

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
УКРАИНЫ**

На правах рукописи



НАБУЛСИ АБДЕЛЬ САЛАМ АМИН

**СНИЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В
КРУГЛОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЕ**

Специальность 05.19.09 - Машины и агрегаты легкой промышленности

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Киев - 1996



Работа выполнена в Государственной академии легкой промышленности
Украины (ГАЛПУ)

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор,
академик УТА Пипа Б.Ф.

Официальные оппоненты : доктор технических наук, профессор
Чердниченко П.И.,
кандидат технических наук, доцент Федоров Ю.Д.

Ведущая организация - Черновицкое государственное предприятие
"Черновицльегман"

Защита состоится 15 мая 1996 г. в 10.00 часов на заседании
специализированного Совета Д 01.17.01 в Государственной академии легкой
промышленности Украины по адресу: 252011, г. Киев, ул. Немировича-
Данченко, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственной академии
легкой промышленности Украины.

Автореферат разослан 12 апреля 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета

Тарасенко А.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Кружловязальные машины относятся к наиболее распространенному и перспективному виду технологического оборудования трикотажного производства.

Современной тенденцией трикотажного машиностроения является увеличение производительности кружловязальных машин и повышение качества трикотажного полотна и изделий. При этом увеличение производительности в основном достигается за счет увеличения скорости машины. Сдерживающим фактором на пути решения этой проблемы являются динамические нагрузки, возникающие в узлах и механизмах в период неустановившегося режима работы машины.

Спецификой эксплуатации кружловязальных машин являются частые остановки и пуски машины, обусловленные обрывом нитей, поломкой игольно-платинных изделий и др. Например, количество остановок однофонтурной кружловязальной машины типа КО достигает 200 и более в смену. Динамические нагрузки, возникающие при этом, значительно (в три и более раза) превышают статические, что отрицательно сказывается на надежности и долговечности работы машины, а также на качестве трикотажного полотна.

Таким образом, проблема снижения динамических нагрузок в кружловязальных машинах является актуальной и своевременной.

Известные исследования в основном посвящены изучению динамических процессов, происходящих в кружловязальных машинах при их пуске, а также влиянию основных параметров на величину динамических нагрузок. Вопросы разработки устройств для снижения динамических нагрузок в кружловязальных машинах и анализ эффективности их использования практически не решены.

Учитывая эти обстоятельства, диссертационная работа посвящена комплексным исследованиям по разработке научных основ и инженерных методов проектирования устройств для снижения динамических нагрузок в кружловязальной машине.

Цель работы : повышение эффективности работы кругловязальных машин путем снижения динамических нагрузок в приводе, способствующего увеличению производительности машин и качества трикотажного полотна.

Для достижения поставленной цели намечено и решено следующие задачи:

- исследовать динамические нагрузки, возникающие в кругловязальных машинах в период пуска;
- исследовать влияние параметров кругловязальной машины на величину динамических нагрузок;
- получить уравнения регрессии для оценки влияния параметров кругловязальной машины на динамические нагрузки;
- выполнить анализ целесообразности и эффективности использования в составе привода кругловязальной машины устройства для снижения динамических нагрузок;
- разработать конструкцию демпфирующего устройства со спиральной пружиной, предназначенную для снижения динамических нагрузок, возникающих при пуске кругловязальной машины;
- разработать устройство для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине, содержащее центробежную фрикционную муфту с регулируемым моментом;
- разработать конструкцию привода кругловязальной машины, направленную на снижение динамических нагрузок путем увеличения в период пуска момента инерции ведущей массы;
- выполнить экспериментальные исследования и производственную проверку работоспособности и эффективности использования предложенных устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине.

Объект исследований - однофонтурные кругловязальные машины, выпускаемые Черновицким государственным предприятием "Черновцылегмаш".

Методы исследований. Теоретические исследования проводились с использованием основных законов теоретической механики, теории машин и механизмов, сопротивления материалов и деталей машин. Экспериментальные исследования осуществлялись методом тензометрии с использованием серийной аппаратуры и специально разработанных устройств и приспособлений. Оценка влияния параметров кругловязальной машины на величину динамических

нагрузок проводилась с использованием теории вероятности, методов математической статистики, планирования и анализа эксперимента. Анализ и обработка результатов экспериментов выполнялись с помощью ЭВМ.

