

УДК 677.054

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БОЕВОГО МЕХАНИЗМА
ТКАЦКОЙ МАШИНЫ
С МАЛОГАБАРИТНЫМИ ПРОКЛАДЧИКАМИ УТКА**

**OPERATIONAL OPTIMIZATION OF THE PICKING MECHANISM
OF THE PROJECTILE WEAVING MACHINE**

А.И. БОРИСОВ, Е.Н. ХОЗИНА, В.А. МАКАРОВ, О.С. ЖУРАВЛЁВА
A.I. BORISOV, E.N. KHOZINA, V.A. MAKAROV, O.S. ZHURAVLEVA

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: zhuravlevaos@yandex.ru

Исследован характер работы торсионного боевого механизма ткацких машин типа СТБ и СТБУ, и предложены два способа снижения нагрузок на него: при минимальных затратах на модернизацию рекомендуется использовать имеющийся боевой кулачок с измененной фазовой установкой, при частичной модернизации – выполнение профиля боевого кулачка в соответствии с измененной цикловой диаграммой его работы. Рассмотрены фазы движения боевого механизма, определены передаточные отношения между углами поворота торсиона и трехплечего рычага, указаны формулы приведения моментов инерции масс элементов боевого механизма к его ведущему звену.

The kind of work of the torsion picking mechanism of the projectile weaving machine has been investigated and two ways have been proposed to decrease loads on it: with the minimum expenses on the mechanism modernization it is recommended to use existent picking cam with modified phase setting, in the case of partial modernization it is recommended to modify the weaving machine cycle diagram. The picking mechanism motion phases have been examined, the reduction ratios between the rotation angles of the torsion and three-arm lever have been determined, formulas for reduction picking mechanism mass inertia moments to the guide link are given.

Ключевые слова: торсионный боевой механизм, максимальные нагрузки, передаточное отношение, момент инерции масс, цикловая диаграмма, боевой кулачок.

Keywords: torsion picking mechanism, maximum loads, reduction ratio, mass inertia moment, cycle diagram, picking cam.

На ткацких машинах (ТМ) типа СТБ и СТБ(У) прокладка точной нити в зеве осуществляется микропрокладчиками, получающими свое движение от боевого механизма (БОМ) и перемещающимися в направляющем канале батана. Начальная скорость прокладчиков утка не зависит от скорости ма-

шины, а определяется потенциальной энергией закрученного торсионного вала.

Боевой механизм (рис. 1-а) – это рычажно-стержневая система, имеющая две оси вращения и представляющая собой четырехзвено-ник-контрпараллелограмм, который в своем движении доходит до "мертвого" положения.

