

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН В ЛОБОВЫХ ЧАСТЯХ ОБМОТКИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ТЕПЛОВОЗА

М. А. ШРАЙБЕР

Петербургский государственный университет путей сообщения имени Александра I,
Российская Федерация

Процесс расслаивания изоляции лобовых частей обмотки тягового электродвигателя тепловоза моделируется с помощью анализа методом конечных элементов при квазистатической нагрузке. При этом вершины трещины на изгибе испытывают смешанную нагрузку, сочетающую напряжения раскрытия и напряжения сдвига. Чтобы инициировать рост трещины, предварительная трещина размером 1 мм расположена в центре изгиба. При этих упрощенных предположениях динамика роста расслоения в направлении двух сторон исследуется с учетом глобального поведения зависимости «напряжение – деформация» и изменения скорости вершины трещины.

Предполагается, что материал изоляции многослойный с пропиточным слоем. Динамика роста расслоения изучается с учетом глобального поведения «напряжение – деформация» и скоростей движения вершины трещины.

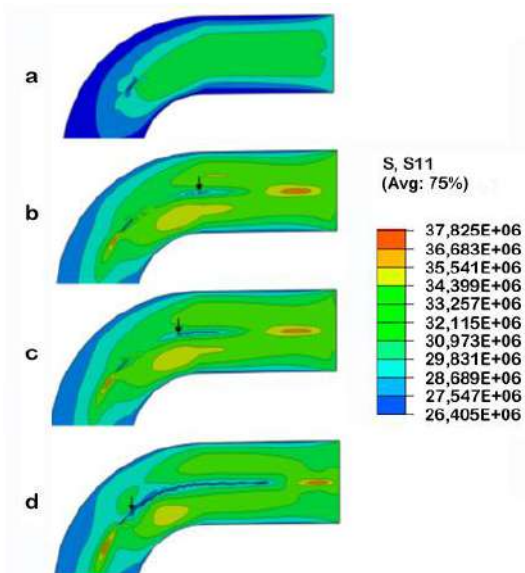


Рисунок 1 – Контуры гармонического напряжения сдвига при динамическом росте трещины (за левой вершиной трещины следует стрелка):
а – исходное состояние; б – $N_i = 10$ циклов;
в – $N_i = 100$ циклов; циклов; д – $N_i = 1000$ циклов

При перпендикулярной нагрузке в изгибе преобладает радиальное растягивающее напряжение, которое достигает своего максимального значения в центре криволинейной области, ниже центральной линии изгиба (рисунок 1).

Преобладание напряжений постепенно меняется с ростом напряжения растяжения на левом конце трещины на сильное увеличение напряжения сдвига непосредственно перед правым концом трещины. Левая сторона вершины трещины показывает преобладание напряжения растяжения, тогда как правая сторона вершины трещины показывает преобладание напряжения сдвига.

Вторичная трещина расширяется в двух направлениях. Левый конец трещины растет, пока не сливается с центральной трещиной. Центральная трещина остается неподвижной в течение этого времени и даже после слияния. Линейно-упругий анализ не покажет каких-либо признаков высоких касательных напряжений для возможной области вторичной трещины из-за того, что на ранних стадиях нагружения видны только высокие уровни напряжения в вершине трещины. Формирование вторичной трещины можно проследить, сравнив усилия сдвига и развитие повреждений вдоль поверхности раздела.

Это может быть связано с развитием сложного повреждения вдоль границы раздела, которое влияет на податливость на более поздних этапах загрузки. Параметр поврежденности начинается с нуля (неповрежденная граница раздела) и достигает единицы при образовании трещины. Область максимального повреждения расширяется вокруг обоих концов трещины. Однако повреждение вдали от вершин трещин остается меньше единицы. Это означает, что уровень повреждения не настолько высок, чтобы допустить образование вторичной трещины.

Однако в середине плеча также наблюдается участок ненулевой поврежденности, и при дальнейшем увеличении нагрузки параметр поврежденности увеличивается быстрее в области вторичной трещины вдали от вершины трещины. Новая зона повреждения зарождается и растет в области вторичной трещины. При дальнейшем нагружении параметр поврежденности перестает увеличиваться вблизи вершин трещины, а повреждение распространяется вокруг вторичной трещины, вызывая ее рост.