Научная новизна. Автором самостоятельно впервые:

- систематизированы и уточнены методы расчета динамических нагрузок в кругловязальных машинах типа МС и КО;
- предложен новый подход в программировании уравнений, описывающих динамические процессы, возникающие в кругловязальных машинах в период неустановившегося режима движения, позволяющий упростить численные расчеты динамических нагрузок на ЭВМ, а также сделать более оперативным анализ влияния параметров кругловязальной машины на динамические нагрузки;
- выполнены исследования влияния параметров кругловязальной машины на динамические нагрузки;
- предложен метод использования уравнений регрессии для динамического анализа кругловязальной машины, отличающийся простотой, наглядностью и удобством;
- получены уравнения регрессии, позволяющие определить динамические нагрузки, возникающие в кругловязальной машине типа КО при пуске, а также оценить влияние параметров машины на нагрузки;
- разработаны научные основы проектирования устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине;
- разработана методика и проведены экспериментальные исследования эффективности использования устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине.

Практическая ценность. В работе предложены инженерные методы анализа влияния параметров кругловязальной машины на динамические нагрузки, которые могут быть использованы при создании новых более совершенных типов кругловязальных машин.

Разработаны инженерные методики определения рациональных параметров устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальных машинах (демпфирующее устройство со спиральной пружиной; устройство, содержащее центробежную фрикционную муфту с регулируемым моментом; устройство, содержащее маховик и обгонную муфту).

Разработан ряд принципиально новых конструкций приводов кругловязальных машин, в состав которых входит устройство для снижения динамических нагрузок:

- привод кругловязальной машины с демпфирующим устройством со спиральной пружиной (заявка №5050533/12 от 15.02.92, решение о выдаче патента Российской Федерации от 21.12.94);
- привод кругловязальной машины с центробежной фрикционной муфтой с регулируемым моментом (заявка № 94062615 от 29.06.94, решение о выдаче патента Украины от 27.02.96);
- привод кругловязальной машины с маховиком и обгонной муфтой (заявка № 94062619 от 29.06.94, решение о выдаче патента Украины от 27.02.96).

Ожидаемый годовой экономический эффект (по состоянию на январь 1996 г.) от внедрения результатов исследований на Черновицком государственном предприятии "Черновцылегмаш" и в трикотажной промышленности составит 69,73 млн.крб. в расчете на одну кругловязальную машину типа КО.

Апробации работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на:

- заседании технического совета Николаевской трикотажной фирмы "Аура" в 1995 г.;
- заседании технического совета Черновицкого акционерного перчаточно-трикотажного объединения "Надія" в 1995 г.;
- юбилейной научной конференции профессорско-преподавательского состава Государственной академии легкой промышленности Украины (ГАЛПУ), посвященной 65-летию основания академии, в 1995 г.;
- заседании кафедры инженерной механики ГАЛПУ в 1996 г.;
- заседании кафедры Машины и аппараты производств химических волокон Черниговского технологического института, в 1996 г.;
- заседании технического совета Государственного предприятия "Черновцылегмаш" в 1996 г.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 14 научных работ, в том числе одно положительное решение на выдачу патента Российской Федерации и два решения на выдачу патентов Украины.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов по работе, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы 173 страницы машинописного текста, в том числе 25 рисунков на 25 страницах, 13 таблиц, библиография из 55 наименований и приложения на 15 страницах. Основная часть работы содержит 102 страницы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложены задачи и пути совершенствования кругловязальных машин. Отмечается, что актуальным направлением повышения эффективности работы кругловязальных машин является снижение динамических нагрузок, возникающих при пуске. Обоснованы своевременность и актуальность темы диссертационной работы. Сформулированы цель и задачи исследований.

В первом разделе приведен обзор и анализ исследований динамических нагрузок в кругловязальных машинах. Дан обзор исследований по совершенствованию приводов кругловязальных машин, с целью снижения динамических нагрузок.

Установлено, что:

- динамические нагрузки оказывают большое влияние на надежность и долговечность работы кругловязальной машины и на качество выпускаемого трикотажного полотна;

- наиболее опасными являются динамические нагрузки, возникающие при пуске кругловязальной машины, величина которых значительно (в отдельных случаях более чем в 3 раза) превышает нагрузки, действующие в кругловязальной машине в период установившегося режима движения;

- имеющиеся конструктивные разработки устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальных машинах обладают рядом недостатков (сложность конструктивного исполнения; низкая эффективность работы; низкая долговечность и др.).

Анализ исследований показал, что известное демпфирующее устройство со спиральной пружиной нуждается в дальнейшем совершенствовании для повышения надежности и долговечности его работы.

До настоящего времени остаются не реализованными рекомендации по снижению динамических нагрузок в кругловязальной машине путем увеличения момента инерции ведущей массы привода.

Исследования эффективности использования в качестве устройства для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине центробежной фрикционной муфты нуждаются в дальнейшем развитии. Остается не решенным вопрос создания такой конструкции центробежной муфты, которая позволяла бы регулировать величину пускового момента, передаваемого электродвигателем машине, при изменении нагрузок (изменение заправки, вида переплетения и др.).

