

УДК. 677.052.932.8

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ШАРИКА, РЕГУЛИРУЮЩЕГО  
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТКИ КРУЧЕНОЙ ПРЯЖИ**

Қ.Ж.Жуманиязов, Б.М.Мардонов, З.Эркинов, Х.Парпиев  
Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности  
Наманганский инженерно-технологический институт  
[zokirshoh\\_77@mail.ru](mailto:zokirshoh_77@mail.ru), [eze-textile@umail.uz](mailto:eze-textile@umail.uz)

*В данной статье проанализировано состояние техники и технологии кручения, изучена динамика вращательного движения по сферической поверхности шарика, оптимизирующие кинематические показатели нового устройства для производства крученой пряжи. Для равномерного распространения крутки в нити в разных углах рассчитаны параметры движения шарика, установленного на полое веретено.*

Внедрение в текстильную промышленность передовых и прогрессивных технологий, использования местного сырья и рабочих ресурсов создаёт возможность производства конкурентоспособной продукции. Основным направлением считается повышение уровня производства готовой продукции из местного сырья и доводить их качественные показатели, соответствующие требованиям уровня мирового рынка.

Текстильная промышленность республики в настоящее время находится в состоянии жесткой конкурентной борьбы с мировыми производителями хлопчатобумажных изделий.

Повышение конкурентоспособности хлопчатобумажных изделий - важнейшая задача отрасли и решить ее можно путем увеличения объема выпуска продукции, расширения ассортимента, улучшения качества и повышения эффективности работы текстильного производства. Для этого во главе руководства республики Узбекистан приняты меры по модернизацию устаревшего действующего оборудования и внедрению в производство новых технологий и устройств.

Текстильные материалы вырабатываются из высококачественной одиночной и крученой пряжи, выработанной с помощью новой техники и технологии. Известно, что крученая пряжа вырабатывается из нескольких одиночных или монопнитей путем сложения и придания им необходимой прочности путем кручения.

В производстве крученых изделий посредством кручения создают разнообразные структуры нитей. В тоже время процесс кручения является одним из самых трудоемких в производстве крученой пряжи. Поэтому вопросы совершенствования техники и технологии крутильного производства, а также ниточного производства уделяется большое внимание, как в республике, так и за рубежом.

Ведущие ученые - профессора В.А. Ворошилов, К.И. Корицкий, В.А.Усенко, В.Т. Костицын, Г.В.Соколов, А. Н.Соловьев, М.Н.Белицин, Е.А.Гриликес, А.А.Косцов, Т.А.Дубинова, А.Г.Коган, И.И.Мигушов, Р.З.Бурнашев, А.Г.Севостьянов, Ю.В.Павлов, Р.Аблаев, Х.Х.Ибрагимов и др. не только теоретически, а также и на практике, исследовали технику и технологию по кручению нитей. И многие из научных трудов этих ученых внедрены в производство, благодаря ведущим производителям текстильного машиностроения. Как ученые и производители текстильных машин России и бывших республик СНГ, так и зарубежные ученые и производители успешно работали и работают по усовершенствованию техники и технологии кручения.

Внедрение полых веретен привело к быстрому росту усовершенствования техники и технологии кручения. Быстрый рост производства техники и технологии кручения привело к уменьшению трудоемкости, повышению производительности машин и повышению качества крученой нити, а также разработкам разнообразных крутильных машин. Тростильно-крутильные машины одна из этих достижений. Крученые нити со

временем начали производить на тростильно-крутильных машинах с применением веретен двойного кручения.

Преимущество способа двойного кручения перед кольцевым: во первых производительность повышается в 2 раза, во вторых отсутствует процесс перематывания, третьих, питающие и выпускные паковки имеют большую массу, а также производительность труда крутильщиц увеличивается в 3 раза и сокращаются производственные площади, расход электроэнергии, эксплуатационные расходы на содержание машин.

Новые машины двойного кручения выпускали основные мировые фирмы-производители: Volkmanн (Германия) модель VTS, Savio (Италия) модель TDS, ICBT-Verdol (Франция) новую версию модели DT 3000, Barmag (Германия) модель WT1E и DD13/23, ICBT-ACBF (Франция) и Ratti (Италия), Испанская фирма Tallers ROF, S.a. модель DTR/4 [1]. Несмотря на различные конструкции у вышеизложенных машин двойного кручения схожи технологические процессы. Процесс кручения у них образуется на веретене двойного кручения.

Из вышеизложенных машин двойного кручения на текстильных предприятиях Узбекистана установлены модели VTS фирмы Volkmanн (Германия) и модель TDS фирмы Savio (Италия).

