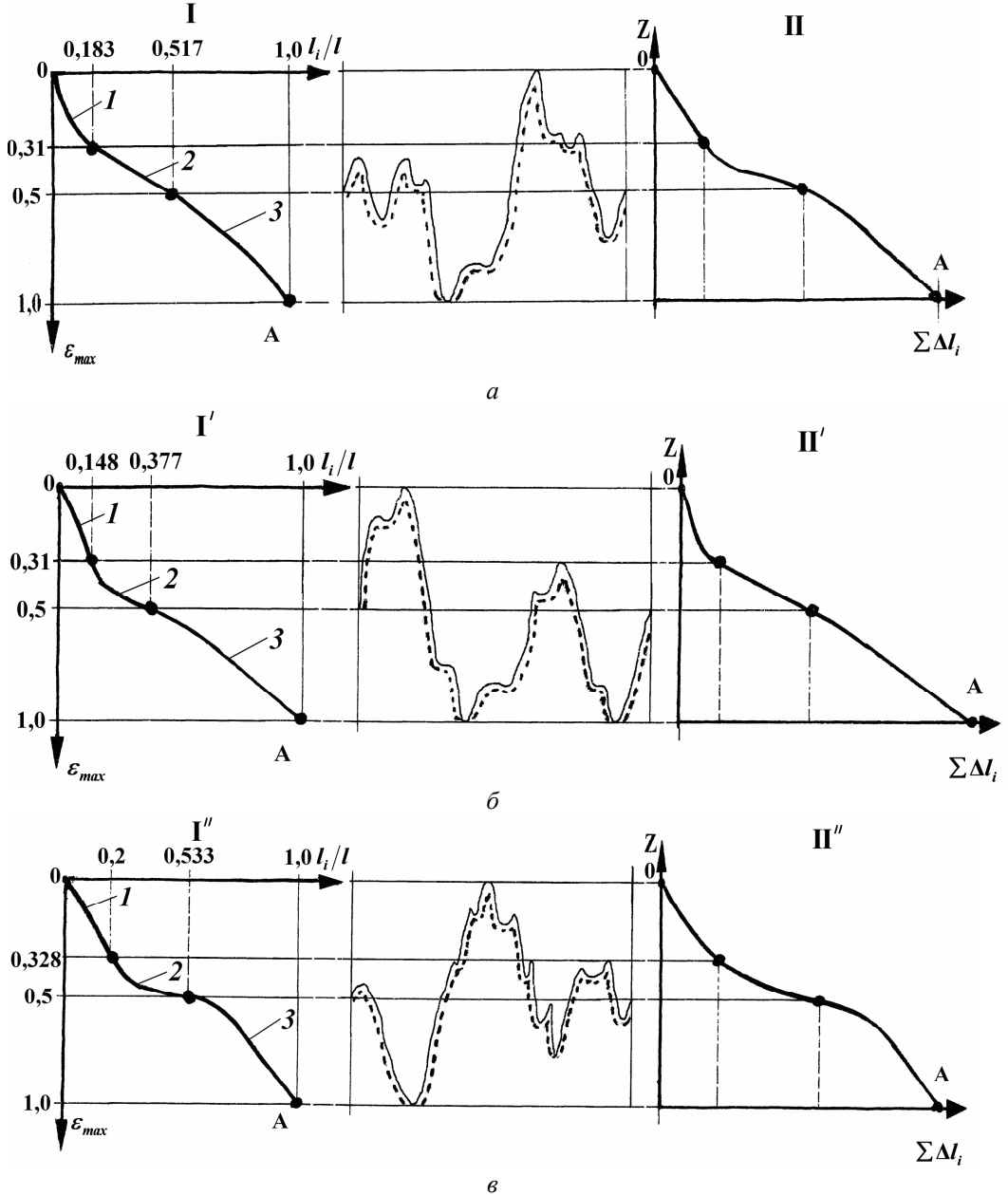


Рис. 4. Типовые опорные кривые, построенные в относительных (I) и абсолютных (II) координатах (распределение материалов [*a*, *б*, *в*] по высоте шероховатого слоя) по методу Аббота (A)

При этом использованы следующие условные обозначения: R_{\max} – наибольшая высота профиля; z – некоторое расстояние от линии выступов относительно сечения профиля линий, параллельных средней; z_1 – минимальное количество микровыступов. На рис. 4 использованы обозначения: $\varepsilon_{\max} = \frac{z}{R_{\max}}$ – относительный уровень микровыступов; $t_p = \frac{l_i}{l}$ – отношение опорной длины микровыступа к его базовое длине.