Все это позволило наметить задачи исследований, определить актуальность и содержание настоящей диссертационной работы.

Второй раздел посвящен теоретическим исследованиям динамических нагрузок в кругловязальных машинах. Установлено, что все многообразие конструкций кругловязальных машин при выполнении динамического анализа может быть представлено в виде двух разновидностей расчетных моделей: четырехмассовой разветвленной моделью с первой ведущей массой (для кругловязальных машин типа МС); трехмассовой рядной моделью с первой ведущей массой (для кругловязальных машин типа КО). Выполненный анализ показал, что пуск кругловязальных машин типа МС происходит в три этапа. При этом динамическое равновесие масс системы описывается следующими уравнениями :

$$\begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 &= T_1 - T_{12}; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 &= T_{12} - T_{23} - T_{24}; \end{aligned} \quad (1)$$

1-й этап пуска

$$\begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 &= T_1 - T_{12}; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 &= T_{12} - T_{23} - T_{24}; \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 &= T_{23} - T_3; \end{aligned} \quad (2)$$

2-й этап пуска

$$\begin{aligned}
 I_1 \ddot{\Phi}_1 &= T_1 - T_{12}; \\
 I_2 \ddot{\Phi}_2 &= T_{12} - T_{23} - T_{24}; \\
 I_3 \ddot{\Phi}_3 &= T_{23} - T_3; \\
 I_4 \ddot{\Phi}_4 &= T_{24} - T_4,
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

где I_1, I_2, I_3, I_4 - приведенные моменты инерции соответствующих масс кругловязальной машины;

T_1, T_3, T_4 - приведенные соответственно пусковой момент электродвигателя, момент сил сопротивления вязального механизма, момент сил сопротивления товароприемного механизма;

$\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$ - приведенные углы поворота соответствующих масс кругловязальной машины;

T_{12}, T_{23}, T_{24} - приведенные моменты сил упругости, возникающие в упругих связях, жесткость которых соответственно равна C_{12}, C_{23}, C_{24} .

Начальные условия этапов пуска:

$$\begin{aligned}
 \text{1-й этап пуска} \quad T_{(12)0} &= 0; \dot{T}_{(12)0} = 0; T_{(23)0} = 0; \\
 \dot{T}_{(23)0} &= 0; T_{(24)0} = 0; \dot{T}_{(24)0} = 0;
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 \text{2-й этап пуска} \quad T_{(12)0} &= T_{(12)\tau_1}; \dot{T}_{(12)0} = \dot{T}_{(12)\tau_1}; \\
 T_{(23)0} &= T_3; \dot{T}_{(23)0} = \dot{T}_{(23)\tau_1}; \\
 T_{(24)0} &= T_3(C_{24} / C_{23}); \dot{T}_{(24)0} = (C_{24} / C_{23})\dot{T}_{(23)\tau_1}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 \text{3-й этап пуска} \quad T_{(12)0} &= T_{(12)\tau_2}; \dot{T}_{(12)0} = \dot{T}_{(12)\tau_2}; T_{(23)0} = T_{(23)\tau_2}; \\
 \dot{T}_{(23)0} &= \dot{T}_{(23)\tau_2}; T_{(24)0} = T_4; \dot{T}_{(24)0} = \dot{T}_{(24)\tau_2},
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

где τ_1, τ_2 - время окончания соответственно первого и второго этапов пуска.

Учитывая, что:

$$\ddot{T}_{12} = C_{12}(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2); \ddot{T}_{23} = C_{23}(\ddot{\varphi}_2 - \ddot{\varphi}_3); \ddot{T}_{24} = C_{24}(\ddot{\varphi}_2 - \ddot{\varphi}_4), \quad (7)$$

можно получить дифференциальные уравнения моментов сил упругости в исследуемых упругих связях C_{12} , C_{23} и C_{24} :

$$\begin{aligned} T_{12} &= \frac{C_{12}}{I_1 I_2} [-(I_1 + I_2)T_{12} + I_1 T_{23} + I_1 T_{24} + I_2 T_1]; \\ T_{23} &= \frac{C_{23}}{I_2 I_3} [I_3 T_{12} - (I_2 + I_3)T_{23} + I_3 T_{24} + I_2 T_3]; \\ T_{24} &= \frac{C_{24}}{I_2 I_4} [I_4 T_{12} - I_4 T_{23} - (I_2 + I_4)T_{24} + I_2 T_4]. \end{aligned} \quad (8)$$

В качестве решения системы дифференциальных уравнений (8) было принято (показано, например, для момента T_{12}):

$$\begin{aligned} T_{12} &= A_{(12)1} \cos \beta_1 t + A_{(12)2} \cos \beta_2 t + A_{(12)3} \cos \beta_3 t + \\ &+ B_{(12)1} \sin \beta_1 t + B_{(12)2} \sin \beta_2 t + B_{(12)3} \sin \beta_3 t + a_{12}, \end{aligned} \quad (9)$$

где $A_{(12)1}, A_{(12)2}, \dots, B_{(12)2}, B_{(12)3}$ - постоянные интегрирования (определяются по известным методикам анализа динамических нагрузок);

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ - цикловые частоты колебания масс системы (определяются по известным методикам теории упругих колебаний);

a_{12} - постоянная составляющая момента сил упругости;

t - текущее время пуска системы.