Фирма Volkmanн до сих пор модернизировала и выпустила модели VTS-07/-08/-09/-10/-ST eco [2], а фирма Savio TDS/Cosmos/Sirius [3].

В годы независимости в Узбекистане бурными темпами развивается текстильная промышленность, увеличивается ассортимент и повышается экспортная доля продукции за счет модернизации предприятий, внедрения новой техники и технологии.

Ученые Ташкентского института текстильной и легкой промышленности и Наманганского инженерно-технологического института работают над научно-исследовательскими работами по изучению и усовершенствованию техники и технологии кручения волокнистых материалов, что приводит к увеличению ассортимента и производства ткани из крученой нити.

В целях увеличения ассортимента текстильных материалов и требований предъявляемых к крученой пряже авторами разработано новое устройство, позволяющее выработать крученую пряжу на самом веретене [4].

Принцип работы предлагаемого устройства заключается в том, что трощеная пряжа сматываясь с вращающейся бобины, насаженной на полое веретено, образуя баллон поступает на насадку, насаженную в верхнюю часть веретена. Насадка состоит из втулки, с эксцентричным отверстием, в полость которой вставлен шарик, находящийся в гнезде подпружиненной пряже выводимой трубки, благодаря которому происходит удерживание трощёной пряжи. Скручивание пряжи происходит на участке шариковый зажим - выпускная пара, при вращении веретена вместе с насаженной на него насадкой. Выходя из трубки, пряжа получившая кручение, поступает на выпускную пару и наматывается на цилиндрическую бобину.

В статье более подробно изучено соответствие технологических и кинематических показателей на новом устройстве, исследована динамика вращательного движения шарика внутри сферического сосуда, которая позволяет оптимальную крученую пряжу на самом веретене.

Пусть сферический сосуд вращается совместно с шариком массой -  $m$  и радиусом -  $r$  вокруг оси  $oz$ . Установим начало координат в центре сферического сосуда. Направим ось, вдоль оси вращения сосуда (рис.1). Под воздействием центробежной силы шарик совершает движение вдоль окружности, лежащей в плоскости  $zoу$ . Кинетическая энергия шарика с учетом вращения сосуда с угловой скоростью -  $\omega$  будет равна:

$$T = \frac{1}{2} \left( M + \frac{J}{r^2} \right) (R - r)^2 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} \omega^2 (R - r) M \sin^2 \varphi$$

где  $J$ - момент инерции шара вокруг своей оси;  $R$ - радиус сферы;  $r$ - радиус шара,  $M$ -масса сосуда.

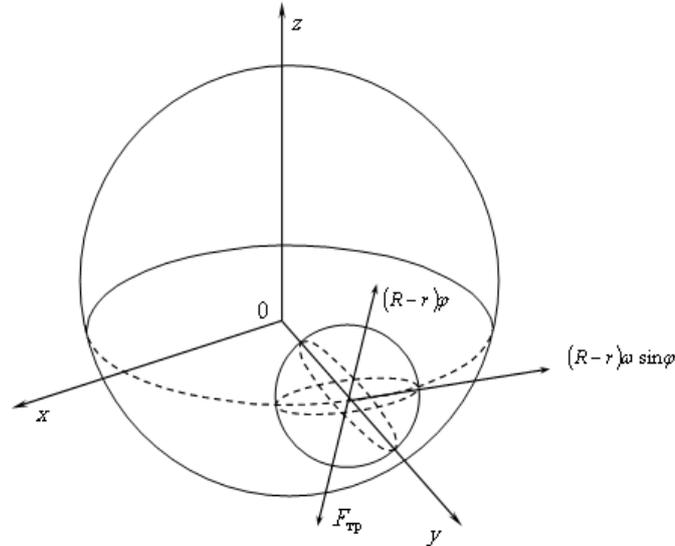


Рис.1. Схема расположения шарика внутри сферического сосуда.

Движение точечной массы по внутренней поверхности полусферы изучено в работе [2].

Считаем, что шарик вращается вокруг своей оси, параллельной оси  $ox$ , катится без скольжения по внутренней поверхности сферы. Сопротивление качения не учитываем, то сила трения на поверхности сферы, лежащей в плоскости  $zoy$ , создаёт условие катания шарика и её работа будет равна к нулю.

