

УДК 677.054

ОБЗОР РАБОТ В ОБЛАСТИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОТКАЦКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТКАНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТОК

Тувин А.А.

*Ивановский государственный политехнический университет, Иваново,
e-mail: tuvin@ivgpu.com*

Металлоткачество – уникальная подотрасль метизного производства, в технологических процессах которой сочетаются специфика образования ткацких переплетений и холодных методов обработки металлов. Тканые металлические сетки предназначены: для фильтрации жидкостей и газов; для просеивания сыпучих материалов; для сортировки сыпучих материалов; для контроля размеров частиц сыпучих материалов; для обезвоживания и сушки влажных материалов и других целей. В статье проведен анализ ассортимента тканых металлоткацких сеток специального назначения, выпущенных на основании требований государственных стандартов России, США и Германии. Рассмотрен вопрос организации контроля изготовления тканых металлоткацких сеток в производственных условиях. Представлены основные технико-экономические характеристики металлоткацких станков с гибкими и жесткими рапирами ведущих зарубежных и отечественных фирм. Выполнен обзор работ в области научных исследований и проектирования металлоткацкого оборудования и организации контроля изготовления тканых металлических сеток.

Ключевые слова: металлоткацкий станок, сетка, точность, дефект, качество, рапира, заправочная ширина, плотность, скорость, исполнительные механизмы.

THE REVIEW OF OPERATIONS IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCHES AND DESIGN OF THE METALWEAVER'S EQUIPMENT AND THE ORGANIZATION OF MONITORING OF MANUFACTURE OF WOVEN METAL GAUZES

Tuvina A.A.

Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, e-mail: tuvin@ivgpu.com

Metalweaving – unique subindustry of hardware production in which technological processes specifics of formation of weaver's strandings and cold methods of processing of metals are combined. Woven metal gauzes intend: for filtering liquids and gases; for sifting of bulks; for sorting of bulks; for monitoring of the sizes of particles of bulks; for dehydration and drying of the wet materials and other purposes. In article the analysis of the range of the woven metalgrids of a special purpose which are let out based on requirements of state standards of Russia, the USA and Germany is carried out. The question of the organization of monitoring of manufacture of woven metal gauzes under production conditions is considered. The main technical and economic characteristics of metalweaving looms with floppy and rigid rapiers of the leading foreign and domestic-owned firms are provided. The review of operations in the field of scientific researches and design of the metalweaver's equipment and the organization of monitoring of manufacture of woven metal gauzes is executed.

Keywords: metalweaving loom, grid, accuracy, defect, quality, rapier, filling width, density, speed, executive mechanisms.

Обзор работ в области научных исследований и проектирования металлоткацкого оборудования и организации контроля изготовления тканых металлических сеток

Металлоткачество – уникальная подотрасль метизного производства, в технологических процессах которой сочетаются специфика образования ткацких переплетений и холодных методов обработки металлов [18].

Металлические сетки и ткани имеют весьма обширную область применения. Они используются в авиа – и ракетостроении, радиоэлектронной, химической, пищевой, бумагоделательной, горнодобывающей отрасли промышленности, порошковой ме-

таллургии, сельском хозяйстве и в других отраслях [8,21].

Распространению информации о металлоткачестве мешает некоторая специфика использования данной продукции. В России широко известны несколько производителей металлотканых сеток: ОАО «Солнечногорский завод металлических сеток Лепсе (г. Солнечногорск, Московская обл.); ОАО «Электрокабель» Кольчугинский завод» (г. Кольчугино, Владимирская обл.); ОАО «Краснокамский завод металлических сеток (г. Краснокамск, Пермский край). В последние годы этому направлению стали уделять ВНИМАНИЕ ОАО «Северсталь-Метиз» (г. Череповец, Вологодской обл.) ООО «Металон» (г. Орел).

В производстве металлотакацкого оборудования Россия существенно отстает от ведущих зарубежных фирм. Признанным лидером машиностроения в этой отрасли является фирма «Emil Jager» – старейшая германская компания (г. Мюнстер), основанная еще в 1867 году и производящая большую гамму металлотакацких станков. Станки этой фирмы серий SD, BD, DM вырабатывают продукцию аналогичную отечественным станкам типа ТП и СТР при скорости вращения главного вала от 110 об/мин при ширине заправки 1300 мм и до 200 об/мин при ширине – 1000 мм.