Динамические перегрузки в линиях передач привода кругловязальной машины типа МС определяются из выражений:

$$K_{12} = T_{12 \max} / (T_3 + T_4); \quad K_{23} = T_{23 \max} / T_3; \quad K_{24} = T_{24 \max} / T_4, \quad (10)$$

где K_{12}, K_{23}, K_{24} - коэффициенты динамических перегрузок соответствующих упругих связей;

$T_{12 \max}, T_{23 \max}, T_{24 \max}$ - максимальные динамические моменты.

В разделе приведены исследования динамических нагрузок, возникающих в кругловязальных машинах типа КО в период пуска. Как показал анализ, пуск трехмассовой рядной системы, к которой можно привести реальную конструкцию кругловязальной машины типа КО, будет происходить в три этапа. Первый этап длится от 0 до τ_1 , т.е. до того времени, пока момент сил упругости связи C_{12} не станет равным моменту внешних сил сопротивления, приложенному ко второй массе (T_2). С этого момента времени в движение приходит вторая масса I_2 , что характеризует собой второй этап пуска, продолжающийся от τ_1 до τ_2 , пока момент в упругой связи C_{23} не станет равным моменту T_3 . После этого вся система приходит в движение, что характеризует собой третий этап пуска, продолжающийся от τ_2 до $\tau_3 = t_n$ (время пуска машины).

Условия динамического равновесия масс системы описываются уравнениями:

$$\text{1-й этап пуска} \quad I_1 \ddot{\phi}_1 = T_1 - T_{12}; \quad (11)$$

$$\text{2-й этап пуска} \quad \begin{aligned} I_1 \ddot{\phi}_1 &= T_1 - T_{12}; \\ I_2 \ddot{\phi}_2 &= T_{12} - T_{23} - T_2; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{3-й этап пуска} \quad \begin{aligned} I_1 \ddot{\phi}_1 &= T_1 - T_{12}; \\ I_2 \ddot{\phi}_2 &= T_{12} - T_{23} - T_2; \\ I_3 \ddot{\phi}_3 &= T_{23} - T_3. \end{aligned} \quad (13)$$

Учитывая, что пуск кругловязальной машины типа КО происходит при нулевых начальных условиях и приняв, как и раньше, в качестве решения дифференциальных уравнений моментов сил упругости (показано на примере момента T_{12}):

$$T_{12} = A_{(12)1} \cos \beta_1 t + A_{(12)2} \cos \beta_2 t + B_{(12)1} \sin \beta_1 t + B_{(12)2} \sin \beta_2 t + a_{12}, \quad (14)$$

можно определить максимальную величину моментов сил упругости, возникающих в соответствующих упругих связях при пуске машины:

$$\begin{aligned} T_{12\max} &= D_{(12)1} + D_{(12)2} + a_{12}; \\ T_{23\max} &= D_{(23)1} + D_{(23)2} + a_{23}, \end{aligned} \quad (15)$$

где $D_{(12)1}$, $D_{(12)2}$, $D_{(23)1}$, $D_{(23)2}$ - постоянные интегрирования, определяемые из условия (показано на примере определения постоянной $D_{(12)1}$;

$$D_{(12)1} = \sqrt{A^2_{(12)1} + B^2_{(12)1}} \quad (16)$$

Динамические перегрузки упругих связей кругловязальной машины типа КО, возникающие при пуске, определяются из уравнений:

$$K_{12} = T_{12\max}/(T_2 + T_3); \quad K_{23} = T_{23\max}/T_3. \quad (17)$$

Выполненный пример расчета показал, что при пуске кругловязальной машины КО-2 динамические перегрузки в упругих связях C_{12} и C_{23} равны: $K_{12} = 3,61$; $K_{23} = 3,43$.