Топография поверхностей микровыступов, оценивалась на основе обработки ограниченного числа профилограмм ($z_1 = 10$). Для построения кривой опорной поверхности для трех типов характерных микровыступов использовался метод, предложенный Абботом [1].

Фактическая площадь контакта (A_{ϕ}) образована воздействием микровыступов поверхностей трения и представляет наибольший интерес в связи с тем, что на фактических участках контактах происходит деформация микровыступов и генерирование электрических токов, а как следствие, выделяются тепловые токи и происходит износ. Фактическая площадь контакта указанных пар трения изменяется в широком интервале: от сотых долей до единиц процентов от номинальной площади поверхности трения.

Опорные кривые (I, I', I''), состоящие из трех участков (1, 2 и 3), приведенные на рис. 4 имеют переменный характер. При этом функция $t_p(\varepsilon_{\max})$ в интервал от 0 до 1,0 показывает, какая доля материала находится выше заданного уровня. Физический смысл полученной каждой опорной кривой выражает вероятность того, что материал профиля находится выше уровня ε_{\max} , т.е. она характеризует распределение материала по высоте шероховатого слоя.

Построенные в относительных величинах опорные кривые позволяют оценить не только топографию поверхности, но и ее площадь согласно табл. 1.

Таблица 1

Зависимости, описывающие профили типовых относительных участков опорных кривых при распределении материалов по высоте шероховатого слоя

Профили участков кривых, приведенные на рисунках						
Участки профилей кривых, описываемые зависимостями	а		б		в	
	1	$\varepsilon_{\max} = 1,694 \frac{l_i}{l};$ (1)	$\varepsilon_{\max} = 2,095 \frac{l_i}{l};$ (4)	$\varepsilon_{\max} = 1,64 \frac{l_i}{l};$ (7)		
	2	$\varepsilon_{\max} = 0,569 \frac{l_i}{l} + 0,1964;$ (2)	$\varepsilon_{\max} = 0,8295 \frac{l_i}{l} + 0,1872;$ (5)	$\varepsilon_{\max} = 0,5165 \frac{l_i}{l} + 0,2247;$ (8)		
	3	$\varepsilon_{\max} = 1,035 \frac{l_i}{l} - 0,0352;$ (3)	$\varepsilon_{\max} = 0,8026 \frac{l_i}{l} + 0,1974;$ (6)	$\varepsilon_{\max} = 1,0707 \frac{l_i}{l} - 0,0707.$ (9)		

Суммирование площадей элементарных контактов и достижение установившегося значения A_1 проиллюстрировано на рис. 5.

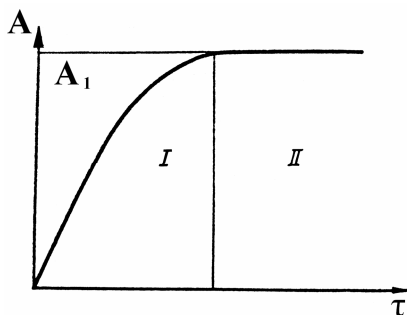


Рис. 5. Схема ілюструюющая переход к установившейся площади (A_1) элементарных контактов при прирабатывании (I) и установившемся (II) режиме.

Данный процесс протекает постепенно и охватывает по времени несколько часов или десятков часов в зависимости от условий эксплуатации пар трения ленточно-колодочного тормоза. Величина A_1 определяется электро- и термодинамическими режимами трения и может находиться в достаточно широких пределах в зависимости от интенсивности удельных нагрузок (уровня активации) и состава омывающих сред (уровень пассивации) при контактно-импульсном взаимодействии металлополимерных пар трения тормоза.