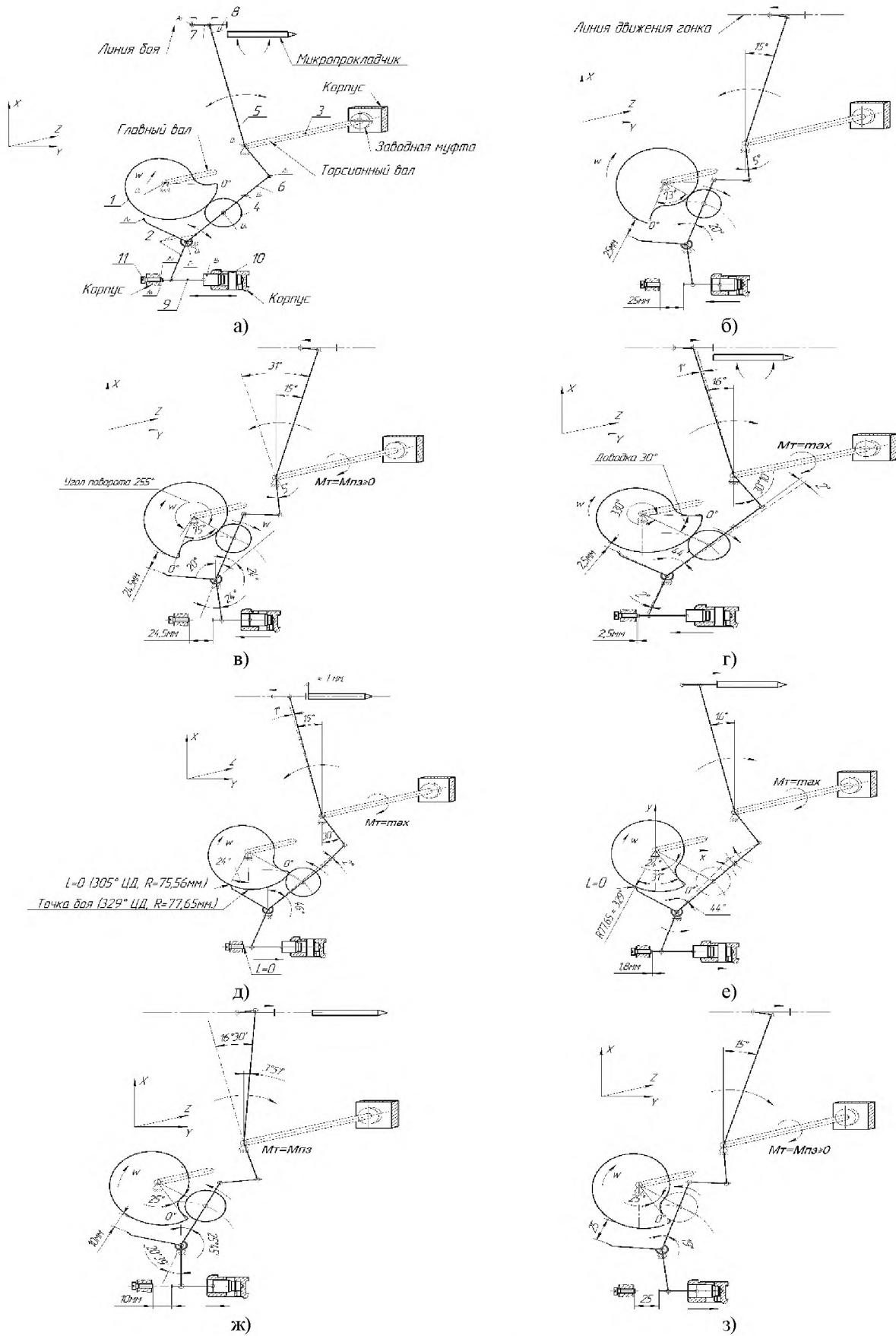


Рис. 1

Для выявления характера движения элементов и деталей БОМ ТМ типа СТБ(У) рассмотрим этапы его работы в семи основных положениях (рис. 1-б...з).

На рис. 1-б БОМ полностью стабилизировался после боя и готов к повторному взводу. Боевой кулачок, после того как он взвел боевой механизм и полностью закрутил торсион, вышел из контакта с роликом трехплечего рычага и продолжает вращаться, поворачиваясь на угол $173...175^\circ$.

На рис. 1-в БОМ показан в положении начала взвода, при котором угол поворота боевого кулачка относительно нулевого положения равен 175° .

На рис. 1-г БОМ показан в "мертвом" положении. При этом момент на торсионном валу максимальный, а кулачок поворачивается на 315° относительно предыдущего положения. В это время заканчивается взведение БОМ, и происходит подача прокладчика на линию боя.

На рис. 1-д погонялка отклонена от вертикали на 15° влево (крайнее левое положение), а трехплечий рычаг повернут на 46° и находится на упоре, причем расстояние между упорным винтом и шатуном демпфера равно нулю. Диода заведена за "мертвое" положение на 2° . Нагрузка на кулачок при этом полностью отсутствует, так как ролик трехплечего рычага теряет контакт с профилем боевого кулачка. Микропрокладчик выведен на линию боя, и БОМ готов к пробросу его через зев.