История развития металлотакацких станков в России не так глубока. Челночные металлотакацкие станки МТП-100 [8] – первые отечественные станки, получившие применение в промышленности. На смену этим станкам пришли также челночные станки ТП-100-М, а в настоящее время парк отечественных металлотакацких станков базируется на моделях типа СТР, которые предназначены для выработки сеток малой, нормальной и высокой плотности с определенным диапазоном диаметров проволоки. Это станки с односторонними жесткими рапирами, шириной заправки 1000 и 1300 мм, с максимальной скоростью вращения главного вала до 120 об/мин. Российское металлотакацкое оборудование проектировалось в Шуйском СКБ ТО (ныне ООО «Текмал») и производилось Шуйским, Новосибирским и Чебоксарским машиностроительными заводами.

В данной статье поставлена задача провести анализ:

- ассортимента тканых металлических сеток специального назначения;
- организации технического контроля производства тканых металлических сеток;
- технико-экономических показателей современных металлотакацких станков;
- работ в области научных исследований и проектирования металлотакацкого оборудования.

1. Анализ ассортимента тканых металлических сеток специального назначения

Тканые металлические сетки предназначены: для фильтрации жидкостей и газов (в атмосферных условиях, в вакууме или под давлением); для просеивания сыпучих материалов; для сортировки сыпучих материалов; для контроля размеров частиц сы-

пучих материалов; для обезвоживания и сушки влажных материалов и других целей.

Особое место в ассортименте металлосеток занимают сетки с квадратными и прямоугольными ячейками.

Сетки проволочные тканые с квадратной ячейкой (ГОСТ 6613-86) подразделяются на сетки нормальной точности, высокой точности и контрольные (табл. 1).

ГОСТом регламентированы достаточно жесткие требования к геометрическим параметрам сетки, устанавливая допуски: на предельное отклонение среднего арифметического размера стороны ячейки от номинального; на интервал предельного отклонения особо крупных сторон ячеек от номинального. Более жесткие требования предъявляются к контрольным сеткам, для которых отклонение среднего арифметического размера стороны ячейки от номинального допускается в пределах от +/- 0,015 мм (сетка № 2.5, проволока диаметром 0.5 мм, номинальный размер стороны ячейки 2.5 мм) до +/- 0,003 мм (сетка № 004, проволока диаметром 0.03 мм, номинальный размер стороны ячейки 0.04 мм).

Наряду с металлосетками с квадратными ячейками, то есть с одинаковым расстоянием между основными и уточными проволоками, изготавливаются также сетки с прямоугольными ячейками (ГОСТ 2715-75), которые могут располагаться как в основном, так и в уточном направлении. Если расстояние между основными проволоками больше, чем между уточными, то ячейка называется широкой, если наоборот, то – длинной. При так называемой нулевой ячейке уточная и основная проволоки так близко расположены друг к другу, что ячейка практически не существует. Такая сетка называется фильтровой.

В зависимости от назначения металлосетки делятся на одинарные, двойные, тройные, крученые, подкладочные, фильтровые и контрольные [8]. В зависимости от требований, предъявляемых к сеткам, существуют более сложные комбинации взаимного расположения проволок основы и утка в сетке. В двойных сетках проволоки (мононити) располагаются по две плотно друг к другу. В тройных – по три. При этом мононити основы несколько меньшего диаметра мононитей утка. Такие сетки обладают хорошей гибкостью и имеют более гладкую поверхность по сравнению с обычными.

Таблица 1

Требования к точности металлотканых сеток по ГОСТ 6613–86

№ сетки	Точность сетки	Диаметр проволоки, мм		Номинальный размер стороны ячейки в свету, мм	Предельное отклонение среднего арифметического размера стороны ячейки от номинального, мм	Максимальное отклонение размера стороны ячейки от номинального, мм	Допустимое число ячеек с максимальным размером
		Номинальный	Предельное отклонение				
004	Нормальная	0.030	+ 0.004	0.040	±	+ 0.028	8
...		
016		0.100		0.160		+ 0.091	
...		
04		0.160		0.400		+ 0.180	
...			
2,5	0.500	2.500	+ 0.880	...			
004	Высокая	0.030	±	0.040	±	+ 0.021	5
...		
016		0.100		0.160		+ 0.048	
...		
04		0.160		0.400		+ 0.096	
...			
2,5	0.500	2.500	+ 0.450	...			
004	Контрольные	0.030	±	0.040	±	0.012...0.021	5
...		
016		0.100		0.160		0.026...0.044	
...		
04		0.160		0.400		0.047...0.078	
...			
2,5	0.500	2.500	0.180...0.260	...			
Номер сетки				Вид и порядок переплетения			
0.04...0.063				Саржевое 2/2			
0.071...0.14				Плотняное 1/1 или Саржевое 2/2			
0.16...2,5				Плотняное 1/1			

