

Экспериментальное исследование периода разгона высокоскоростного ткацкого станка АТК-100-М

Кандидат технических наук Я. И. КОРИТЫССКИЙ.

Аспирант И. А. МАРТЫНОВ.

(Московский текстильный институт)

При проектировании нового высокоскоростного ткацкого станка АТК-100-М в НИИЛТЕКМАШе был проведен ряд исследований вопросов его динамики. Одним из важных являлся вопрос разгона станка. Исследование его представляло интерес как с точки зрения обеспечения первой нормальной прокидки челнока, так и с точки зрения изучения работы привода в неустановившемся режиме в связи с значительным повышением скорости станка.

В соответствии с поставленной задачей были определены:

- 1) скорости станка и углы поворота коленчатого вала, соответствующие отрыву челнока в момент первой прокидки;
- 2) углы проскальзывания в муфте от начала пуска станка до момента полного сцепления муфты с валом;
- 3) углы разгона станка до установившегося движения;
- 4) величины скольжения в клиноременной передаче и муфте при установившемся режиме работы станка.

Перечисленные параметры имеют значение для расчета элементов привода и некоторых узлов станка.

Кроме того были определены коэффициенты неравномерности хода станка и величины крутящих моментов на коленчатом валу (для новой муфты).

Исследование проводилось на опытном экземпляре станка при двух конструкциях муфт: обычной двухколодочной и многодисковой, так как предполагалось, что применение муфты с более жесткой характеристикой может существенно улучшить условия пуска станка.

Муфта колодочного типа применялась на ранее выпущенных станках АТК-100 и известна специалистам.

Дисковая муфта выполнена по типу широко известных муфт автомобильного типа (5), она применяется и на ткацких станках, например, на станке типа Заурер.

Основой эксперимента являлось определение кривых изменения скоростей двигателя, первой половины муфты и коленчатого вала от начала разгона до установившегося движения при различных числах оборотов.

В настоящем сообщении приведены основные результаты исследования периода разгона станка АТК-100-М.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Скорости различных звеньев привода-двигателя, первой половины муфты и коленчатого вала—записывались одновременно на одну пленку с помощью контактных дисков.

Для этой цели контактные диски устанавливались на коленчатом валу на первой половине муфты (36 контактов), а также и на валу двигателя (24 контакта)¹⁾. Электрическая схема установки

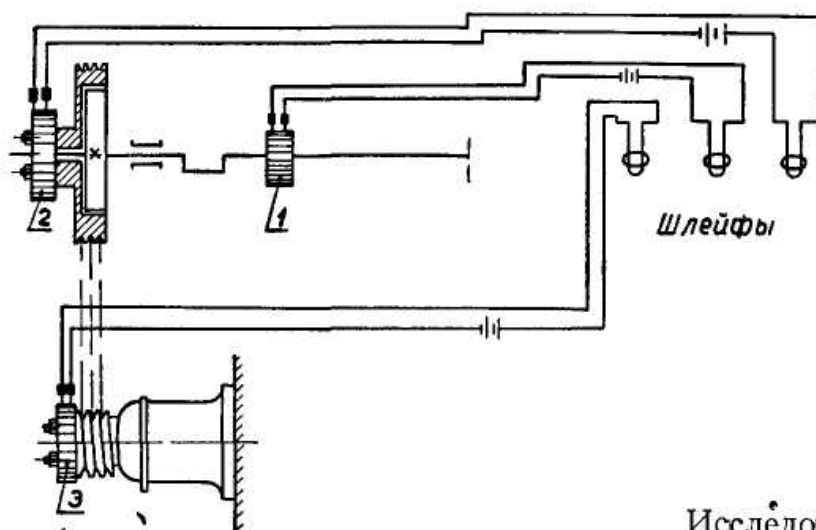


Рис. 1.

представлена на рис. 1. Запись производилась на осциллографе МПО-2. При замыкании двух контактов на медной пластинке контактного диска на пленке получаются соответствующие отметки, которые повторяются через определенный угол поворота контактного диска (10 и 15° в зависимости от числа контактов диска).

Исследование проводилось для обеих муфт при следующих номинальных скоростях станка: 220, 230, 240, 260, 290.

Чтобы увязать изменение скоростей различных звеньев привода с цикловой диаграммой станка контакты замыкались на широкую отметку контактного диска, сидящего на коленчатом валу в положении прибора.

Станок пускался из нижнего положения коленчатого вала (90° от прибора). Скорость движения пленки была принята 1000 мм/сек. При этом сначала включался механизм движения пленки, а затем станок. Такая последовательность включения позволяла производить запись изменения скоростей от начала включения муфты до установившегося движения.