Природа контактно-импульсного взаимодействия микровыступов в паре трения «полимер-металл». При взаимодействии металлополимерных пар трения тормозных устройств контакт носит дискретный характер из-за постоянной смены его элементарных участков. Последние представляют собой очаги «электрических» и «термических» неровностей. «Электрические» очаги способствуют генерированию электрических токов с помощью сформированных микротермобатарей с различными свойствами материалов и поэтому они работают в режиме микротермоэлектродвигателя и микротермоэлектрорефрижератора [3]. Одни участки нагреваются, а другие – охлаждаются. «Термические» очаги нагреваются за счет трибозффекта. В дальнейшем, более разогретые участки поверхности трения в результате термического расширения и податливости приподнимаются над остальной поверхностью и начинают вследствие этого воспринимать всю приложенную нагрузку. Так будет продолжаться до тех пор, пока локальный износ этого участка не приведет к понижению его уровня, после чего опять произойдет перераспределение нагрузки, которая окажется приложенной к другим участкам поверхности.

В процессе фрикционного взаимодействия металлополимерных пар трения, т.е. при скольжении микровыступов, металлический фрикционный элемент получает микроимпульсы со стороны микровыступов неподвижного контртела, которым является рабочая поверхность полимерной накладке (прямая пара трения). В обратных парах трения все происходит наоборот. В многопарных фрикционных узлах ленточно-колодочного тормоза на разных стадиях торможения наблюдаются сначала обратные пары трения, а затем прямые. Импульсные колебания величины нормального усилия, действующего со стороны тормозной ленты, определяются жесткостью фрикционного стыка.

На рис. 6 проиллюстрировано контактно-импульсное взаимодействие микровыступов на различной стадии торможения парой трения «полимер – металл» при ее нагружении нормальной силой N . Различная величина N на каждой из стадий торможения пропорциональна площади контакта. На первой стадии кон-

тактирования (рис. 6, а) происходит импульсное взаимодействие микровыступов, способствующее генерированию элементарного электрического тока. В дальнейшем, на второй стадии (рис. 6, б) электрический ток якобы гасится, и превращается в аккумулируемую теплоту. На третьей стадии взаимодействия микровыступов нормальная сила N является максимальной (рис. 6, в), площадь контактирующих поверхностей увеличивается, а, следовательно, наблюдается рост трибоэффекта, т.е. поверхностной температуры контакта. Суммирование элементарных электротоков, генерируемых на микровыступах (первая стадия торможения), позволило сформировать электрическое поле на взаимодействующих поверхностях контактов. Формируемое тепловое поле на второй и третьей стадии способствует его росту, и как следствие, к увеличению тепловых токов.

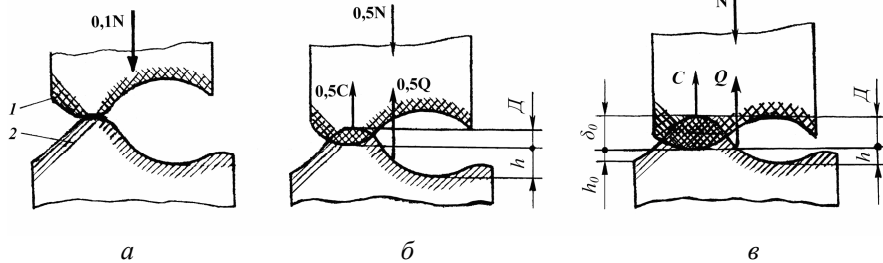


Рис. 6. Контактно-импульсное взаимодействие микровыступов пары трения «полимер (1) – металл (2)» при различной нагруженности микровыступов: а – 0,1 N; б – 0,5 N; в – 1,0 N; D – деформация полимерного микровыступа; Q – реакция металлического микровыступа; C – жесткость фрикционного стыка

Между участками фактического касания расположены микро- и макропоры, соединяющиеся между собой и заполненные жидкостью, образовавшиеся за счет выгорания связующих компонентов полимерных накладок, продуктами износа [4]. Указанные полости имеют сужения и расширения по высоте. При вращении металлического фрикционного элемента промежуточная среда увлекается его скользящей поверхностью и в местах сужения образуются гидродинамические клинья. Действие последних суммируется и может привести к всплыванию или подъему одной поверхности над другой.