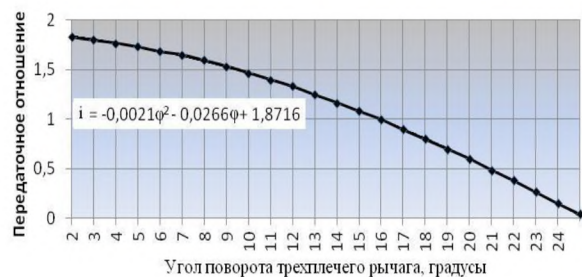
На рис. 1-е показано начало боя. Кулачок повернут на 49° относительно предыдущего положения. "Курок" трехплечего рычага находится в точке боя, то есть расстояние между "курком" и точкой боя на боевом кулачке равно нулю (254° относительно нулевого положения при радиусе кулачка $R = 77,65$ мм). Кулачок, поворачиваясь далее, давит на "курок" и выводит диоду (рис. 1-а) на прямую линию, механизм переводится в неустойчивое положение. При дальнейшем вращении кулачка происходит "срыв" механизма из его "мертвого" положения, то есть "бой". При этом торсион раскручивается, погонялка 5 (рис. 1-а) начинает поворачиваться и через

серьгу 7 и гонок 8 толкает микропрокладчик с закрепленной уточной, разгоняя его от нулевой до скорости, которую обеспечит энергия закрученного торсиона.

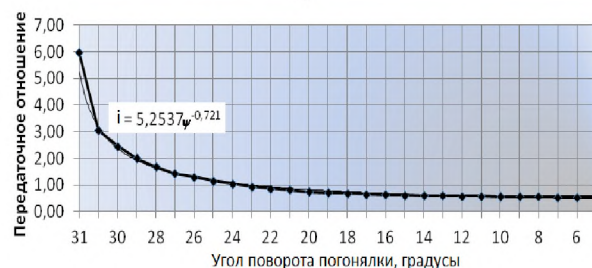
На рис. 1-ж – начало работы демпфера. Погонялка поворачивается на $16^\circ 30'$ относительно предыдущего положения, ее скорость достигает максимума, погонялка через серьгу двигает гонок и микропрокладчик, а затем происходит отрыв последнего от гонка.

На рис. 1-з БОМ стабилизируется после боя, масло в катаракте масляного демпфера начинает плавно останавливать поршень, а с ним и все звенья механизма. Кулачок повернут на 24° , радиус кулачка в точке соприкосновения с роликом трехплечего рычага равен $55,88$ мм. Погонялка вернулась в свое крайнее правое положение, БОМ готов к повторному взводу (144° по цикловой диаграмме (ЦД)).

Анализ фаз движения БОМ выявил ряд особенностей работы механизма, обусловленных рычажно-стержневой конструкцией БОМ, выполненной в форме контрпараллелограмма. Первая особенность состоит в том, что при равномерном повороте трехплечего рычага на угол 24° поворот торсиона при его зарядке на угол 31° происходит неравномерно.



а)



б)

Рис. 2

Вторая особенность заключается в том, что характер изменения передаточного отношения между поворотом торсиона и трехплечего рычага различен в зависимости от того, закручивается или раскручивается торсион. При закручивании торсионного вала передаточное отношение i изменяется от 1,85, в начале зарядки, до 0 – в конце зарядки (рис. 2-а), в зависимости от линейных размеров звеньев механизма, их положения относительно его "мертвого" положения, выбираемых осей приведения и угла поворота соответствующего ведущего звена.

На рис. 2 показаны графики изменения передаточного отношения при зарядке и разрядке торсиона.

Изменение передаточного отношения в зависимости от угла поворота трехплечего рычага φ° можно аппроксимировать формулой:

$$i = -0,0021\varphi^2 - 0,0266\varphi + 1,8716.$$

При разрядке торсиона все звенья БОМ вращаются и перемещаются в обратном направлении. При этом ведущим звеном становится торсионный вал с закрепленным на нем полым валом с проушиной. Раскручиваясь на 31° , торсион через проушину O_3A_3 и шатун A_3B_2 (рис. 1-а) вращает трехплечий рычаг с роликом в обратную сторону на 24° , одновременно с этим разгоняя

микропрокладчик с закрепленной в нем уточинной. При раскручивании торсиона его воздействие на трехплечий рычаг происходит в соответствии с движением четырехзвенника $O_3A_3 - A_3B_2 - B_2O_2$, но уже при ведущем звене O_3A_3 .