В процессе исследований нами предложен новый подход в программировании уравнений, описывающих динамические процессы, возникающие при пуске кругловязальных машин, позволяющий упростить численные расчеты динамических нагрузок на ЭВМ, а также сделать более оперативным анализ влияния параметров машины на величину динамических нагрузок. При этом для численного решения задач динамики пуска кругловязальных машин на ЭВМ предлагаются следующие уравнения:

$$T_{12}^{n+1} = (2 - 0,5A_1^2 \Delta t^2) T_{12}^n - T_{12}^{n-1} + 0,75B_1 \Delta t^2 T_{23}^n - 0,25B_1 \Delta t^2 T_{23}^{n-1} + 0,5C_1 \Delta t^2; \quad (18)$$

$$T_{23}^{n+1} = (2 - 0,5A_2^2 \Delta t^2) T_{23}^n - T_{23}^{n-1} + 0,75B_2 \Delta t^2 T_{12}^n - 0,25B_2 \Delta t^2 T_{12}^{n-1} + 0,5C_2 \Delta t^2, \quad (19)$$

где $A_1^2 = C_{12}(I_2 + I_3)/I_2 I_3$; $B_1 = C_{12}/I_1$; $C_1 = C_{12}(T_1/I_1 + T_2/I_2)$;

$A_2^2 = C_{23}(I_2 + I_3)/I_2 I_3$; $B_2 = C_{23}/I_2$; $C_2 = -C_{23}(T_2/I_2 - T_3/I_3)$;

$\Delta t = t_{n+1} - t_n$ - шаг интегрирования;

n - порядковый номер операции вычислений.

Выбор шага интегрирования, во избежание погрешностей, необходимо подчинить условию:

$$m \max_i (A_i \Delta t)^3 \leq 1, \quad (i = 1, 2) \quad (20)$$

Выполненные расчеты дали хорошие результаты при

$$\Delta t \approx \frac{0,5}{\max_i(A_i)}, \quad (i = 1, 2) \quad (21)$$

Используя предложенную программу расчета, с помощью персонального компьютера выполнен анализ влияния параметров кругловязальной машины типа КО на величину динамических нагрузок. Результаты показали, что наиболее эффективным решением снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине может служить уменьшение пускового момента электродвигателя и увеличение момента инерции ведущей массы привода.

В третьем разделе приведены исследования по созданию устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине. Разработаны и предложены инженерные методики по определению основных параметров следующих устройств: демпфирующего устройства со спиральной пружиной; устройства, содержащего центробежную фрикционную муфту с регулируемым моментом; привода кругловязальной машины с маховиком и обгонной муфтой.

Выполненные расчеты динамических нагрузок, возникающих при пуске кругловязальной машины с демпфирующим устройством, показали, что использование демпфирующего устройства со спиральной пружиной позволило снизить динамические нагрузки в машине типа КО в 1,6 раза.

Автором впервые проведены аналитические исследования, позволившие оценить влияние фрикционной муфты с регулируемым моментом на динамические нагрузки в кругловязальной машине. Как показали расчеты, использование фрикционной центробежной муфты позволило снизить динамические нагрузки в кругловязальной машине КО-2 примерно в 1,7 раза, что положительно сказывается на работе машины.

В разделе приведены сведения о разработанных автором принципиально новых технических решениях, направленных на снижение динамических нагрузок в кругловязальной машине:

- привод кругловязальной машины, содержащий демпфирующее устройство с плоской спиральной пружиной;

- привод кругловязальной машины с центробежной фрикционной муфтой, позволяющей, в отличие от существующих конструкций муфт, осуществлять регулировку крутящего момента, передаваемого машине в период пуска;

- привод кругловязальной машины, позволяющий увеличивать в период пуска момент инерции ведущей массы путем использования маховика и обгонной муфты, кинематически связывающей маховик с электродвигателем.

Расчеты показали, что использование маховика с обгонной муфтой в качестве устройства для снижения динамических нагрузок позволяет снизить динамические пусковые нагрузки в кругловязальной машине КО-2 примерно в 1,3 раза.

Четвертый раздел диссертации посвящен экспериментальным исследованиям и производственной проверке работоспособности и эффективности устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине. Разработана установка, методика и проведены экспериментальные исследования влияния демпфирующего устройства со спиральной пружиной на процесс пуска кругловязальной машины и на величину динамических нагрузок. Экспериментальные исследования показали, что наличие в составе привода кругловязальной машины МС-9 демпфирующего устройства увеличивает время пуска машины с 0,9 до 1,6 с, что приводит к снижению динамических нагрузок примерно в 1,8 раза.

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что центробежная муфта оказывает существенное влияние на величину динамических нагрузок в кругловязальной машине. Использование муфты в приводе машины МС-9 позволило снизить динамические нагрузки примерно в 1,7 раза.

В разделе приведены результаты математического эксперимента по определению влияния параметров кругловязальной машины КО-2 на величину динамических нагрузок. К числу входящих управляющих факторов модели объекта исследований отнесены следующие параметры машины, оказывающие существенное влияние на динамические нагрузки: пусковой момент электродвигателя привода T_1 ; момент инерции ротора электродвигателя с учетом момента инерции ведущего шкива клиноременной передачи I_1 ; жесткость ремней клиноременной передачи C_{12} . К выходным параметрам (функции цели) отнесены

максимальные моменты сил упругости, возникающие в ремнях клиноременной передачи и в приводном валу привода при пуске кругловязальной машины КО-2.