По мере всплывания тел микронеровностей уменьшается контактная деформация и часть нормальной нагрузки, воспринимаемой суммарными опорными поверхностями микровыступов, одновременно увеличивается часть нормальной нагрузки, приходящейся на жидкостной слой накладки.

Наблюдаемая упругопластическая деформация поверхностных слоев на площадках фактического контакта, приводящая к их постепенному охрупчиванию за счет электроимпульсного прошивания волнистости и шероховатости поверхностей, а также к диспергированию, позволяет представлять процесс изнашивания в виде малоциклового усталости материала поверхностных слоев, расположенного в зоне деформирования.

В течение незначительного времени не наблюдается разрушение поверхности трения и отделения частиц износа, т.е. наблюдается существование латентной фазы [4], но при этом происходит накопление энергии, микродефектов, развитие и эволюция вторичных структур. При достижении предельного состояния материала поверхностного слоя, обусловленного появлением определенной концентрации микрповреждений, наступает стадия разрушения поверхностного слоя.

Поверхностный слой необходимо рассматривать как синергетическую саморегулирующуюся систему, которая способна к внутренним перестройкам при достижении внутренней энергией системы определенного порогового значения – энергии активации.

Изучение процессов взаимодействия, протекающих на нано-, микро- и макрокопических уровнях позволяет установить связи возникновения циклов изнашивания с кинетическими фазовыми переходами механизмов диссипации энергии, происходящей в результате самоорганизации и эволюции диссипативных дислокационных субструктур.

Напряженно-деформированное состояние полимерной фрикционной накладки. Согласно исследований по решению задачи по определению деформации SE-модели фрикционной накладки установлено, что деформация рабочей поверхности фрикционной накладки является неравномерной из-за импульсного воздействия электрического и теплового токов на микровыступы поверхности, пробоя приповерхностного слоя накладки, который вызвал в нем циркуляцию электрических токов, и как следствие, тепловых токов, а так же взаимодействием электрических и тепловых полей, направленное на подавление трибозффекта.

Больше всего радиальное смещение в – 21,8 и –7,4 мкм составило при нагрузках, соответственно, вариант I и II (табл. 2). Тангенциальное смещение рабочей поверхности накладки при указанных вариантах нагрузки составили 21,3 и 5,3 мкм.

Распределение напряжений в полимерной накладке носит неравномерный характер из-за образования и перераспределений мгновенных вакансий (точечных дефектов в кристаллической решетке полимера, в которой центрами являются активированные атомы на деформировано-напряженной его поверхности и на границе зерен; развития и взаимодействия дислокаций; образования поверхностных и объемных дефектов; изменения структуры полимера за счет электротермостимулированной поляризации и деполяризации поверхностных слоев полимера.

Таблица 2

Характеристики динамического взаимодействия пары трения «полимер-металл»

Вариант нагрузки	f	Удельные нагрузки, МПа			$K_{p,III}$	$b_p, \frac{\text{МПа}}{\text{мм}}$	$\tau_{p,L}$	N	F_T
		p_{\max}	p_{\min}	p_{cp}					
I	0	3,20	0,65	1,306	1,95	0,00165	0,070	36,10	0
	0,35	5,12	0,14	1,306	3,81	0,1170	0,377	36,10	12,635
II	0	1,01	0,29	0,455	1,93	0,00095	0,051	12,60	0
	0,25	1,68	0,09	0,455	3,49	0,00293	0,325	12,60	3,152

В табл. 2 использованы следующие обозначения: f – динамический коэффициент трения; p_{\max} , p_{\min} , p_{cp} – удельные нагрузки: максимальные, минимальные и средние; $K_{p,III}$ – коэффициент неравномерности распределения удельных нагрузок; b_p , $\tau_{p,L}$ – коэффициенты: угловой уравнения линейной регрессии, корреляции; N , F_T – силы: нормальная, трения.