Выбираем в качестве обобщенной координаты угол  $\varphi$  и составим уравнение Лагранжа II-рода:

$$\frac{d}{d\varphi} \left( \frac{dT}{d\dot{\varphi}} \right) - \frac{dT}{d\varphi} = Q_{\varphi}$$

где  $Q_{\varphi}$  - обобщенная сила равна:

$$Q_{\varphi} = -P \sin \varphi = -mg \sin \varphi$$

Подставляя выражения  $T$  и  $Q_{\varphi}$ , составим уравнение:

$$\ddot{\varphi} = \frac{m\omega^2 \sin 2\varphi}{2 \left( M + \frac{J}{r^2} \right)} - \frac{mg \sin \varphi}{\left( M + \frac{J}{r^2} \right) (R-r)}$$

Вводя безразмерные величины  $\tau = \omega t$ ,  $a = \frac{g}{(R-r)\omega^2}$

последнее уравнение приведем к виду  $\left( \ddot{\varphi} = \frac{d^2\varphi}{d\tau^2} \right)$

$$\ddot{\varphi} = \sin \varphi (\cos \varphi - a) \quad (1)$$

Установив начальные условия задачи, полагаем  $\varphi = \varphi_0$ ,  $\dot{\varphi} = 0$  при  $\tau = 0$ . Движение в сторону увеличения угла  $\varphi$  возможно, если  $\ddot{\varphi} \geq 0$  при  $\tau = 0$ .

Случай  $\varphi_0 = 0$  соответствует случаю отсутствия движения (равновесному положению шарика). Поэтому в дальнейшем полагаем  $\varphi_0 \neq 0$ . Если  $a \geq 1$ , то  $\ddot{\varphi} \leq 0$  движение шарика происходит в обратном направлении. В дальнейшем полагаем,  $a < 1$ , тогда из уравнения (1) имеем, если  $\cos \varphi_0 \geq a$ , то  $\ddot{\varphi} \geq 0$ , если  $\cos \varphi_0 \leq a$  то  $\ddot{\varphi} \leq 0$ .

В первом случае движение в положительную сторону  $\varphi$  возможно, если

$$\omega^2 \geq \sqrt{\frac{g}{(R-r)\cos\varphi_0}} \quad (2)$$

В этом случае угловая скорость вращения сферы достаточно чтобы, шарик из положения  $\varphi = \varphi_0$  начал совершить движение в сторону увеличения угла  $\varphi$ . Если имеет место условие  $\cos\varphi_0 \leq a$ , то получаем

$$\omega^2 \leq \sqrt{\frac{g}{(R-r)\cos\varphi_0}} \quad (3)$$

В этом случае под действием силы тяжести шарик совершает движение в обратном направлении.

Пусть выполняется условие  $\cos\varphi_0 \geq a$ , тогда  $\varphi < \varphi = \arccos a$ . Полагая  $\varphi = \dot{\varphi}(\varphi)$ , получаем  $\varphi = \varphi \frac{d\varphi}{a\varphi} = \sin\varphi(\cos\varphi - a)$ .

Интегрируя с начальным условием  $\dot{\varphi} = 0$  при  $\varphi = \varphi_0$ , получаем:

$$\dot{\varphi} = 2\sqrt{2\left[\frac{1}{4}\cos 2\varphi_0 - \frac{1}{4}\cos 2\varphi + a\cos\varphi - a\cos\varphi_0\right]}\beta,$$

где 
$$\beta = \frac{M}{M + \frac{J}{r^2}}$$

Скорость шарика обращается в ноль для значения угла  $\varphi = \varphi_1$ , которое определяется из следующего уравнения:

$$\cos 2\varphi_0 - \cos 2\varphi_1 + 4a\cos\varphi_1 - 4a\cos\varphi_0 = 0$$

И в таблице 1 приведется  $\varphi_1$  для различных значений параметра  $a$ . В расчетах принято  $R=9\text{мм}$ ,  $r=6\text{мм}$ ,  $\omega=800\text{с}^{-1}$ . При этом имеем  $\varphi = 70.56^\circ$  (градус).

Угол  $\varphi_1$  для различных значений параметра  $a$ .

Таблица 1.

$\varphi_0$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$\varphi_1$ (град)	169	53.7	58.2	62.7	67.2	71.7	76.2	81	85	90

$\varphi_0$	7.05	14.11	21.2	28.2	35.3	42.3	49.4	56.45	63.5	70.5
$\varphi_1$	169	163	157	150	144	137	130	123	116	109

Из табличных данных следует, что с ростом начального значения угла  $\varphi_0$  центробежная сила, действующая на шарик по закону  $M\omega^2(R-r)\sin\varphi \cdot \cos\varphi = \frac{1}{2}M\omega^2(R-r)\sin 2\varphi$ . Сначала увеличивается ( $0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{4}$ ) и далее с ростом угла  $\varphi$  ( $\frac{\pi}{4} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$ ) уменьшается, поэтому при малых начальных значениях  $\varphi_0$  с ростом угла  $\varphi$  центробежная сила увеличивается. Как показывают расчеты, максимальный угол поворота шарика  $\varphi$  вдоль окружности в плоскости  $zoy$  расчет с ростом начального угла примерно по линейному закону.