В качестве диапазона и интервала варьирования факторов, учитывая конструктивные особенности машины типа КО и перспективы ее совершенствования, принято:

$$\begin{aligned} T_1 &= (25,05...72,15) \text{ Нм}; & \Delta T_1 &= 14 \text{ Нм}; \\ I_1 &= (0,005...0,041) \text{ кгм}^2; & \Delta I_1 &= 0,0107 \text{ кгм}^2; \\ C_{12} &= (258...3622) \text{ Нм/рад}; & \Delta C_{12} &= 1000 \text{ Нм/рад}. \end{aligned}$$

Используя специально разработанную программу, с помощью персонального компьютера была подтверждена адекватность принятой математической модели и определены коэффициенты уравнений регрессии. После соответствующих преобразований и перехода к натуральным значениям факторов получено:

$$\begin{aligned} T_{12\max} &= 2,049T_1 - 122,677I_1 - 15,487T_1I_1 - 3,12 \cdot 10^{-4}C_{12} - \\ &- 1,58 \cdot 10^{-3} T_1^2 + 6026,7270I_1^2 + 1,5 \cdot 10^{-7}C_{12}^2 + 1,01; \quad (22) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{23\max} &= 1,028T_1 + 258,0910I_1 - 17,156T_1I_1 + 4,04 \cdot 10^{-3}C_{12} + \\ &+ 1,293 \cdot 10^{-4} T_1C_{12} - 1,89 \cdot 10^{-6} C_{12}^2 + 11,119. \quad (23) \end{aligned}$$

Полученные уравнения регрессии позволяют с минимальными затратами времени определить динамические нагрузки в кругловязальных машинах типа КО и оценить влияние параметров машины на величину динамических нагрузок. Предложенная методика использования уравнений регрессии для динамического анализа кругловязальных машин отличается простотой, наглядностью и удобством в инженерной практике проектирования вязальных машин.

Автором разработаны и проверены в производственных условиях работоспособность и эффективность ряда устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине. В качестве объекта исследований использовались кругловязальные машины КО-2, изготовленные на Черновицком государственном предприятии "Черновцылегмаш". Испытания проводились на Черновицком перчаточно-трикотажном объединении "Надія", Николаевской

фирме "Аура" и на Бобруйском арендном предприятии "Бобруйсктрикотаж". В результате проведенных испытаний установлено, что:

- демпфирующее устройство с плоской спиральной пружиной и обгонной муфтой надежно, долговечно и эффективно в работе;

- использование демпфирующего устройства в составе привода машины КО-2 позволило, за счет снижения динамических нагрузок, повысить производительность машины в среднем на 3,5% и сортность трикотажного полотна на 0,4%;

- длительные производственные испытания показали надежность и эффективность работы центробежной фрикционной муфты, используемой в качестве устройства для снижения динамических нагрузок, возникающих в кругловязальной машине в период ее пуска.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Выполненный обзор и анализ исследований динамических нагрузок, возникающих в кругловязальных машинах в период неустановившегося режима движения, и исследований по совершенствованию конструкций приводов машин позволили установить следующее:

- динамические нагрузки оказывают большое влияние на надежность и долговечность работы кругловязальных машин и на качество трикотажного полотна; при этом наиболее опасными являются динамические нагрузки, возникающие при пуске машин;

- до настоящего времени не исследована динамика однофонтурных кругловязальных машин типа КО; имеющиеся методики не позволяют получить истинную картину динамического процесса, происходящего в узлах и механизмах машин типа КО в период неустановившегося режима работы;

- практически еще не решен вопрос влияния параметров кругловязальных машин типа КО на величину динамических нагрузок;

- имеющиеся конструктивные разработки устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальных машинах обладают рядом недостатков (сложность исполнения; низкая эффективность работы; низкая долговечность и надежность и др.).

2. Установлено, что все многообразие кругловязальных машин при выполнении динамических расчетов может быть представлено в виде двух разновидностей расчетных моделей: четырехмассовой разветвленной моделью с первой ведущей массой (для кругловязальных машин типа МС); трехмассовой рядной моделью с первой ведущей массой (для кругловязальных машин типа КО).

3. В результате выполненных исследований систематизированы и уточнены методики расчета динамических нагрузок в кругловязальных машинах типа МС и КО.

4. Предложен новый подход в программировании уравнений, описывающих динамические процессы в кругловязальных машинах, позволяющий упростить численные расчеты динамических нагрузок на ЭВМ, а также сделать более оперативным анализ влияния параметров кругловязальной машины на динамические нагрузки.