Сравнение диаграмм с разными приложенными нагрузками указывает на то, что с увеличением удельных нагрузок на пятна контакта полимерной накладки и изменением составляющих коэффициента трения на их площадках не только увеличиваются абсолютные значения напряжений и деформаций, но и происходит их

изменение по длине накладки. Из увеличенных изображений отдельных участков модели накладки с наибольшими значениями и градиентами напряжений видно, что на границах элементов модели изолинии плавны. Отдельные смещения не превышают 4,0–6,0 % от линейного размера элементов. Это свидетельствует о том, что размеры и тип конечных элементов модели отвечает особенностям задачи, и что точность результатов расчета с использованием этой модели является высокой.

Податливость стыков металлополимерных пар трения. Податливость стыков пар трения в значительной степени зависит от упругости микровыступов полимерной накладки. Величина податливости микровыступов во время процесса торможения является переменной. Податливость Π упругих элементов, которыми являются микровыступы, находящиеся под действием импульсных нормальных нагрузок, действующих на микроконтактах, т.е. на пятнах контакта, характеризует предел отношения приращения деформации к изменению нормальной нагрузки, вызвавшему это приращение:

$$\Pi = \lim_{\Delta N \rightarrow 0} \frac{\Delta D}{\Delta N} = \frac{dD}{dN} = f(N). \quad (10)$$

Зависимость импульсной нормальной нагрузки, вызывающей деформации микровыступов фрикционной накладки при их параллельном соединении в блок показана на рис. 8, а.

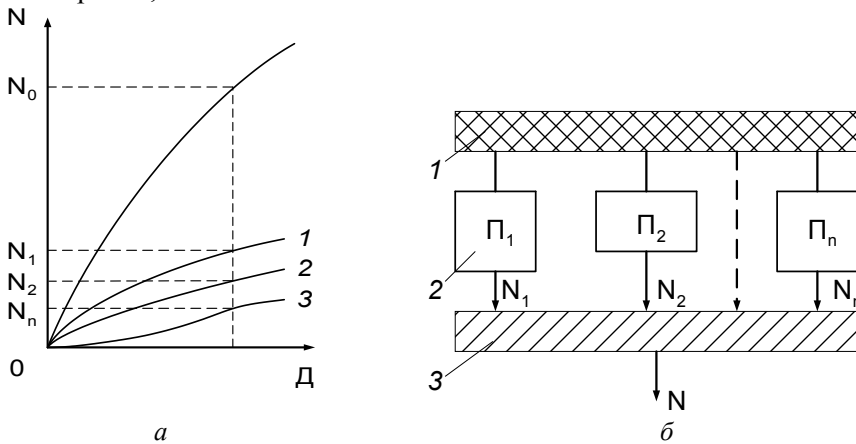


Рис. 8. Зависимость импульсной нормальной нагрузки, вызывающей деформации микровыступов фрикционной накладки при их параллельном соединении в блок (а) и их модель (б): 1 – участок фрикционной накладки; $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ – податливости микровыступов (2); 3 – металлическая пленка на рабочей поверхности шкива

В зависимости от высоты микровыступа и расположения между соседствующими с ним микровыступов на рабочей поверхности фрикционной накладки считаем, что каждый из них нагружен переменной импульсной нормальной силой, а, следовательно, имеет также переменную податливость [5; 6].

При параллельном соединении в блоки упругих элементов с различными характеристиками (рис. 8, б) учитывая, что их деформации разные и равны общей деформации, имеем

$$D = N_1 \Pi_1 + N_2 \Pi_2 + \dots + N_n \Pi_n. \quad (11)$$

Следовательно, силы, действующие на каждый упругий элемент в параллельном блоке, обратно пропорциональны их податливости

$$N_1 = \frac{D_1}{\Pi_1}; \quad N_2 = \frac{D_2}{\Pi_2}; \quad \dots; \quad N_n = \frac{D_n}{\Pi_n},$$

откуда
$$N_0 = \sum_{i=1}^n N_i = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{\Pi_i}.$$

В этом случае податливость блока

$$\Pi = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i}}. \quad (12)$$

Таким образом, при параллельном соединении упругих элементов в блоки их суммарная податливость уменьшается по мере износа микровыступов, а общая жесткость блока равна сумме их жесткостей

$$C = \sum_{i=1}^n C_i. \quad (13)$$

Однако, на податливость стыков металлополимерных прямых и обратных пар трения, особенно в ленточно-колодочных тормозах, влияют особенности их конструкции и деформации элементов, в частности, тормозных лент.