ОБРАБОТКА ОСЦИЛЛОГРАММ И АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ¹⁾

В качестве отметчика времени применялся шлейф, питаемый от сети $f=50$ герц. Масштаб времени, подсчитанный по осциллограмме, составляет $\tau=0,00965$ сек/мм.

Средняя скорость определялась из трех отметок для контактного диска коленчатого вала и первой половины муфты (через 30 и 45° поворота коленчатого вала) и из восьми отметок для контактного диска двигателя (через 120° поворота ротора двигателя). При этом, так как отметки составляют отрезок 20—25 мм, то погрешность обработки составляет примерно 1%.

Обработка осциллограмм велась со стороны установившегося движения. Исходные данные и результаты обработки заносились в таблицу по следующей форме:

$\Delta\varphi$	S	$t=\tau \cdot S$	$\omega = \frac{\Delta\varphi \cdot 2\pi}{360 \cdot t}$	$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}$
-----------------	-----	------------------	---	-----------------------------------

¹⁾ Так как скорость электродвигателя больше скорости коленчатого вала и первой половины муфты, то число контактов диска, сидящего на валу электродвигателя, принято меньшим.

$\Delta\varphi$ — угол, соответствующий числу отметок, через которые проводим обработку осциллограмм, в градусах,
 S — отрезок, соответствующий углу $\Delta\varphi$, в мм;
 t — время соответствующее повороту диска на угол S , в сек,
 ω — угловая скорость звена в 1/сек;
 n — число оборотов звена, об/мин

По полученным величинам скоростей для различных точек были построены кривые изменения скоростей от начала разгона до установившегося движения (рис. 3). Некоторые действительные кривые изменения скоростей для старой и новой муфт показаны на рис. 4 и 5.

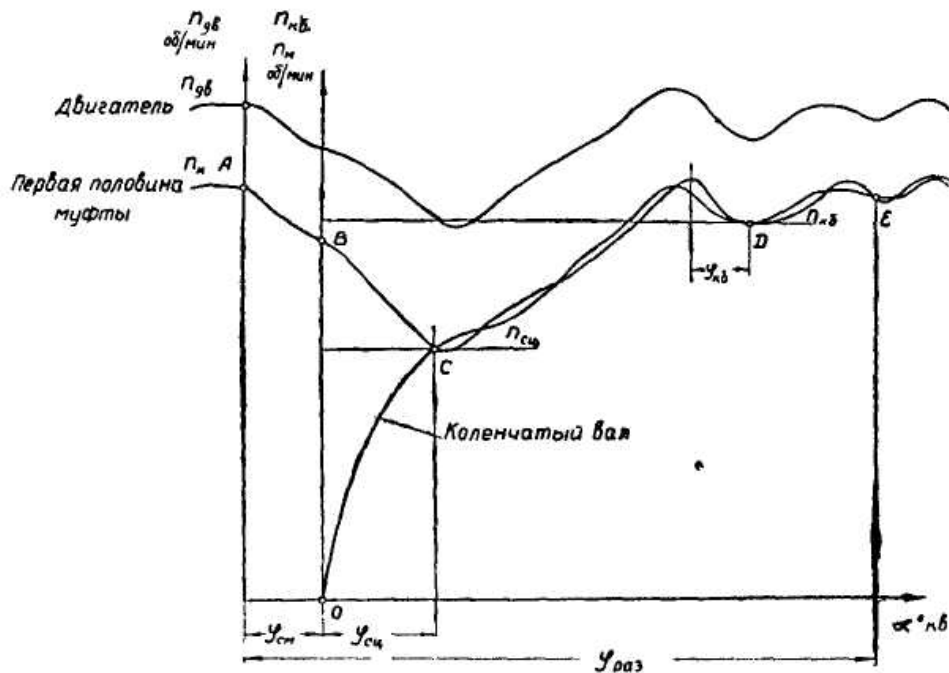


Рис. 2



Рис. 3.

Процесс разгона станка происходит в следующем порядке. Сначала включается электродвигатель. После того как двигатель и первая половина муфты достигнут номинальной скорости, через пусковую ручку подключается вторая половина муфты, связанная с коленчатым валом. При этом станок не сразу приходит в движение, так как на участке AB первая половина муфты проскальзывает на угол $\varphi_{см}$. С увеличением скорости величина угла проскальзывания $\varphi_{см}$ увеличивается от 75° при 220 об/мин до 175° при 260 об/мин (для старой муфты). Для новой муфты величина $\varphi_{см}$ значительно меньше (см. таблицу 1).