5. Выполненные исследования влияния параметров кругловязальной машины на величину динамических нагрузок позволили установить, что на величину динамических нагрузок существенное влияние оказывает пусковой момент электродвигателя и момент инерции ведущей массы машины.

6. Уточнена методика определения динамических нагрузок в кругловязальной машине при использовании демпфирующего устройства со спиральной пружиной. Предложенная методика, обладая значительной простотой, позволяет более точно определить динамические нагрузки в машине и проанализировать влияние параметров машины на их величину.

7. Разработана принципиально новая конструкция демпфирующего устройства со спиральной пружиной и обгонной муфтой, обеспечивающей кинематическую взаимосвязь спиральной пружины с валом электродвигателя (заявка № 5050533/12 от 12.02.92, решение о выдаче патента Российской Федерации от 21.12.94). Использование демпфирующего устройства в приводе кругловязальной машины КО-2 позволяет, как показали расчеты, снизить динамические нагрузки примерно в 1,6 раза,

8. Разработана принципиально новая конструкция центробежной фрикционной муфты, позволяющая, в отличие от существующей конструкции, осуществлять регулировку момента, передаваемого кругловязальной машине в

период пуска (заявка № 94062615 от 29.06.94, решение о выдаче патента Украины от 27.02.96). Использование в составе привода кругловязальной машины КО-2 центробежной муфты позволило снизить динамические нагрузки в 1,7 раза.

9. Разработана принципиально новая конструкция привода кругловязальной машины, позволяющая в период пуска увеличивать момент инерции ведущей массы путем использования маховика и обгонной муфты, кинематически связывающей маховик с электродвигателем (заявка № 94062619 от 29.06.94, решение о выдаче патента Украины от 27.02.96).

10. Разработаны инженерные методы определения параметров предложенных устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине.

11. Разработаны методики экспериментальных исследований эффективности использования устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальных машинах (демпфирующее устройство, центробежная фрикционная муфта).

12. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено:

- при использовании в приводе машины МС-9 демпфирующего устройства со спиральной пружиной динамические нагрузки снижаются в 1,82 раза; расхождение результатов экспериментальных исследований с расчетами составляет 10,4 %, что может быть объяснено неточностью изготовления спиральной пружины;

- центробежная фрикционная муфта оказывает существенное влияние на величину динамических нагрузок в кругловязальной машине; использование муфты в приводе машины МС-9 позволяет снизить динамические нагрузки в 1,69 раза, что практически совпадает с расчетами.

13. Впервые разработан метод динамического анализа кругловязальной машины с помощью уравнений регрессии, отличающийся значительной простотой, наглядностью и удобством в инженерной практике. Получены уравнения регрессии, позволяющие выполнить динамический анализ кругловязальной машины типа КО, в частности, оценить влияние параметров машины на величину динамических нагрузок.

14. Производственная проверка работоспособности устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине (демпфирующее устройство со спиральной пружиной и центробежная муфта), проведенная на ряде

трикотажных предприятий, показала высокую надежность и эффективность их работы.

15. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения отдельных результатов исследований на Черновицком государственном предприятии "Черновылегмаш" и в трикотажной промышленности составит 69,73 млн.крб. в расчете на одну кругловязальную машину типа КО.

Основное содержание диссертации изложено в работах:

1. Пипа Б.Ф., Набулси А.-С.А. Устройство для снижения динамических нагрузок в приводе кругловязальной машины. КТИПП.К.,1992, 11 с. Деп. в УкрИНТЭИ 17.12.92, №2009 - Ук 92.

2. Пипа Б.Ф., Присяжнюк П.А., Набулси А.-С.А. Привод кругловязальной машины. Заявка №5050533/12 от 15.02.92, решение о выдаче патента Российской Федерации от 21.12.94.

3. Набулси А.-С.А., Пипа Б.Ф. Влияние демпфирующего устройства со спиральной пружиной на динамические нагрузки в кругловязальной машине. ГАЛПУ. К.,1994, 10 с. Деп. в ГНТБ Украины 18.04.94, №760- Ук 94.

4. Набулси А.-С.А., Пипа Б.Ф. Экспериментальное исследование влияния центробежной муфты на динамические нагрузки в кругловязальной машине типа КО. ГАЛПУ. К.,1994, 10 с. Деп. в ГНТБ Украины 18.04.94, № 761- Ук 94.

5. Пипа Б.Ф., Набулси А.-С.А. Эффективность использования центробежной муфты для снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине. ГАЛПУ. К.,1994, 10 с. Деп. в ГНТБ Украины 20.04.94, № 781 - Ук 94.