Выводы. Таким образом, показано влияние контактно-импульсного взаимодействия прямых и обратных металлополимерных пар трения ленточно-колодочного тормоза на динамику изменения податливости их фрикционных стыков под воздействием электрических и тепловых токов генерируемых, соответственно, на поверхностях трения и аккумулируемых их приповерхностными слоями.

Список литературы

1. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника)/ Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 575 с.
2. Джанахмедов А.Х. Трибологические проблемы в нефтегазовом оборудовании. – Баку: Элм, 1998. – 216 с.
3. Вольченко А.И. Электродинамические процессы и их влияние на износ-фрикционные свойства металлополимерных пар трения тормозных устройств/ А.И. Вольченко, С.И.Криштопа, В.И. Карась// Вестник СевНТУ: Сб. научн. тр. – Севастополь, 2012. – Вып. 135. –С. 237–240.
4. Киндрачук М.В. Нанотрибология при контактно-термическом взаимодействии в металлополимерных парах трения/ М.В. Киндрачук, Д.А. Вольченко, С.И. Криштопа и др.// Проблемы трения и износа: Научн.-техн. сб. – К.: НАУ, 2012. – Вып. 57. – С. 5–17.
5. Вольченко Н.А. Работоспособность многопарных фрикционных узлов в ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки./ Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, С.И. Криштопа [и др.]. // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. – Ивано-Франковск. – 2012. – №2(43).– С.40–48.
6. Ленточно-колодочные тормозные устройства. /[А.А. Петрик, Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко и др.]; под общ. ред. А.А. Петрика. – В 2-х томах. Том 1. – Краснодар: изд-во Кубанск. государств. технолог. ун-та. – 2009. – 276 с.

С. І. КРИШТОПА

**ПІДДАТЛИВІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ФРИКЦІЙНИХ ВУЗЛІВ ТА ЇХ
З'ЄДНАНЬ ЗА КОНТАКТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ВЗАЄМОДІЇ
В МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ПАРАХ ТЕРТЯ ГАЛЬМІВНИХ ПРИСТРОЇВ
(частина 1)**

Розкрито механізм контактної-імпульсної взаємодії мікрорівнів металополімерних пар тертя гальмівних пристроїв, котрий залежить від піддатливості елементів конструкцій фрикційних вузлів та їхніх стиків у формуванні внутрішніх (на нанорівні) і зовнішніх (на мікро- і макрорівнях) експлуатаційних параметрів вузлів тертя.

Ключові слова: металополімерні пари тертя, піддатливість, гальмівні пристарої, напружено-деформований стан.

S. I. KRUSHTOPA

**CREEP OF FRICTION UNITS ELEMENTS AND THEIR CONTACTS AT
CONDITIONS OF PULSE-CONTACT INTERACTION AT METAL-POLYMER
FRICTION PAIRS OF BRAKE DEVICES
(part 1)**

Mechanism of contact-impulsive co-operation of mikroledges of metallic polymeric friction pairs of brake devices depending on pliability of elements of constructions of friction units and their joints in forming of internal (on nanolevel) and external (on mikro- and macrolevels) operating parameters of friction units are exposed. Real contact area is determined. General relations of contact area geometry are established. The article considers a transition process from initial to equilibrium arrangement of friction surface, the nature of pulse-contact interaction in metal-polymeric contact pairs. On the basis of stressed-deformed state analyses the creep resistance of metal-polymeric contacts was evaluated.

Key words: metal-polymer friction units, brake devices, stressed-deformed state.

Криштопа Святослав Ігорович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри нафтогазового технологічного транспорту Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.