

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИВОДА ВАЛКОВЫХ МАШИН

TOPICAL ISSUES OF RESEARCH DRIVE ROLLER MACHINES

Ю.Г. Фомин¹, Э.Э. Гасанова¹, А.А. Тувин¹, И.Ю. Шахова²
Y.G. Fomin¹, E.E. Gasanova¹, A.A. Tuvin¹, I.Y. Shakhova²

¹Ивановский государственный политехнический университет

²Ивановский государственный университет

¹Ivanovo State Polytechnic University

²Ivanovo State University

E-mail: fomin1938@yandex.ru, mirysik37@bk.ru,
tuvin@ivgpu.com, shakhova.ira@yandex.ru

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований приводов валковых машин. Установлено влияние технологических и конструктивных факторов на затраты мощности с использованием методов дисперсионного анализа и наименьших квадратов. Предложены выражения для расчета мощности на деформацию обрабатываемого материала и эластичного покрытия вала.

Ключевые слова: валковые машины; валковый механизм; обработка текстильных материалов.

The results of theoretical and experimental studies of roller drives are presented. The influence of technological and design factors on the power consumption using the methods of analysis of variance and least squares is established. Expressions for calculation of power on deformation of the processed material and an elastic covering of a shaft are offered.

Keywords: roller machines; roller mechanism; processing of textile materials.

Привод валковых машин обеспечивает создание энергетического потенциала с целью компенсации полезных и вредных сопротивлений в валковых модулях и кинематических цепях, а также транспортировки текстильных материалов с заданной рабочей скоростью.

Приводные устройства этого вида обладают рядом особенностей:

– наличием промежуточных механизмов (клиноременных, зубчатых, червячных передач) с достаточно большим передаточным числом из-за малой частоты вращения рабочих валов;

– необходимостью регулирования скорости машин в диапазоне 1:4 – 1:10 при смене ассортимента обрабатываемой ткани или рабочих режимов;

– возможностью применения практически большинства типов регулируемых электродвигателей (асинхронных с фазным ротором, трехфазных коллекторных, постоянного тока) при работе индивидуальной или в составе поточных линий (промывных, отделочных и др.);

– автоматическим подрегулированием рабочей скорости машин при агрегировании для поддержания постоянным натяжения тканей;

– наличием плавного пуска, энергичного и быстрого торможения, заправочной скорости и возможности выдерживать внезапные перегрузки при нестационарных режимах работы модулей.

Выбор элементов привода определяется технологической характеристикой и конкретными условиями работы валковой машины. Кинематические цепи приводов валковых машин подразделяются на открытые и замкнутые. В замкнутой кинематической цепи валы модуля в рабочем режиме контактируют через обрабатываемый материал и соединены между собой кинематически. Мощность, расходуемая на привод машины, определяется моментом ее

статического сопротивления, приведенного к ведущему валу модуля и обусловленного при установившемся движении конструктивными и технологическими факторами.

Распределение момента статического сопротивления по сборочным единицам машины позволяет выявить пути его снижения. Значения расчетного и фактического значений этого момента необходимо для обоснованного выбора электродвигателя при проектировании и оценки качества изготовления машины. Основными его составляющими являются моменты на преодоление сопротивлений трения качения и микроскольжения в жалах валов, деформации покрытия и материала, трения в подшипниках и при транспортировке ткани с заданным натяжением. Для определения этих составляющих необходимо выполнить силовой анализ взаимодействия валов модуля (на примере трехвальной плюсовки), используя метод тяговых усилий [5,6].

Экспериментальные исследования по определению составляющих МСВ проводились в производственных и лабораторных условиях. Для валкового модуля двухвальной машины при нагрузках в жале q_i от 10 до 100кН/м, скорости $V_{тк}=80$ м/мин и соотношения диаметров валов ($D1/D2$): 150/200, 250/300, 350/400 (мм) были получены данные для расчета усилий на преодоление сопротивления их качению. Результаты замеров и расчетов параметров представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1

Результаты расчетов усилий для преодоления сопротивления качению валов ($D1/D2=150/200$ мм, $\alpha=13,3$ 1/с, $B=1800$ мм)

g Н/мм	$P_{i,i-1}$ кН	N_B кВт	k_i мм	F_i кН
10	18	1,6	6,7	2,81
20	36	2,3	4,8	4,03
30	54	3,2	4,5	5,67
40	72	4,0	4,2	7,06
50	90	4,7	3,9	8,19
60	108	5,5	3,8	9,58
70	126	6,2	3,7	10,88
80	144	6,9	3,6	12,09
90	162	7,5	3,5	13,23
100	180	8,1	3,4	14,28