На этом же участке происходит проскальзывание в клиноременной передаче, на что указывает некоторое различие характера и углов наклона кривых изменения скоростей двигателя и первой половины муфты.

Начиная с точки *B* коленчатый вал начинает набирать скорость, но проскальзывание в муфте продолжается до точки *C*, в которой происходит полное сцепление между двумя половинами муфты. Величина

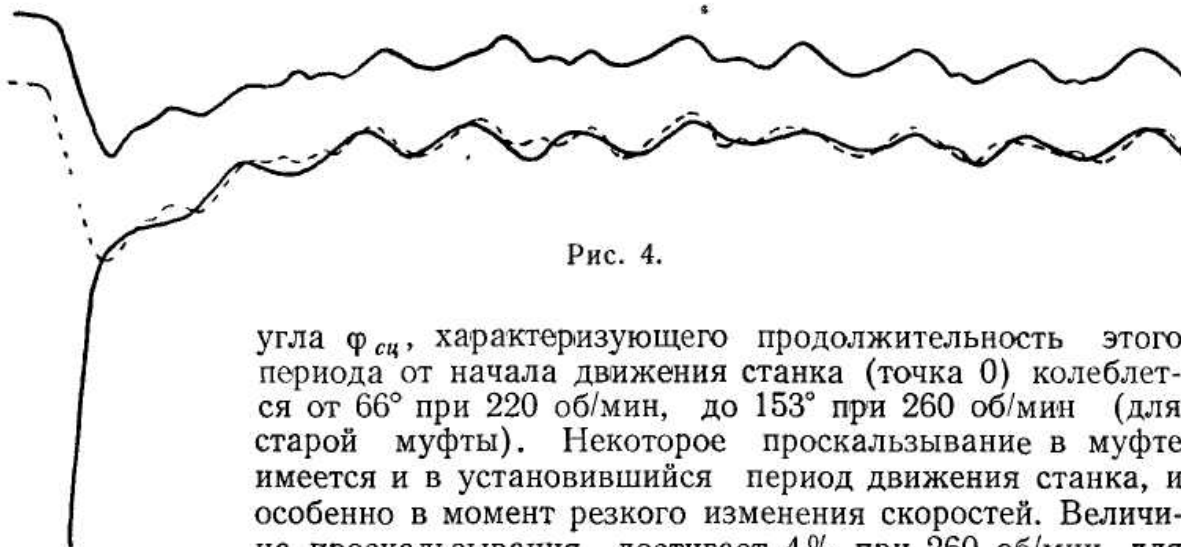


Рис. 4.

угла $\varphi_{сц}$, характеризующего продолжительность этого периода от начала движения станка (точка 0) колеблется от 66° при 220 об/мин, до 153° при 260 об/мин (для старой муфты). Некоторое проскальзывание в муфте имеется и в установившийся период движения станка, и особенно в момент резкого изменения скоростей. Величина проскальзывания достигает 4% при 260 об/мин. для старой муфты и 2,5% для новой муфты. Незначительное проскальзывание в эти моменты имеется и в клиноременной передаче. Разгон станка, характеризуемый углом $\varphi_{раз}$ продолжается до точки *E*.

Из кривых разгона станка определяются также величины скоростей коленчатого вала, при которых происходит полное сцепление обеих половин муфт $n_{сц}$ (точка *C*) и первый бой $n_{к.б.}$ (точка *D*). По кривым разгона станка можно установить, что угол, соответствующий концу боя $\varphi_{к.б.}$ с повышением скорости станка уменьшается. Так при 220 об/мин (для старой муфты) $\varphi_{к.б.} = 105^\circ$ (считая от положения прибоя), а при 260 об/мин $\varphi_{к.б.} = 90^\circ$. Результаты обработки кривых изменения скоростей для старой (с. м.) и новой (н. м.) муфт сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

n	$\varphi_{см}$		$\varphi_{сц}$		P _{сц}		$\varphi_{кб}$		P _{кб}		$\varphi_{раз}$		Скольжение					
													С _м		С _к		С _{общ}	
	с.м.	н.м.	с.м.	н.м.	с.м.	н.м.	с.м.	н.м.	с.м.	н.м.	с.м.	н.м.	с.м.	н.м.	с.м.	н.м.	с.м.	н.м.
220	75	50	66	30	149	143	105	105	200	182	450	555	2,5	1,0	2,0	2,0	4,5	3,0
230	90	70	72	40	166	157	97	98	210	206	555	570	3,0	1,5	2,5	2,5	5,5	4,0
240	—	90	—	50	—	175	—	93	—	220	—	600	—	2,0	—	3,0	—	5,0
260	175	105	153	55	183	180	90	90	215	225	630	630	4,0	2,5	3,5	3,5	7,5	6,0
290	270	140	175	65	200	193	—	82	225	228	960	990	—	3,0	4,0	4,0	—	7,0

