

УДК: 677.055.82:620.178.35

**СОУДАРЕНИЕ КЛИНА С ПЯТКОЙ ТРИКОТАЖНОЙ ИГЛЫ,
СОПРИКАСАЮЩЕЙСЯ С ИГОЛЬНИЦЕЙ**

А.П. МАЛЫШЕВ, А.И. ТОМИЛИН

(Московская государственная текстильная академия им. А.Н. Косыгина)

При ударном взаимодействии клиньев с пяткой трикотажной иглы контакт между ними в процессе движения может пропадать, что оказывает существенное влияние на характер нагружения иглы и ее долговечность.

Экспериментальные исследования [1] показали, что для чулочных автоматов ЧА-18.7 повреждение иглы в 12% случаев вызвано разрушением пятки по причине ее соударений с клиньями.

Данная работа посвящена исследованию динамической реакции пятки трикотажной иглы при ее ударе о заключающий клин с учетом сил внешнего сухого трения между иглой и игольницей.

В качестве простейшей модели трикотажной иглы возьмем два стержня, соединенных под прямым углом (рис.1-а). Иглу считаем абсолютно упругой. Подгибку иглы учитываем путем задания на боковой поверхности стержня 2 погонной нагрузки от сил трения q , направленной в сторону, противоположную местной скорости смещения иглы относительно игольницы. Принимаем, что клин контактирует с пяткой по всей ее длине. Неподвижная система координат фиксируется в момент первого контакта пятки с клином в указанном на рис.1 положении.

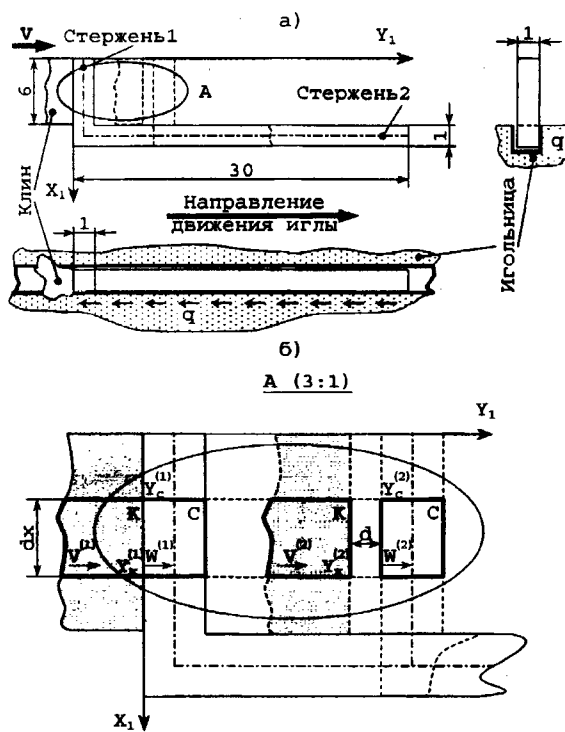


Рис. 1

Для моделирования удара клина по пятке выделим на ней элемент С длиной dx и рассмотрим его взаимодействие с элементом клина К (рис.1-б).

Пусть Y_K – координата поверхности клина, соприкасающейся с пяткой, а Y_C –

координата ответной поверхности пятки; W – поперечная скорость элемента пятки; V – скорость клина.

Когда участок пятки находится в контакте с клином, $Y_c = Y_k$ и $W = V$. После потери контакта между ними W при наличии трения рано или поздно станет меньше V . С другой стороны, элементы C и K остаются в контакте, пока выполнено соотношение $Y_c = Y_k$.

Соотношения для расчета Y_c и Y_k можно получить следующим образом. Пусть в момент времени t скорость элемента C была равна $W^{(1)}$, а его координата – $Y_c^{(1)}$. Для элемента клина K соответствующие величины обозначим $V^{(1)}$ и $Y_k^{(1)}$. Через промежуток времени Δt скорости элементов K и C примут значения $V^{(2)}$ и $W^{(2)}$ соответственно. Изменение координат контактирующих поверхностей за время Δt сначала вычисляем простым численным интегрированием скоростей V и W по времени:

$$\Delta Y_c = \frac{(W^{(2)} + W^{(1)})}{2} \Delta t, \quad (1)$$

$$\Delta Y_k = \frac{(V^{(2)} + V^{(1)})}{2} \Delta t = V \Delta t.$$

Если оказывается, что $Y_k^{(2)} \geq Y_c^{(2)}$, это означает наличие контакта между клином и пяткой. В этом случае выполняется коррекция скорости пятки из условия кинематического воздействия со стороны клина:

$$Y_c^{(2)} = Y_k^{(2)}, \quad W^{(2)} = V. \quad (2)$$

Моделирование волновых переходных процессов в игле при различных уровнях

нагрузки Q проводили с помощью системы «МОДЕСТ» [3], разработанной на основе методики [2]. Для обезразмеривания использовались соотношения

$$N = EFN^0; Q = EFQ^0;$$

$$M = E\sqrt{F^3}M^0; V = \sqrt{E/\rho}V^0;$$

$$W = \sqrt{E/\rho}W^0; q = E\sqrt{F}q^0;$$

$$t = \sqrt{F\rho/E}t^0; X = \sqrt{FX}^0. \quad (3)$$

Здесь безразмерные параметры отмечены верхним индексом 0. В дальнейшем используются только безразмерные параметры, а верхний индекс для краткости не приводится. E – модуль упругости при растяжении; ρ – плотность; F – площадь поперечного сечения стержня 1.

Скорость клина V принималась постоянной и равной 0,01; коэффициент Пуассона полагался равным 0,3. В качестве граничных условий на свободных торцах стержней 1 и 2 задавалось равенство нулю продольной N и поперечной Q сил, а также изгибающего момента M .

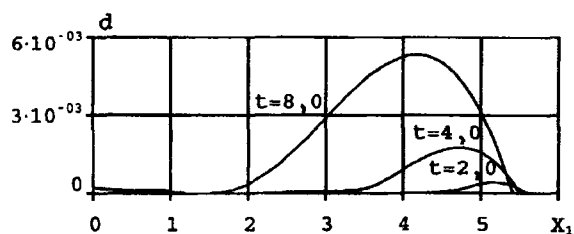


Рис. 2

На рис.2 показано начало отхода пятки от ударного клина при отсутствии трения ($q = 0$). По горизонтальной оси отложена координата X_1 стержня 1, а по вертикаль-

ной – смещение d (рис.1-б) стержня 1 относительно клина, обезразмеренное по \sqrt{F} , где F – площадь поперечного сечения стержня 1. Видно, что сразу после соударения пропадает контакт пятки с клином в области стыка пятки со стержнем иглы. В дальнейшем эта зона расширяется и смещается в сторону свободного торца. К моменту времени $t=8$ свободный торец пятки начинает удаляться от клина, увлекая за собой соседние участки.

Анализ волновой картины показывает, что, подобное деформирование связано с распространением вдоль пятки волны изгибающего момента, приходящей от стержня иглы. Следует отметить, что в зоне, прилегающей к стержню, контакт пятки с клином вскоре восстанавливается и сохраняется затем относительно длительный промежуток времени вплоть до $t=60$ (рис.3-а). С приходом волн, отраженных от свободного торца стержня иглы, пятка к моменту времени $t=64$ теряет контакт с ударным клином по всей длине, причем после отрыва пятки от клина повторных ударов уже не происходит ($t=90$).

На рис.3-б представлен процесс деформирования пятки при уровне трения $q=1,5 \cdot 10^{-4}$. Кривые 1...3 отражают состояние пятки после ее соударения с клином. Сравнение этих результатов с полученными для иглы, не подверженной воздействию трения, показывает, что последнее способствует увеличению деформаций пятки. Трение замедляет движение иглы, поэтому время, за которое пятка первый раз полностью теряет контакт с клином, увеличивается с $t=64$ до $t=78$. Торможение иглы приводит к тому, что ударный клин догоняет пятку в момент времени $t=140$. Происходит новое соударение пятки с клином. Причем она касается клина только частично. Остальная ее часть, не касающаяся клина, совершает слабые колебательные движения в плоскости иглы. Так продолжается вплоть до прихода к пятке новой группы волн, отраженных от свободного торца стержня иглы. Поскольку при втором соударении игла не покоилась, а находилась в движении, количество энергии, переданной ей клином, значительно меньше, чем при первом соударении. Когда к моменту времени $t=255$ игла оторвется от клина во второй раз, клин нагонит ее в момент времени $t=270$, то есть клин не будет воздействовать на иглу только в течение $t=15$. Это существенно меньше времени потери контакта $t=62$ после первого удара.