Одинарные сетки изготавливаются из проволоки круглого сечения из кислотостойкой стали марок 1X18H9T и 1X18H10T по ГОСТ 18143–72, или сплавов оловянно-фосфористой бронзы (основа) и полутомпака (уток). Для изготовления одинарных сеток используются и другие сплавы, например, монель-металл, нержавеющая сталь, латунь некоторые синтетические материалы: полиэфирное и лавсановое моноволокна.

Вторым определяющим показателем ткани является ее структура. Она определяется видом переплетения. Существует три основных вида переплетения для металлотканей: полотняное, саржевое и полусаржевое (саржа 1/2 или 2/1) [13]. Сетки полусаржевого переплетения имеют высокую изно-

состоятельность на истирание. Саржевое переплетение применяют при изготовлении фильтровых сеток высокой плотности. Практическое значение имеют переплетения 1/2, 2/2. Так как уточные и основные нити перекрещиваются не в каждой паре нитей, ткань, в отличие от полотняного переплетения, не имеет достаточно стабильной формы по диагонали. Устранить этот недостаток (если допускает область применения) можно при помощи так называемого саржевого переплетения нерегулярного характера [13].

Особое место в ассортименте изделий сеточного метизного производства занимают тканые фильтровые сетки, предназначенные для фильтрации жидкостей и газов.

Фильтровые сетки характеризуются отсутствием ячеек, имеют значительно меньшую плотность по основе, чем по утку. Таким образом, уточные нити располагаются одна к другой вплотную. Диаметр сечения проволоки основы больше, чем утка. Фильтровые сетки прочны и выдерживают значительные нагрузки. Они изготавливаются из одинакового материала по основе и утку, в большинстве случаев из монель-металла, реже – из полутомпака и оловянно-фосфористой бронзы, никеля, нержавеющей стали.

Сетки фильтровые (с нулевыми ячейками) по ГОСТ 3187 – 76 подразделяются на сетки полотняного переплетения, сетки саржевого переплетения односторонние и двухсторонние с максимальной плотностью до 1100 уточных нитей на сантиметр. Все три вида переплетения характеризуются расположением проволок основы на определенном расстоянии друг от друга и расположением уточин вплотную друг к другу [13].

Американский Государственный стандарт для сеток тканых промышленного производства ANSI/AWCI-01-1992 в части сеток с квадратными ячейками предъявляет подобные требования, по некоторым позициям менее жесткие, но более жесткие по допустимому числу дефектов.

Немецкие стандарты DIN 4189 [19, 22] на рабочие сита и DIN 4188 [16] на контрольные сита так же, как и Российский стандарт классифицирует сетки по ширине ячейки. Вместе с тем стандарты DIN предусматривают более широкий диапазон ассортиментов вырабатываемых сеток за счет использования проволоки разного диаметра для получения ячейки той же ширины. Так ГОСТ 6613-86 регламентирует изготовление сетки 016 с шириной ячейки 0.160 мм из проволоки диаметром 0.1 мм, в то время как DIN 4189 предусматривает возможность изготовления сетки с шириной ячейки 0.160 мм из проволоки диаметром 0.071, 0.1, 0.112 или 0.125 мм. Допуски на отклонение диаметра проволоки регламентируются отдельным стандартом – DIN 4186 [22]. Требования к среднему значению отклонения ширины ячеек в свету в стандартах DIN более жесткие, чем в Российских стандартах. В диапазоне сеток 004...2.5 в Российском стандарте, как указывалось выше, это отклонение изменяется в пределах $\pm 7.5 \dots \pm 3.6\%$, в то время как стандартом DIN 4188 оно составляет $\pm 4\%$ для сеток с шириной ячейки до 0.056 мм и $\pm 3\%$ для остальных

(свыше 0.056 и до 2.5 мм). Более жесткие требования закладываются немецкими стандартами и на степень наибольшего отклонения ширины ячеек. Менее жесткие – только на допустимое число ячеек с предельным отклонением размеров сторон особо крупных ячеек для сеток с номинальной шириной ячеек 0.056 мм и менее.