где *n* — номинальная скорость коленчатого вала в об/мин;

$\varphi_{см}$ — угол проскальзывания первой половины муфты до начала движения станка в градусах;

P_{сц}, $\varphi_{сц}$ — число оборотов и угол, соответствующие моменту полного сцепления муфты;

$\varphi_{кб}$, *P_{кб}* — угол (считая от прибоя) и число оборотов коленчатого вала, соответствующие концу разгона члена;

$\varphi_{раз}$ — угол разгона станка в градусах;

C_м, *C_к*, *C_{общ}* — величина скольжения в процентах в муфте, клиноременной передаче и общее в установившийся период работы.

По кривым изменения скоростей была определена неравномерность хода станка при различных скоростях. Результаты определения скоростей и коэффициентов неравномерности хода станка для старой (с. м.) и новой (н. м.) муфт сведены в таблицу 2.

Таблица 2.

п	P _{макс}		P _{мин}		P _{срар}		δ		P _{ср. макс. ст}		P _{ср макс. м.}	
	С.М.	Н.М.	С.М.	Н.М.	С.М.	Н.М.	С.М.	Н.М.	С.М.	Н.М.	С.М.	Н.М.
220	222	239	203	214	212,5	226,5	9,0	11	216	224	221	233
230	241	248	220	220	230,5	234	8,9	10	229,5	234	238,5	250
240	253	268	232	243	242,5	255	8,65	9,8	241	256	254	274
260	261	275	240	250	250,5	262,5	8,35	9,5	250	260	266	278
290	292	300	269	274	280,5	287	8,2	9,3	280	287	—	317

P_{ср. макс. м} — средняя тахометрическая скорость первой половины муфты до момента включения станка;

P_{ср. макс. ст.} — средняя тахометрическая скорость станка в установившийся период работы

Как видно из таблицы 1, углы $\varphi_{см}$ и $\varphi_{сц}$ характеризующие проскальзывание первой половины муфты в период пуска, для новой муфты значительно меньше, т. е. муфта более резко захватывает коленчатый вал, скорость которого быстро возрастает на участке ОС (см. рис. 2).

Что же касается участка кривой разгона станка, следующего после точки С, то он остается примерно таким же, как и при старой муфте.

Это объясняется тем, что вследствие более жесткого захвата новой муфтой коленчатого вала скорость двигателя резко падает на участке АВС, после чего скорость двигателя примерно на участке в 100—150° поворота коленчатого вала возрастает очень медленно, а лишь вслед за этим периодом скорость двигателя возрастает более резко. Но так как времени до начала боя остается мало, двигатель, а следовательно и станок не успевают набрать достаточной скорости.

Неравномерность хода станка АТК-100-М (значения коэффициентов неравномерности приведены в таблице 2) ниже по сравнению со станками других марок. Это можно объяснить тем, что в станке АТК-100-М уменьшен вес батана, изменено распределение маховых масс, уменьшено трение в опорах валов вследствие применения подшипников качения. На уменьшение неравномерности хода станка также оказывает влияние применение эластичности передачи от двигателя к первой половине муфты, в отличие от других станков, так как некоторое скольжение в клиноремной передаче и упругая деформация ремней сглаживают резкие колебания скоростей.

В новой муфте скольжение в установившийся период работы станка меньше. Это несколько увеличивает неравномерность хода станка, что следует из таблицы 2.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ НА КОЛЕНЧАТОМ ВАЛУ

Определение крутящих моментов проводилось с помощью датчиков омического сопротивления.

Для этой цели два датчика с базой 20 мм наклеивались под углом 45° с двух сторон на коленчатый вал на расстоянии 200 мм от середины шейки колена (со стороны двигателя) и включались в обычный мост.

Запись проводилась без приспособления для токосъема.

Чтобы иметь возможность количественно оценить величины крутящих моментов, а затем и величины касательных напряжений, была проведена гарировка коленчатого вала на кручение. Один конец вала затормаживался, а к другому концу прикладывался крутящий момент, создаваемый грузом. Результаты тарировки сведены в таблицу 3.