Таблица 2

Результаты расчетов усилий для преодоления сопротивления качению валов ($D1/D2=250/300$ мм, $\alpha=8,87$ 1/с, $B=1800$ мм)

g Н/мм	$P_{i,i-1}$ кН	N_B кВт	k_i мм	F_i кН
10	18	1.28	10.01	2.12
20	36	1.84	7.35	3.04
30	54	2.56	6.56	4.56
40	72	3.20	6.18	5.29
50	90	3.76	5.90	6.22
60	108	4.40	5.65	7.27
70	126	4.96	5.45	8.21
80	144	5.52	5.38	9.12
90	162	6.00	5.22	9.93
100	180	6.48	5.07	10,72

Таблица 3

Результаты расчетов усилий для преодоления сопротивления качению валов
($D1/D2=350/400$ мм, $\square=6,65$ 1/с, $B=1800$ мм.)

g Н/мм	$P_{i,i-1}$ кН	N_B кВт	k_i мм	F_i кН
10	18	0.96	13.32	1.54
20	36	1.38	10.42	2.22
30	54	1.92	9.46	3.09
40	72	2.40	8.80	3.86
50	90	2.82	8.30	4.54
60	108	3.30	7.85	5.32
70	126	3.72	7.48	5.99
80	144	4.14	7.15	6.67
90	162	4.50	6.90	7.25
100	180	4.86	6.70	7.83

Результаты исследований, полученные при обработке экспериментальных данных, приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты экспериментов по определению коэффициентов трения

Вид материала, артикул.	Коэффициент трения			
	по металлу		по резине	
	Влажность образца ткани			
	W = 5%	W = 70%	W = 5%	W = 70%
Шевиот, арт. 223 (79% шерсти, 21% лавсан)	0,124	0,233	0,184	0,333
Тамир, арт. 221 (70% шерсти, 30% лавсан)	0,142	0,183	0,256	0,308
Саржа арт.3980	0,411	0,450	0,534	0,454
Репс, арт. 871	0,350	0,390	0,549	0,586
Сатин, арт. 520	0,388	0,420	0,547	0,567

Образцы тканей выдерживались перед началом экспериментов в гидростате TVPSH-2 до влажности $W=5\%$. Образцы мокрой ткани имели влажность $W=70\%$. Анализ результатов показал, что коэффициенты трения сухих шерстяных тканей по металлу и резине ниже коэффициентов трения для х/б тканей и зависят от процентного содержания в них шерсти и лавсана. Ткани с повышенным содержанием шерсти имеют меньший коэффициент трения. При наличии влажности ткани и комбинированного ее переплетения коэффициент трения увеличивается.

Для определения зависимости электромагнитного момента от интенсивности нагрузки в жале валов q и скорости V замеры параметров УН и ИН проводились у двигателей плюсовки ПД – 140 – 21, отжимов ОС – 140 – 1 и ОТ – 140 – 11 в режиме холостого хода (без ткани) при условии равенства: $M_{ЭМ} = M_c$. В цепь электродвигателей приводов подключались измерительные приборы (амперметр и вольтметр).

В качестве базового оборудования для определения параметров привода выбрана многоцелевая унифицированная валковая машина МВУ – 140, предназначенная для выполнения технологических операций отжима, пропитки и каландрирования тканей.

Для расчета мощности на привод валкового модуля проводилась оценка влияния основных факторов на ее величину. Мощность на привод валковой машины КЛ – 2/20 замерялась с помощью самопишущего ваттметра Н348, включенного в сеть электродвигателя

привода. Показания мощности записывались при значениях нагрузки в жале валов P в пределах $(4...12)10^3$ Н и линейных скоростях их движения V от 30 до 90 м/мин.

На основании полученных данных построены графики зависимости мощности, потребной на привод валкового модуля, от параметров P и V . С увеличением рабочей скорости и нагрузки в жале валов потребная на привод мощность возрастает, что подтверждает результаты экспериментов на валковых машинах в производственных условиях.

Эксперимент, позволяющий исследовать влияние на затраты мощности технологических и конструктивных параметров, является многофакторным. С учетом этого проведены электротехнические испытания отделочных машин на АО “Тейковотекстиль” и АО “Самтекс”. Планирование эксперимента выполнено по греко-латинским квадратам [2, 5, 6]. При исследовании были выбраны четыре фактора: диаметр и линейная скорость приводного вала, интенсивность распределенной нагрузки в жале валов и твердость их эластичного покрытия. При этом проведен четырехфакторный дисперсионный анализ с повторными опытами и одинаковым числом уровней, равным трем.