6. Пипа Б.Ф., Набулси А.-С.А. К вопросу снижения динамических нагрузок в кругловязальной машине. ГАЛПУ. К., 1994, 14 с. Деп. в ГНТБ Украины 20.04.94, №782 - Ук 94.

7. Набулси А.-С.А., Пипа Б.Ф. Экспериментальное исследование влияния демпфирующего устройства со спиральной пружиной на динамические нагрузки в кругловязальной машине МС-9. ГАЛПУ. К.,1994, 18 с. Деп. в ГНТБ Украины 20.04.94, № 787 - Ук 94.

8. Пипа Б.Ф., Шевченко К.Л., Набулси А.-С.А. Математический эксперимент по определению влияния параметров кругловязальной машины КО-2 на

динамические нагрузки. ГАЛПУ. К., 1994, 12 с. Деп. в ГНТБ Украины 28.07.94, № 1411 - Ук 94.

9. Пипа Б.Ф., Набулси А.-С.А. Использование уравнений регрессии для анализа влияния параметров кругловязальной машины на динамические нагрузки. ГАЛПУ. К., 1994, 10 с. Деп. в ГНТБ Украины 28.07.94, № 1412 - Ук 94.

10. Пипа Б.Ф., Зенкин Н.А., Набулси А.-С.А. Совершенствование методики анализа динамических нагрузок в механических системах. К., ж. Інформація та нові технології (ІНТ), 1994, №3, с. 37,38.

11. Набулси А.-С.А., Пипа Б.Ф. Снижение динамических нагрузок в кругловязальной машине путем отбора пускового момента электродвигателя. ГАЛПУ. К., 1995, 8 с. Деп. в ГНТБ Украины 17.07.95, № 1848 - Ук 95.

12. Набулси А.-С.А., Пипа Б.Ф. Снижение динамических нагрузок в механизмах кругловязальных машин. Ювілейна наукова конференція професорсько-викладацького складу, присвячена 65-річчю заснування академії. Наукові праці, ч. 2. К., ДАЛПУ, 1995, с.18.

13. Пипа Б.Ф., Набулси А.-С.А. Привод кругловязальной машины. Заявка № 94062615 от 29.06.94, решение о выдаче патента Украины от 27.02.96.

14. Пипа Б.Ф., Набулси А.-С.А. Привод кругловязальной машины. Заявка № 94062619 от 29.06.94, решение о выдаче патента Украины от 27.02.96.

Nabuisi Abdel Salam Amin. Reduction of dynamical loads in circular knitting machine.

Dissertation to receive the degree of candidate of technical science on field speciality 05.19.09 - Light industry machines and apparatuses, The State Academy of Light Industry of Ukraine, Kiev, 1996.

The dissertation presents the results of investigations of dynamical loads, arising in circular knitting machines in time of setting in motion and methods of their reduction. The scientific foundations and engineering methods of projecting devices for dynamical loads reducing in circular knitting machines are worked out. New on principle designs of devices for dynamical loads reducing, which capacity for work and effectivity are tested in laboratory and industry are elaborated.

Набулси Абдель Салам Амин. Снижение динамических нагрузок в кругловязальной машине.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.19.09 - Машины и агрегаты легкой промышленности, Гос. академия легк. пром-сти Украины, Киев, 1996.

Защищается диссертационная работа, в которой изложены результаты исследований динамических нагрузок, возникающих в кругловязальных машинах при пуске, и методы их снижения. Разработаны научные основы и инженерные методы проектирования устройств для снижения динамических нагрузок в кругловязальных машинах. Разработаны принципиально новые конструкции устройств для снижения динамических нагрузок, работоспособность и эффективность которых проверены в лабораторных условиях и в промышленности.

Ключові слова: круглов'язальна машина, привод, демпфіруючий пристрій, муфта, маховик, динамічні навантаження, сили пружності.

Подп. к печ. 09.04.96г.

Формат 60x84 I/16. Бумага

тип М1. Печать офсетная. Усл. печ. л. I,63.

Усл. кр.-отт. I,74.

Уч.-изд. л. I,27.

Тираж I20. Зак. 786.

Бесплатно.

Участок оперативной полиграфии при Государственной академии легкой промышленности Украины.
252011, Киев-II, ул. Немировича-Данченко, 2.

AB 37.27

1920

300. 100

446274

AB 34.599

AB 34.599

Бесплатно

Подп. и дат. 19.04.06г. Форма №34 1/18. Бюджет
тип 91. Институт философии, псих. и социол. наук. Учен. кр.-отт. 1. 1/4.
Уч.-исл. з. 1. 1/4. 19.04.06г. 19.04.06г. 19.04.06г. Бесплатно.

Зак. 785 ... при Факультете ...
... 2.

115 2200