

**ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАКОНА ДВИЖЕНИЯ ТОЛКАТЕЛЯ КУЛАЧКОВОГО ПРИВОДА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТКАЦКИХ СТАНКОВ ТИПА СТБ**

**Скрехин А.П., Жукова Е.А., Тувин А.А.**

Скрехин Алексей Павлович, Жукова Елизавета Александровна, Тувин Александр Алексеевич  
Ивановский государственный политехнический университет,  
г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21.  
E-mail: tuvinn@ivgpiu.com

*Статья посвящена выбору закона движения толкателя кулачкового привода исполнительных механизмов ткацких станков типа СТБ. Приведены наиболее распространенные законы движения - циклоидальный, при котором ускорение изменяется по закону синуса; закон Шуна; закон Стоддарта, при котором график ускорения имеет форму типа наклонной синусоиды; двойной гармонический закон, при котором график ускорения имеет форму типа наклонной синусоиды; закон Неклютина для движения с выстоем и без выстоя. Для этих законов рассчитаны максимальные значения коэффициентов скоростей и ускорений. Используя разработанные подпрограммные модули были рассчитаны параметры профиля кулачков для исследуемых законов движения толкателя - координаты точек теоретического профиля кулачков, радиус кривизны и координаты центра кривизны профиля кулачков, углы давления кулачкового привода и кинематические параметры толкателя. В статье выбраны оптимальные законы движения толкателя для батанного и зевообразовательного механизмов ткацких станков типа СТБ.*

*Ключевые слова:* ткацкий станок, закон движения, кулачок, кулачковый привод, батанный механизм, зевообразовательный механизм, коэффициент скорости, коэффициент ускорения.

**JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE LAW OF MOTION OF THE CAM PUSH DRIVE OF THE EXECUTIVE MECHANISMS OF LOOMING MACHINES STB TYPE**

**Skrekhin A.P., Zhukova E.A., Tuvinn A.A.**

Skrekhin Aleksey Pavlovich, Zhukova Elizaveta Aleksandrovna, Tuvinn Aleksandr Alekseevich.  
Ivanovo State Polytechnic University,  
Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky ave., 21.  
E-mail: tuvinn@ivgpiu.com

*The article is devoted to the choice of the law of motion of the pusher of the cam drive of the executive mechanisms of STB-type looms. The most common laws of motion are given - cycloidal, in which the acceleration changes according to the sine law; Shun's law; Stoddart's law, in which the acceleration graph has the form of an inclined sinusoid type; double harmonic law, in which the acceleration graph has the form of an inclined sinusoid type; Neklyutin's law for motion with and without a standstill. The maximum values of the velocity and acceleration coefficients are calculated for these laws. Using the developed subroutine modules, the parameters of the cam profile for the studied laws of pusher motion were calculated - the coordinates of the points of the theoretical cam profile, the radius of curvature and the coordinates of the center of curvature of the cam profile, the pressure angles of the cam drive and the kinematic parameters of the pusher. The article selects the most optimal laws of pusher motion for the batan and yawning mechanisms of STB-type looms.*

*Keywords:* loom, law of motion, cam, cam drive, batan mechanism, gaping mechanism, speed coefficient, acceleration coefficient.

При выборе закона движения толкателя кулачкового привода исполнительных механизмов ткацких станков в первую очередь анализируют следующие показатели: безударную работу механизма, обеспечение высокой производительности при минимальном расходе электроэнергии, надежность и долговеч-

ность работы механизма, а также технологичность изготовления профиля кулачка [1].

Для точного воспроизведения заданного закона движения толкателя требуется точное проектирование профилей кулачков, что достигается только аналитическим методом.

В зависимости от технологии изготовления необходимо знать координаты точек. Особенностью исполнительных механизмов современных ткацких станков следует считать наличие в нем как низших плоских и пространственных кинематических пар, образованных звеньями рычажного механизма, так и высших кинематических пар, образованных профилями кулачков и роликов кулачкового механизма. Профили кулачков (кулачка и контркулачка) являются геометрически сопряженными. Применение кулачков с геометрически сопряженными профилями требует высокой точности их расчета, изготовления и сборки. На первом этапе исследования целесообразно отдельно рассмотреть кулачковый механизм и основные требования, которым он должен удовлетворять с точки зрения условий работы и назначения.

Все исполнительные механизмы ткацких станков, имеющие кулачковый привод, с точки зрения технологического процесса должны иметь свои специфические требования – наличие или отсутствие фаз выстоя, плавность начала или окончания фаз движения (удаления или сближения), закон движения толкателя, параметры закона движения, продолжительность фаз движения и т.д.