Передаточное отношение между рычагами O_3A_3 и B_2O_2 при ведущем рычаге O_3A_3 (торсион с закрепленными на нем деталями) существенно отличается от передаточного отношения "трехплечий рычаг – торсион" на участке $0 \dots 25^\circ$.

На рис. 2-б показан график изменения передаточного отношения i при равномерном повороте торсиона в процессе его разрядки в зависимости от угла поворота погонылки ψ по формуле:

$$i = 5,2537\psi^{-0,721}$$

При определении нагрузок на коромысло трехплечего рычага при взводе торсиона моменты инерции закрученного торсиона и движущихся масс звеньев боевого механизма приводятся к ведущему звену (к коромыслу трехплечего рычага), а при разрядке торсиона – к торсиону.

В табл. 1 приведены значения координат центров тяжести масс и моментов инерции масс звеньев боевого механизма.

Таблица 1

№ п/п	Название звена	Масса, кг	Координаты центра тяжести масс, мм		Расстояние от центра масс до оси вращения (O_2, O_3), м		Момент инерции масс, кг·м ²	
			x	y	O_2	O_3	O_2	O_3
1	Прокладчик утка	0,040	–	–	–	0,1840	–	$7,35 \times 10^{-3}$
2	Трехплечий рычаг	1,053	99,06	25,35	0,0162	–	$2,76 \times 10^{-4}$	–
3	Серьга	0,052	–	–	0,0960	0,0533	$2,40 \times 10^{-4}$	$7,39 \times 10^{-5}$
4	Погонялка	0,110	25,63	79,28	–	0,0554	–	$3,38 \times 10^{-4}$
5	Польный вал	0,750	–	–	–	0,0183	–	$2,42 \times 10^{-4}$
6	Шатун	0,020	–	–	–	0,1840	–	$6,75 \times 10^{-4}$
7	Гонок	0,050	–	–	–	0,1840	–	$1,70 \times 10^{-3}$
8	Шатун	0,160	0	17,50	0,0565	–	$5,10 \times 10^{-4}$	–
9	Поршень	0,245	–	–	0,0565	–	$7,83 \times 10^{-4}$	–
10	Ролик	0,100	–	–	0,0600	–	$6,00 \times 10^{-4}$	–
11	Торсион	1,581	–	–	–	0,0085	–	$8,86 \times 10^{-5}$

Для приведения моментов инерции механизма к ведущему звену необходимо к суммарному моменту инерции этого звена

прибавить суммарный момент инерции 2-го (ведомого) звена, умноженный на квадрат передаточного отношения между ведомым

и ведущим элементами механизма, по формуле:

$$\sum J_{PCM}^{B3B} = \sum J_1^{\Sigma} + i_{21}^2 \sum J_2^{\Sigma},$$

или

$$\sum J_{PCM}^{B3B} = \sum J_2^{\Sigma} + i_{12}^2 \sum J_1^{\Sigma}.$$

На рис. 3 приведены номограммы моментов инерции масс звеньев механизма и суммарный момент инерции масс, приведенный к центру вращения трехплечего рычага (O_2) и центру вращения погонялки (O_3).