На рис.2 представлены зависимости изменения этого угла, по времени при различных значениях угла  $\varphi_0$ .

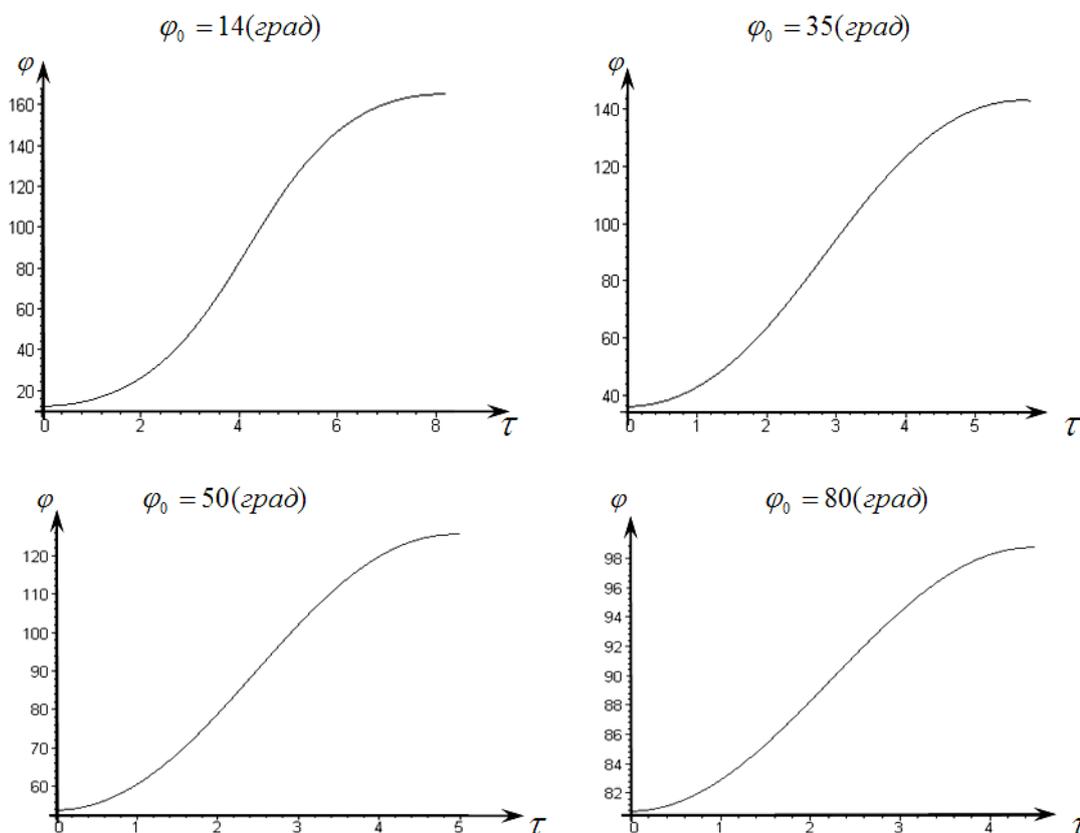


Рис.2. Зависимости угла поворота  $\varphi$  от безразмерного времени  $\tau = \omega t$  при различных значениях начального угла  $\varphi_0$ .

## ВЫВОДЫ

Из вышеизложенного можно сделать вывод, когда сферический сосуд вращается совместно с шариком массой -  $m$  и радиусом -  $r$  вокруг оси  $oz$  и скорость шарика обращается в ноль для значения угла  $\varphi = \varphi_1$ , то с ростом начального значения угла центробежная сила действующая на шарик по закону сначала увеличивается и далее с ростом угла уменьшается, поэтому при малых начальных значениях  $\varphi_0$  с ростом угла  $\varphi$  центробежная сила увеличивается. По расчетам видно, максимальный угол поворота шарика  $\varphi$  вдоль окружности, в плоскости  $zoу$  расчет с ростом начального угла по линейному закону.

## ЛИТЕРАТУРА

1. J. Bruske. Twisting and yarn make-up. First concepts of material flow in two-one twisting, consequent use of microprocessors in fancy yarn twisting, improved automation in yarn make-up. ITV Yarn Forming 4/87.
2. [www.zaurer.com](http://www.zaurer.com)
3. [www.savio.it](http://www.savio.it)
4. Х. Парпиев, З. Эркинов, У. Мелибоев, И. Азизов. Патент РУз. FAP 00565 “Устройство для кручения пряжи”. Бюллетень изобретений.
5. М.И. Бать, Г.Ю. Джономедзе, А.С.Кельзон. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т-II. М.1975. 608 стр.