В Германии различают четыре вида сеток с нулевыми ячейками: SPW, RPD – P_z , DTW, BMT [13]. В сетках полотняного переплетения типа SPW проволоки основы расположены на определенном расстоянии друг от друга, а более тонкие уточные проволоки вплотную прибиваются друг к другу при максимальной плотности по утку до 160 нитей на сантиметр. Сетки полотняного переплетения типа RPD – P_z отличаются от отечественных сеток тем, что при выработке данных сеток используется больший по диаметру уток и более тонкие нити основы. Такая конструкция сетки позволяет значительно повысить производительность металлотакающего оборудования и достичь повышения прочности полотна на ударные воздействия. Микрофильтры типа DTW, вырабатываемые по саржевому переплетению 2/2, получили широкое применение в системах фильтрации и гидравлического управления авиационных, ракетных и космических аппаратов. Плотность данных сеток максимальна и достигает 80 основных и 1020 уточных нитей на один сантиметр. При этом фильтр толщиной 100 мкм удерживает примеси размером 7 мкм. Саржевые сетки с широкой ячейкой типа BMT отличаются от сеток DTW наличием незначительного зазора между проволоками утка, предназначенным для повышения пропускной способности фильтра.

2. Организация технического контроля производства тканых металлических сеток

Контроль качества металлических сеток, как в отечественных, так и в зарубежных стандартах, осуществляется по небольшой группе единичных показателей качества (диаметр проволоки, размер стороны ячейки, количество ячеек с максимальным размером и др.). Однако существующие измерительные методы [1] и информационные технологии по измерению характеристик строения текстильных материалов [9] позволяют решать проблемы контроля качества тканых металлических сеток на совре-

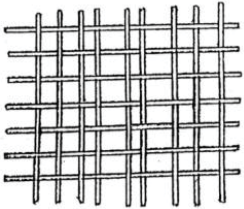
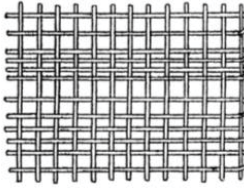
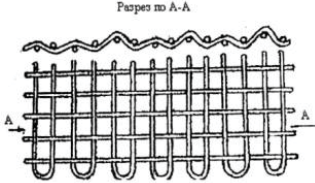
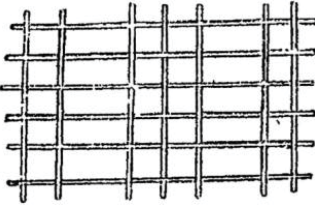
менном уровне. Несоблюдение размеров стороны ячеек, так же как и некоторые другие дефекты (например, потребителями не принимаются полотна, имеющие скручивания, коробления) возникают вследствие несоответствующего взаимодействия рабочих органов тканеформирующих механизмов, в большей степени батанного с упругой системой заправки станка. В данном случае на технологический процесс оказывают влияние деформации свойства рабочих органов, что необходимо учитывать уже на стадии проектирования.

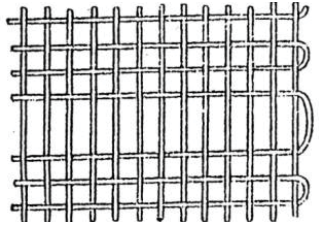
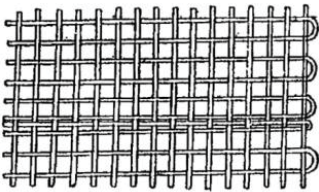
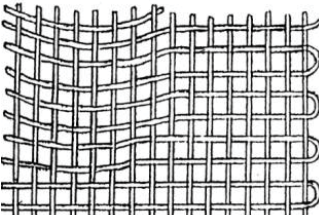
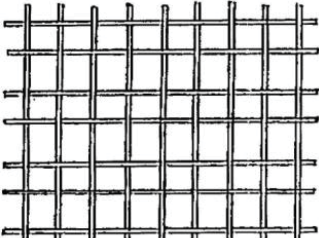
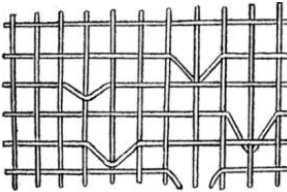
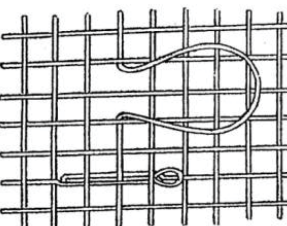
Выпуск некачественной продукции металлосеточного производства приводит к перерасходу сырья, снижению производительности оборудования и увеличению себестоимости продукции. В обеспечении выпуска качественной продукции большую