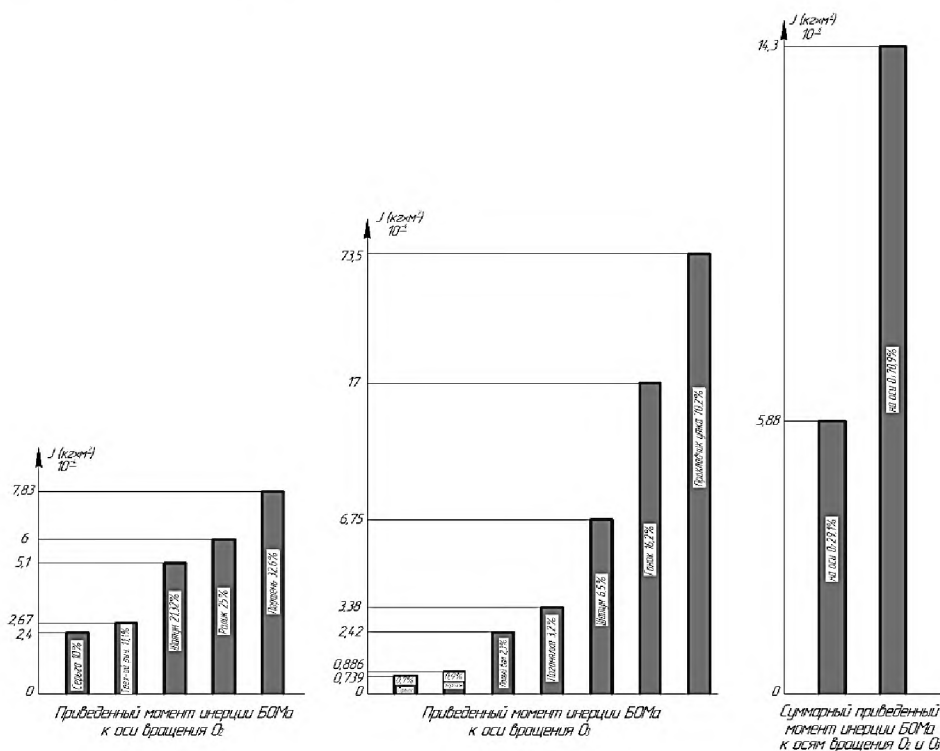


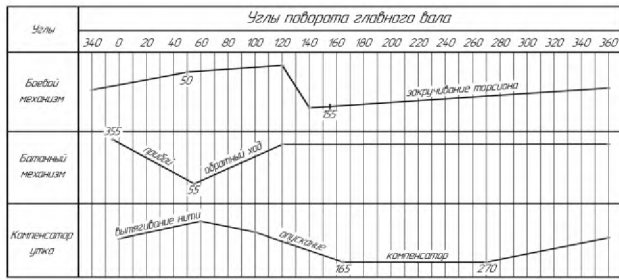
Рис. 3

Исследование характера работы торсионного БОМ ТМ типа СТБ и СТБУ по ЦД (рис. 4-а – существующая цикловая диаграмма работы механизмов СТБ и СТБУ) показало, что БОМ испытывает воздействие на него максимальных нагрузок, выходящая в заряженном состоянии $69...70^\circ$ угла поворота главного вала машины (ГВМ). Это приводит к быстрому износу поверхности кулачка в зоне его контакта с роликом трехплечего рычага. Фазовый угол (ФУ) разрядки БОМ составляет всего $20...21^\circ$. Очевидно, что для повышения надежности работы БОМ время воздействия на него максимальных нагрузок должно быть снижено, а время его "отдыха" увеличено.

На рис. 4 представлены предлагаемые пути модернизации БОМ.

Для снижения нагрузок на БОМ можно предложить два способа. При минимальных затратах на модернизацию БОМ ТМ типа СТБ и СТБУ рекомендуется использовать имеющийся боевой кулачок, но с измененной фазовой установкой: выстой БОМ в заряженном состоянии $20...21^\circ$, ФУ разрядки БОМ $69...70^\circ$.

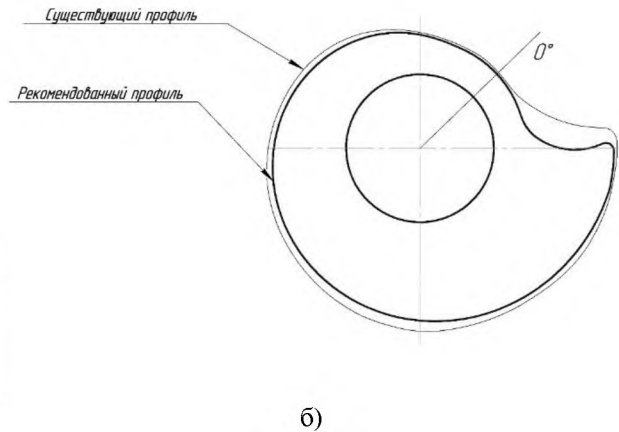
При более существенной модернизации эксплуатируемых ТМ можно рекомендовать следующее: выстой БОМ в заряженном состоянии не должен превышать $15...25^\circ$ угла поворота ГВМ; период разрядки БОМ следует увеличить до $50...60^\circ$ угла поворота ГВМ; ФУ закручивания (зарядки) торсионного вала следует производить в течение $275...285^\circ$ угла поворота ГВМ.