Выбор закона движения толкателя для фаз удаления и сближения (подъема и опускания) определяется необходимостью осуществления технологического процесса. Критериями выбора закона движения толкателя являются условия: безударная работа механизма, обеспечение высокой производительности при минимальном расходе электроэнергии, надежность и долговечность работы механизма, а также простота изготовления профиля кулачка. Наиболее распространенными законами движения для исполнительных механизмов ткацких станков являются [1]:

- циклоидальный, при котором ускорение изменяется по закону синуса;
- закон Шуна;
- закон Стоддарта, при котором график ускорения имеет форму типа наклонной синусоиды;
- двойной гармонический закон, при котором график ускорения имеет форму типа наклонной синусоиды;
- закон Неклютина для движения с выстоем и без выстоя.

Выбор закона движения толкателя предоставляется самому постановщику задачи по

профиля кулачка в полярной и прямоугольной системах координат.

проектированию данного кулачкового механизма [2-4]. В работе [1] законы движения толкателя в виде уравнений в большинстве случаев задаются только для фазы удаления. Законы движения толкателя на фазе удаления и на фазе сближения могут быть разными как по форме, так и по продолжительности фаз. Зная закон движения на фазе удаления, как функцию безразмерного параметра, представляющего собой отношение текущего угла поворота кулачка к фазовому углу кулачка, можно всегда найти уравнение для фазы сближения.

Важным является и выбор продолжительности фаз выстоя механизма в крайнем положении (для батанного механизма - в крайнем переднем положении или в момент прибоя). До настоящего времени не предложено рекомендаций по выбору данного параметра. Подразумевается, что за это время только что прибитая уточная нить должна быть закреплена в опушке ткани путём перегибания нитей основы. Однако, этого в большинстве случаев не происходит, т.к. на неё действуют значительные «выталкивающие» силы, а небольшой угол раскрытия зева не обеспечивает адекватного удерживающего усилия. Значительную роль в этом процессе играет и коэффициент трения относительного скольжения нитей основы и утка. Поэтому, в дальнейшем необходимо анализировать взаимосвязь продолжительности выстоя батана в переднем положении и цикловую диаграмму работы механизмов зевобразования и прокладывания утка для различных перерабатываемых материалов.

В зевобразовательных механизмах движение толкателя должно быть безударным. Ускорение ремизки во время фаз движения должно изменяться плавно, без толчков.

Используя универсальную программу «Кулак» [5, 6] с помощью разработанных подпрограммных модулей [7] были рассчитаны параметры профиля кулачков для исследуемых законов движения толкателя - координаты точек теоретического профиля кулачков, радиус кривизны и координаты центра кривизны профиля кулачков, углы давления кулачкового привода и кинематические параметры толкателя.

Анализ расчетов параметров профилей спаренных кулачков например для батанного механизма ткацкого станка типа СТБ при этих

законах движения толкателя показал, что циклоидальный закон в начале и конце фазы удаления обеспечивает приращение в несколько десятых миллиметров, а в середине и до пяти десятых миллиметров, что упрощает изготовление копирного диска так как не требуется высокоточного оборудования, но данный закон удовлетворяет требованию безударной работы только в том случае если присутствуют фазы выстоя [8]. Закон Неклютина без выстоя удовлетворяет условию плавной безударной работы, но у данного закона в начале и конце фазы движения, приращение радиуса кулачка составляет десятые, сотые, а иногда и тысячные доли миллиметров. Изготовление и ремонт таких кулачков трудоемки, а при изнашивании профиля преимущество этого закона практически теряется. Синусоидальный закон движения толкателя является более универсальным так как его изготовление не требует высокоточного оборудования, и он обеспечивает безударную работу механизма на достаточно высоких скоростях. При двойном гармоническом законе в начале движения равны нулю первая, вторая и третья производные

(скорость, ускорение и пульс). Двойной гармонический закон предназначен для использования в тех случаях, когда требуется снизить динамические нагрузки, возникающие при упругих колебаниях. Если же система не имеет склонности к их возникновению, то есть частота собственных колебаний значительно отличается от частоты приложения внешних возмущающих сил, то более выгодным считается закон Стоддарта, так как при этом законе получаются меньшие значения максимальной скорости и ускорения.

В большинстве случаев при профилировании кулачков исполнительных механизмов задаются законом движения толкателя, а не выходного звена (в батанных механизмах – лопасти батана, в зевобразовательных – ремизных рамок) [9, 10]. Это упрощает решение поставленной задачи. Сопоставление различных законов движения производится путем сравнения максимальных значений коэффициентов скоростей и ускорений, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Максимальные значения коэффициентов скоростей и ускорений  
Table 1. Maximum values of the coefficients of speeds and accelerations

Закон изменения ускорения	синусоидальный	Стоддарта	Неклютина для движения без выстоя	двойной гармонический	Шуна	Неклютина для движения с выстоями
Максимальное значение аналога:						
скорости	2,00	1.77	2,00	2,04	1.88	2,00
ускорения	6.28	5.27	4.49	9.86	5.77	4.49

Нами предложен для практического применения в батанных механизмах ткацких станков закон Неклютина без выстоя, так как в этом случае максимальное значение модуля ускорения лопасти батана меньше, чем при остальных законах; для практического применения в зевобразовательных механизмах ткацких станков предлагаем использовать закон Неклютина для движения с выстоями.