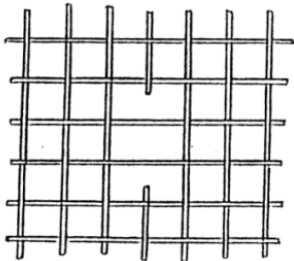
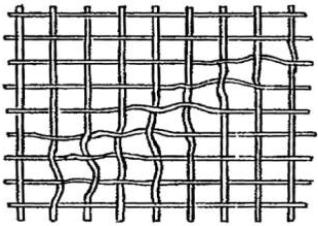
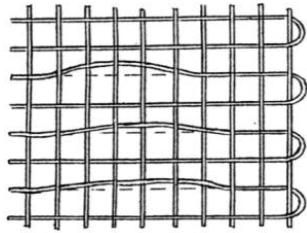
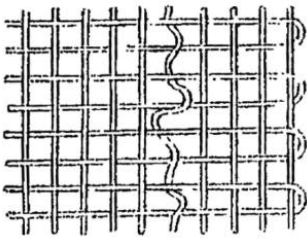
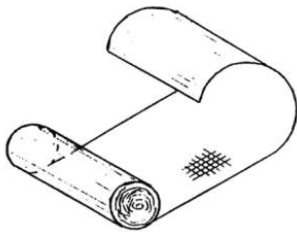
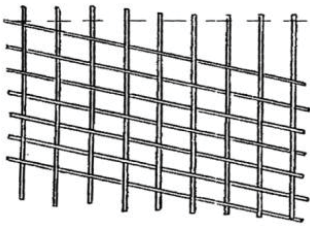
роль играет профессиональная организация технического контроля качества металлосеток, как в процессе производства, так и в виде готового изделия. В справочной [15, 24] и технической литературе [8] в основном рассматриваются виды брака, причины их возникновения и меры предупреждения. В работе [27] рассмотрены вопросы совершенствования операций технического контроля изготавливаемой продукции и нормирования характеристик дефектов внешнего вида для тканых металлических сеток. Диапазон нормирования осуществлялся от 7 до 10 баллов, при этом максимальное количество – 10 баллов давалось за наиболее «значимый» дефект, а наименее «значимому» – 7 баллов. Характеристики выделенных значений дефектов внешнего вида и их нормативные значения в баллах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Дефекты внешнего вида сетки и их нормативные значения в баллах

Название	Изображение	Описание	Количество баллов
1. Рассеки		Идущая вдоль полотна сетки полоса с увеличенными между проволоками основы размерами сторон ячеек.	10
2. Чаше – реже		Периодически повторяющиеся на полотне поперечные полосы с увеличенными и уменьшенными размерами ячейки в свету.	10
3. Рубцы и жмоты		Появление «волнистости» на поверхности полотна сетки. На полотне образуются выступы из-за неравномерного натяжения основы.	10
4. Пропуск проволоки основы		В полотне пропущена проволока основы. Размер стороны ячейки увеличивается на шаг сетки.	9

Название	Изображение	Описание	Количество баллов
5. Недосека		Поперечная полоса в сетке с увеличенными против номинального размерами сторон ячеек между проволоками утка (поперечная полоса в сетке с пониженной плотностью уточных проволок)	8
6. Присека		Поперечная полоса в сетке с уменьшенными против номинального размерами сторон ячеек между проволоками утка (поперечная полоса с повышенной плотностью уточных проволок). На сетках большой плотности присеки сопровождаются изломом проволок основы.	8
7. Слабая сетка		Нити основы и утка свободно перемещаются. Размеры и форма ячеек не стабильны.	8
8. Парочки		Полосы поочередно увеличенных и уменьшенных между проволоками утка размеров сторон ячеек, расположенных по краю или по всей ширине полотна. При наличии парочек, средний арифметический размер стороны ячейки в свету находится в пределах номинального. Число и размеры уменьшенных или увеличенных ячеек могут выйти за допустимые пределы.	7
9. Галочки		Изгибы утка, выступающие над поверхностью сетки с обеих сторон полотна. Галочки искажают форму и размер ячеек, поверхность сетки при этом становится шероховатой.	7
10. Петли		Ослабление нитей основы и утка, в середине или с краю полотна частично или полностью заработанных в полотно. Увеличение петель иногда сопровождается образованием дыр или закрытием ячеек в свету.	7