Список литературы

- 1 Шрайбер, М. А. Конечно-элементное моделирование тепловых процессов асинхронного тягового электродвигателя / М. А. Шрайбер // Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы : сб. материалов первой Междунар. науч.-техн. конф., Ташкент, 20–23 апреля 2022 г. – 2022. – С. 203–208.
- 2 Шрайбер, М. А. Моделирование термомеханических напряжений в изоляции тягового электродвигателя переменного тока. IV Бетанкуровский международный инженерный форум : электронный сб. тр. – СПб. : ПГУПС, 2022. – С. 410–412.
- 3 Шрайбер, М. А. Влияние термомеханической нагрузки на старение изоляции тяговых электродвигателей тепловозов / М. А. Шрайбер // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2022. – Т. 19, № 2. – С. 242–248.
- 4 Грищенко, М. А. Экспериментальные исследования тепловых процессов в якоре тягового электродвигателя тепловоза / М. А. Грищенко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 3 (24). – С. 78–89.

УДК 669.18

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ЗВЕНЬЕВ МЕХАНИЗМА ПОПЕРЕЧНО-СТРОГАЛЬНОГО СТАНКА

С. З. ЮНУСОВ, Ш. И. МАМАЕВ, А. Н. АВДЕЕВА, Т. М. ТУРСУНОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Среди многих приоритетных направлений развития Узбекистана, принятых указом президента на 2022–2026 годы, ключевой целью является увеличение КППД на душу населения в 1,6 раза за счёт высоких темпов роста экономики, включая горнодобывающую промышленность, сельское хозяйство, а главное – машиностроение. В реализации этой задачи особую роль играет создание современного технологического оборудования. Большую группу этого оборудования составляют долбежные и строгальные станки, которые используются в механических цехах, на всех крупных заводах Узбекистана (включая горно-металлургический комбинат в городе Алмалык, горно-металлургический завод в городе Навои, агрегатный завод сельскохозяйственных машин и механический завод в Ташкенте), а также в мелкосерийном производстве.

На рисунке 1 изображена кинематическая схема поперечно-строгального станка с кулисным механизмом привода. Механизм состоит из стоек θ , кривошипа 1, шатунов 4, 6, коромысла-кулисы 2 и кулис 3, 5. Станок работает от электродвигателя, который передает вращение шестисторонней коробки скоростей на вал, оборудованный скользящей шпанкой. Шпанка держит тройной блок шестерен, гарантирующий валу режим из трех скоростей. Следовательно, во время движения блока вдоль оси вала происходит поочередный захват шестерен с шестернями, закрепленными на шпонке на валу [1]. Работа поперечно-строгального станка (рисунок 1) происходит следующим образом. Резец совершает горизонтальное возвратно-поступательное движение со скоростями $v_{p,x}$ (рабочего хода) и $v_{x,x}$ (холостого хода). Это движение характеризуется числом двойных ходов в минуту полуза. Один двойной ход состоит из рабочего хода, при котором резец срезает слой металла сечением $f = ts = ab$, мм², и холостого хода, при котором резец возвращается в исходное положение [1].

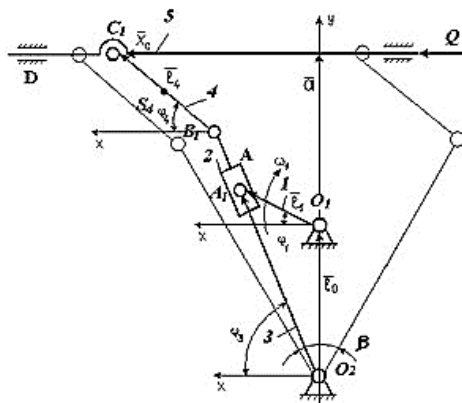


Рисунок 1 – Механизм поперечно-строгального станка

Для составления аналитических зависимостей воспользуемся условием замкнутости контуров их кинематических цепей, так как оно более удобно для плоских механизмов. Составляя уравнения проекции звеньев на соответствующие оси координат, устанавливают функциональную связь между кинематическими параметрами, характеризующими движение входных и выходных звеньев механизмов.

Изображенный на рисунке 1 шестизвенный механизм состоит из кривошипа 1, кулисного камня 2, качающейся кулисы 3, шатуна 4 и ползуна 5, совершающего возвратно-поступательное движение относительно стойки 6. Начальным звеном является кривошип, совершающий вращательное движение с угловой скоростью ω_1 . Кривошип является также и ведущим звеном, так как обладает обобщенной координатой – углом φ_1 . Выбираем прямоугольную систему координат XOY , начало которой совпадает с центром шарнира O_1 , ось X проходит через точки O_2 и B , а ось Y проводится