Ниже перечислены:

A – диаметр приводного вала: $a_1=320$ мм, $a_2=265$ мм, $a_3=210$ мм;

B – линейная скорость приводного вала: $b_1=80$ м/мин, $b_2=100$ м/мин, $b_3=120$ м/мин;

C – интенсивность распределенной нагрузки в жале валов: $a=30$ кН/м, $b=40$ кН/м, $c=50$ кН/м;

D – твердость эластичного покрытия вала в зависимости от материала: D – твердость эластичного покрытия вала в зависимости от материала: $\blacktriangledown = 70$ ед. по Шору А (резина марки 2-606-7), $\square = 92$ ед. по Шору А (полиуретан марки ГУП-5К), $\blacksquare = 97$ ед. по Шору А (набор из нетканого материала);

Y_1, Y_2 – потребляемая мощность, кВт.

Таблица 5

Исходные данные и результаты эксперимента

№	A	B	C	D	Y_1	Y_2
1	320	80	30	70	4.5	4.6
2	320	100	40	92	5.3	5.2
3	320	120	50	97	7.1	7.2
4	265	80	40	97	3.2	3.4
5	265	100	50	70	6.5	6.7
6	265	120	30	92	4.7	4.8
7	210	80	50	92	7.1	7.3
8	210	100	30	97	4.3	4.5
9	210	120	40	70	9.4	9.8

Сравнение полученных дисперсионных отношений с табличным значением показало, что все линейные эффекты значимы. Следовательно, влияние всех четырех факторов на потребную мощность существенно.

Для оценки различий в средних значениях параметра оптимизации (Y) в зависимости от уровней факторов использован множественный ранговый критерий Дункана [2].

Для получения математической модели необходимо использовать методику планирования эксперимента [1, 4], которая позволяет по сравнению с традиционными методами значительно сократить затраты времени и средств, выявить влияние каждого фактора на параметр оптимизации и их эффекты взаимодействия. В этом случае характерно применение полиномиальных моделей, обеспечивающих условия аппроксимации и удобные при решении задач оптимизации.

В процессе проектирования валковых машин следует исходить из основных технологических принципов: получение заданных показателей обработки материала,

достижение его наименьшей остаточной влажности, сохранение структуры и природных физико-механических свойств, обеспечение равномерности влажности по ширине, минимальные энергозатраты на привод машины.

Основные параметры, влияющие на данные показатели: давление на материал, скорость обработки, диаметры и твердость покрытий валов, их конструкция, температура и др. В рациональной конструкции валковой машины должны быть приняты такие величины перечисленных параметров, которые позволили бы добиться наилучшего эффекта обработки.

текстильного материала при сохранении его природных свойств. Проектирование валковых модулей проводится с учетом конструктивных, технологических и эксплуатационных требований. Экономичность модулей в процессе эксплуатации в первую очередь определяется уровнем энергозатрат на их привод.

В результате экспериментальных исследований, выполненных в производственных и лабораторных условиях, выявлены основные направления снижения затрат электрической энергии:

- оптимальный выбор параметров движения материала и нагрузки в зоне контакта валов модуля в соответствии с требованиями технологического процесса;
- использование условий получения минимальных размеров площадки контакта валов за счет выбора вида, толщины и модуля упругости их эластичного покрытия;
- обеспечение максимально возможной равномерности распределения нагрузки в жале валов с применением систем ее контроля и последующей корректировки;
- устранение источников перегрева покрытий валов в рабочих режимах;
- применение способов оптимальной транспортировки тканей через модули.

При проектировании валов модулей с учетом вышесказанного целесообразно учесть следующие рекомендации:

- увеличение жесткости деталей модуля, работающих в области упругой деформации их материалов;
- применение наиболее перспективных сочетаний пар валов модулей (0-1, 1-1, 1-2) с использованием малогабаритных конструкций;
- разработка эластичных покрытий валов с максимально возможным модулем упругости и толщиной в пределах 20...40 мм;
- использование валов диаметром 300...400 мм;
- выбор геометрических размеров валов на рабочие ширины 2600 мм и 3200 мм, полученных на основе расчётных программ оптимизации с использованием ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - 278 с.
2. Ахназарова С.Л., Кадаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. -М.: Высшая школа, 1987. - 292 с.
3. Бартенев Г.М., Зеленов Ю.В. Физика и механика полимеров. -М.: Легкая индустрия, 1983. - 318 с.
4. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико- технологических процессов текстильной промышленности. -М.: Легкая индустрия, 1980. - 392 с.
5. Фомин Ю.Г. Оборудование отделочного производства. Энциклопедия. Машиностроение. Раздел IV. Том 13. Глава 14. -М.: Машиностроение, 1997. - С. 174-199.
6. Фомин Ю.Г., Удвал Л. Определение энергозатрат на привод модуля.// Сборник научных трудов.- Улан-Батор: МонТУ, 1996. - №1/23. - С. 86-87.
7. Шмелев А.Н., Шишло К.С. Электрооборудование промышленных предприятий текстильного производства. - М.: Легкая индустрия, 1975. -319 с.