Так как максимальное значение аналога ускорения при движении по закону Неклютина с выстоями и без выстоев одинаково - далее мы видим разницу в сравнении с другими законами, табл.1 (синусоидальный – на 28,5%, Стоддарта – на 14,8%, двойной гармонический – на 54,46%, закона Шуна – на 22,18%), что обеспечивает соответствующее снижение сил инерции, а следовательно, и максимальных

нагрузок на звенья исполнительных механизмов.

Для других исполнительных механизмов ткацкого станка аналогичным образом так же можно подобрать оптимальный закон движения толкателя – учитывая наличие или отсутствие фаз выстоя, плавность начала или окончания фаз движения (удаления или сближения), закон движения толкателя, параметры закона движения, продолжительность фаз движения и т.д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Левитский Н.И.** Кулачковые механизмы. М.: Машиностроение, 1964. 288 с.
2. **Норенков И.П.** Основы автоматизированного проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 430 с.
3. **Тимофеев Г.А.** Теория механизмов и машин. Москва: Издательство Юрайт, 2020. 432 с.
4. **Тарабарин В.Б.** Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование кулачковых механизмов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 112 с.
5. **Тувин А.А., Шляпугин Р.В., Пирогов Д.А.** Автоматизированный расчет кулачково-стержневых механизмов. Иваново: ИВГПУ, 2018. 224 с.
6. **Тувин А.А., Суров В.А., Шляпугин Р.В.** Свидетельство об отраслевой регистрации программы для ЭВМ № 5498. Программа автоматизированного расчета силовых параметров стержневых и кулачково-стержневых механизмов текстильных машин «СРМТМ». Зарегистрировано в Отраслевом фонде алгоритмов и программ государственного координационного центра информационных технологий 12.12.2005. 3 с.
7. **Тувин А.А., Суров В.А., Андриянов В.М.** Основы автоматизированного расчета стержневых механизмов II-го класса. Иваново: ИГТА, 1998. 92 с.
8. **Фонарев А.В., Тувин А.А.** Оптимизация закона движения толкателя батанного механизма металлотакающих станков типа СТР. Молодые ученые - развитию текстильной и легкой промышленности (Поиск-2001): тез. докл. межвузовской научно-техн. конф. Иваново, 2001.

9. **Суров В.А., Тувин А.А.** Динамика упругих систем батанных механизмов металлотакающих станков. Иваново: ИГТА, 2004. 184с.

10. **Тувин А.А., Пирогов Д.А.** Компьютерное моделирование механизма образования зева металлотакающих станков. *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2009. № 6. С. 119–121.

#### REFERENCES

1. **Levitsky N.I.** Cam mechanisms. M.: Mashinostroenie, 1964. 288 p.
2. **Norenkov I.P.** Basics of computer-aided design. M.: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman, 2009. 430 p.
3. **Timofeev G.A.** The theory of mechanisms and machines. Moscow: Yurayt Publishing House, 2020. 432 p.
4. **Tarabarin V.B.** The theory of mechanisms and machines. Course design of cam mechanisms. M.: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman, 2007. 112 p.
5. **Tuvin A.A., Shlyapugin R.V., Pirogov D.A.** Automated calculation of cam-rod mechanisms. Ivanovo: IVGPU, 2018. 224 p.
6. **Tuvin A.A., Surov V.A., Shlyapugin R.V.** Certificate of branch registration of the computer program N 5498. The program for the automated calculation of the power parameters of the rod and cam-rod mechanisms of the SRMTM textile machines. Registered in the Branch Fund of Algorithms and Programs of the State Coordination Center for Information Technologies 12.12.2005. 3 p.
7. **Tuvin A.A., Surov V.A., Andriyanov V.M.** Fundamentals of the automated calculation of rod mechanisms of the II class. Ivanovo: IGTA, 1998. 92 p.
8. **Fonarev A.V., Tuvin A.A.** Optimization of the law of motion of the pusher of the batnaya mechanism of metal-weaving machines of the STR type. Young scientists - for the development of textile and light industry (Poisk-2001): abstracts. report interuniversity scientific and technical. conf. Ivanovo, 2001.
9. **Surov V.A., Tuvin A.A.** Dynamics of elastic systems of batanny mechanisms of metal rolling machines. Ivanovo: IGTA, 2004. 184 p.
10. **Tuvin A.A., Pirogov D.A.** Computer modeling of the mechanism of formation of the shed of metal looms. *Izv. universities. Textile industry technology.* 2009. N 6. P. 119–121.