Таблица 3

№ № п п	Q	S	M _{кр}
1	15	2,5	795
2	30	5,0	1590
3	36	6,0	1910

где

Q — величина груза в кг,

S — отклонение зайчика от нулевой линии в мм,

$M_{кр}$ — величина крутящего момента в кг/см.

Отсюда масштаб осциллограмм $K=320$ кгсм/мм.

Запись крутящего момента на коленчатом валу производилась на одну пленку вместе с записью изменения скоростей двигателя, первой половины муфты и коленчатого вала (рис. 2).

Как видно из осциллограмм, крутящий момент возрастает в период разгона станка. Наибольшей же величины он достигает в момент боя. Результаты обработки осциллограмм сведены в таблицу 4.

Таблица 4

Скорость станка n об/мин	Максимальный крутящий момент M _{макс} кгсм	Максимальное касательное напряжение $\tau_{макс}$ кг/см ²
220	1950	152
230	2100	164
240	2700	210
250	2950	230
290	3400	260

ВЫВОДЫ

Исследование периода разгона станка АТК-100-М позволяет сделать следующие выводы:

1) На высокоскоростном ткацком станке (опытном экземпляре) АТК-100-М первая прокидка челнока и его посадка в челночную коробку в период разгона происходит нормально, несмотря на то, что отрыв челнока происходит при скорости станка, значительно меньшей скорости его при установившемся режиме. Это можно объяснить тем, что в период разгона станка все его звенья движутся также с меньшей скоростью и, следовательно, взаимодействие между отдельными механизмами станка не нарушается. При этом скорость челнока в момент отрыва оказывается выше той, которая минимально необходима для осуществления пролета челнока и его нормальной посадки в челночную коробку.

2) Максимальное скольжение в установившийся период работы станка составляет:

а) в клиноременной передаче от 2 до 4% соответственно при скоростях 220 и 290 об/мин;

б) в муфте колодочного типа от 2 до 4% при $n=220$ и $n=260$ об/мин;

в) в дисковой муфте от 1 до 25% при $n=220$ и $n=260$ об/мин;

г) общее скольжение составляет: 4,5—7,5% для муфты колодочного типа и 3,0—6,0% для дисковой муфты при скоростях $n=220$ и $n=260$ об/мин.

3) Применение более жесткой муфты уменьшает угол проскальзывания от начала пуска станка до момента полного сцепления муфты с валом в 1,75 раза при $n=220$ об/мин до 2,15 раза при $n=290$ об/мин.

Жесткая муфта позволяет более полно реализовать динамические возможности двигателя. При этом существует определенный максимальный момент $M_{пр.м.}$, который может быть передан муфтой. Если этот момент $M_{пр.м.} < M_{дв}$ (приведенного к коленчатому валу), то возможности двигателя не могут быть полностью реализованы. При $M_{пр.м.} < M_{дв}$ динамические возможности двигателя полностью используются. Поэтому применение муфты с моментом $M_{пр.м.} > M_{дв}$ не может дать существенного изменения кривой разгона станка.

С точки зрения улучшения условий для первой прокидки челнока существенной разницы между обеими муфтами нет. Это можно объяснить тем, что $M_{пр.м.}$ старой муфты близок к $M_{дв}$ и динамические возможности двигателя использованы достаточно полно.

Применение новой муфты с более жесткой характеристикой увеличивает неравномерность хода станка на 2% при 220 об/мин и на 1% при $n=290$ об/мин.

С повышением скоростного режима станка неравномерность хода уменьшается.

4) Можно считать оправданной и рекомендовать примененную методику для исследования периода разгона других ткацких станков. В частности она может быть применена для сравнительного исследования привода ткацкого станка гибкой и жесткой передачей, что позволит ответить на вопрос о целесообразности того или иного привода¹⁾.

Л и т е р а т у р а

1. Малышев А. П., Воробьев П. А., Смирнов А. И. Основы проектирования ткацких станков » Гизлегпром, 1946.
2. Воробьев П. А. «Неустановившееся движение ткацкого станка » Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.
3. НИИЛТЕКМАШ Сборник статей «Исследования машин ткацкого производства.» Машгиз, 1957.
4. Раевский Н. П. Методы экспериментального исследования механических параметров машин, изд. Академии наук СССР, 1952.
5. Иванов А. И. Муфты приводов, Машгиз, 1954.

¹ В настоящее время на Климовском заводе при участии авторов такое исследование проводится и результаты его предполагается опубликовать в отдельном сообщении.