а)



в)



б)

Рис. 4

Увеличение ФУ разрядки БОМ позволит полностью снять напряжение в его деталях, погасить вибрацию механизма и обеспечить большее время для снижения температуры масла в масляном буфере боевого механизма. Увеличение времени закручивания торсиона обеспечит плавную его зарядку и уменьшит удельную мощность, потребляемую БОМ, что позволит повысить скоростной режим и производительность ТМ с МП.

С целью обеспечения рекомендуемого периода зарядки торсиона следует переделать боевой кулачок, соответственно пересчитав его профиль, и унифицировать этот кулачок для всех типов ТМ с учетом выбранного угла боя.

На рис. 4-б приведены существующий и предлагаемый профили боевого кулачка ТМ типа СТБ(У). Профиль кулачка, начиная со 180 до 95°, выполнен по спирали Архимеда, остальной участок – по окружности с центральным углом 53°. За нулевое положение выбрана точка момента начала зарядки торсиона или 180° циклового угла ЦД ТМ. С учетом оптимизированного профиля кулачка предлагается новая ЦД работы БОМ (рис. 4-в), которая позволит: увеличить период гашения вибрации боевого механизма с 15 до 36° после его разрядки, то есть в 2,4 раза; увеличить период зарядки торсиона с 295 до 315°, то есть на 11%; сократить фазу выстоя механизма под максимальной нагрузкой с 70 до 25°, то есть в 2,8 раза.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены особенности работы торсионного боевого механизма, обусловленные использованием рычажно-стержневой системы в форме контрпараллелограмма.

2. Получены аналитические зависимости для расчета значений передаточного отношения при закручивании и раскручивании торсиона, которые позволили установить, что характер изменения передаточного отношения между поворотом торсиона и трехплечего рычага различен при зарядке и разрядке торсиона.

3. При минимальных затратах на модернизацию БОМ ТМ типа СТБ и СТБУ рекомендуется применять имеющийся боевой кулачок, но с измененной фазовой установкой: высотой БОМ в заряженном состоянии 20...21°, фазовый угол разрядки БОМ – 69...70°, а при существенной модернизации – использовать предложенную ЦД, которая позволит улучшить условия работы торсионного боевого механизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарев С.Д., Бидерман В.Л., Лихарев К.К., Макушин В.М., Малинин Н.Н., Феодосьев В.И. Расчеты на прочность в машиностроении. – Том 3. – М.: Машгиз, 1959.
2. Порошин В.Г. Расчеты на прочность – это просто. – Челябинск: ЮурГУ, 2005.
3. Павлов М.А., Гусаров А.В. Разработка автоматизированной системы определения инерционных

характеристик, применяемых в легкой промышленности // Дизайн и технологии. – 2014, № 43 (85). С.56...66.

REFERENCES

1. Ponomarev S.D., Biderman V.L., Liharev K.K., Makushin V.M., Malinin N.N., Feodos'ev V.I. Raschety na prochnost' v mashinostroenii. – Том 3. – М.: Mashgiz, 1959.

2. Poroshin V.G. Raschety na prochnost' – jeto prosto. – Cheljabinsk: JuurGU, 2005.

3. Pavlov M.A., Gusarov A.V. Razrabotka avtomatizirovannoj sistemy opredelenija inercionnyh harakteristik, primenjaemyh v legkoj promyshlennosti // Dizajn i tehnologii. – 2014, № 43 (85). S.56...66.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 30.05.16.