В дальнейшем игла вообще перестает терять связь с клином по всей длине и в области стыка пятки со стержнем иглы образуется зона постоянного контакта. Большая часть пятки со стороны свободного торца будет оставаться в отклоненном состоянии. При этом максимальная величина отклонения пятки от клина наблюдается в области свободного торца. Когда к пятке приходят волны, отраженные от свободного торца стержня иглы, в описанной зоне постоянного контакта будут наблюдаться незначительные деформации, уже не способные привести к полной потере контакта пятки с клином, тогда как остальная часть пятки будет отклоняться от клина еще дальше. Когда волновой пакет

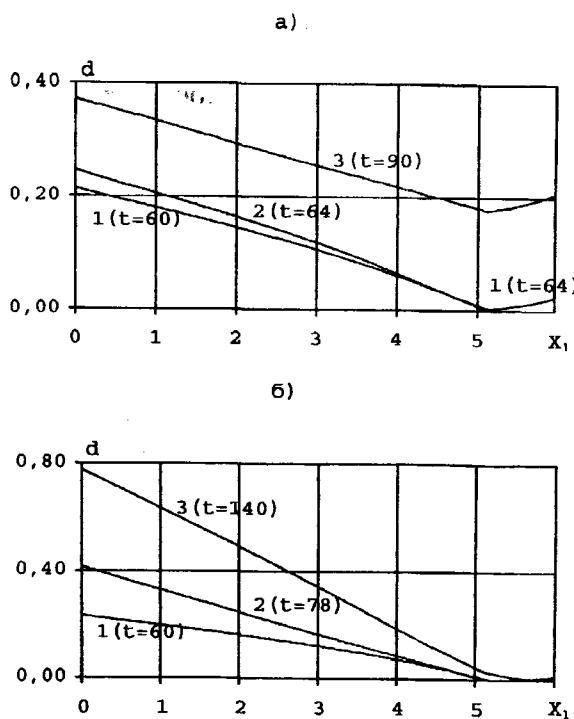


Рис. 3

от стержня 2 до свободного торца пятки, начнется ее разгрузка и пятка постепенно возвратится к своему прежнему состоянию.

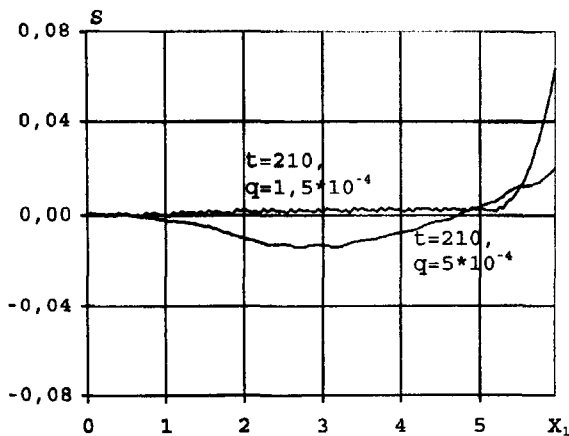


Рис. 4

Напряжение S достигает наибольших значений в средней части пятки, а также в месте ее стыка со стержнем иглы (рис.4). Именно здесь чаще всего происходит разрушение пятки [1].

При повышении уровня трения начиная с $q = 5 \cdot 10^{-4}$ уже не происходит потери контакта между клином и пяткой по всей ее длине. После соударения область пятки, примыкающая к свободному торцу, испытывает колебания, как и в предыдущем случае. К моменту времени $t = 200$ колебания затухают. Далее примерно $2/3$ длины пятки остается в отклоненном состоянии, совершая незначительные колебательные движения в плоскости иглы. Затухание колебательных процессов приводит к сглаживанию профилей напряжения. При повышении трения распределение нор-

мальных напряжений вдоль пятки становится более равномерным. Уменьшаются скачки напряжения S , которые наблюдаются при уровне трения $q = 1,5 \cdot 10^{-4}$ (рис.4). Значительное повышение уровня трения приводит вместе с тем к увеличению напряжений в области стыка пятки со стержнем иглы.

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования подтверждают, что одной из основных причин разрушения иглы в области пятки могут быть многократные соударения пятки с ударным клином, вызывающие резкие скачки напряжений. Полученные результаты подтверждают эффективность использования методики [2] и системы [3] для исследования подобных эффектов с учетом внешнего трения.

2. Численное моделирование позволило определить зоны возможных разрушений, а также исследовать характерные особенности развития волновых переходных процессов в игле при повторных соударениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцева Т.Н. Исследование прочности и долговечности игл круглошпунтовых автоматов: Дис. ... канд. техн. наук.—М., 1969.
2. Малышев А.П. // Изв. РАН, МТТ.— 1998, №6. С.149...155.
3. Патент РФ №990636. МОДЕСТ-Моделирование волновой динамики трикотажных игл с сухим трением / А.П. Малышев, А.И. Томилин— Оpubл. 1999.

Рекомендована кафедрой компьютерных технологий и теории машин. Поступила 10.04.01.