Название	Изображение	Описание	Количество баллов
11. Одиночный обрыв проволочек основы		Одиночный обрыв – участок сетки с увеличенными, против номинального, размерами стороны ячеек между проволоками основы. Ячейки при этом приобретают прямоугольную форму, причем длинные стороны расположены между проволоками основы.	7
12. Диагональная складка		Замин полотна по диагонали, иногда приводящий к искажению формы ячеек.	7
13. Отскоки утка		Участки полотна с неравномерными или увеличенными между проволоками утка размерами сторон ячеек. При отскоках средний арифметический размер стороны ячейки в свету находится в пределах номинального. Размеры и число отдельно увеличенных ячеек могут выходить за допускаемые пределы.	7
14. Слабина 15. «Змейка»		Свободное перемещение слабо натянутых проволочек основы по проволокам утка. Иногда такие проволоки сильно изгибаются в полотне, образуя так называемые «змейки». При слабинах средний арифметический размер стороны ячейки в свету находится в пределах номинального, форма ячейки искажается.	7
16. Скручиваемость		Скручиваемость полотна сетки на лицевую или изнаночную сторону.	7
17. Перекос полотна		Смещение уточной нити по отношению к горизонтальной плоскости. При этом происходит местное искажение формы и размера ячеек у края полотна.	7

Дефекты внешнего вида условно можно разделить на: распространенные по всему рулону сетки и местные, расположенные на ограниченном участке рулона сетки. Дефекты внешнего вида определяют просмотром каждого куска сетки при отраженном или естественном свете на разбраковочном столе или машине визуально или с помощью соответствующих технических средств. Дефекты, расположенные на кромке и на расстоянии не более 0,5 см от нее и не нарушающие целостности сетки, при определении качества не учитывают.

Высшее качество сетки устанавливается при отсутствии дефектов внешнего вида. Для остальных уровней качества (кроме бракованной продукции) допускается не более четырех дефектов внешнего вида (среднее качество – не более 2 дефектов внешнего вида, низшее качество – не более 4 дефектов внешнего вида).

Рассмотрим организацию технического контроля изготовления тканых металлических сеток на производственном опыте промышленных предприятий.

Выпускаемая тканая металлическая сетка должна соответствовать требованиям действующих стандартов [5, 6] и технических условий [15, 24, 28] промышленных предприятий. Выпуск некачественной сетки приводит к перерасходу сырья, снижению производительности труда, к непроизводительным расходам, к повышению себестоимости продукции и т.д.

На современном этапе производства контроль качества выпускаемой продукции осуществляется следующими работниками:

- металлоткачом, в процессе ткачества, путем визуального осмотра, замером параметров сетки (среднеарифметической величины ячейки, количества ячеек на 1 см или 1 дм, ширины сетки, диаметра проволоки и т.д.);

- наладчиком (мастером смены), путем визуального осмотра и замеров параметров сетки перед началом работы и в процессе производства;

- контролером отдела технического контроля, перед началом выполнения работ и в процессе производства, путем визуального осмотра и замеров параметров сетки на рабочих местах. Контролер проверяет соответствие поступающей продукции действующим стандартам и техническим условиям.

Контроль качества готовой продукции осуществляется службой отдела технического контроля производства в соответствии с требованиями нормативно-технической документации непосредственно на металлоткацком станке, на контрольных машинах и специальных контрольных столах.

Контроль непосредственно на рабочем месте при снятии продукции со станка осуществляется визуально при скатке сетки с товарного барабана на вал каталки с промером основных ее параметров: ширины, длины рулона, среднеарифметического размера стороны ячейки и т.д. Данный способ контроля применяется при изготовлении сеток с величиной ячейки 2 мм и больше и с диаметром проволоки 0,50 мм и более, т.е. тяжелых сеток.

Контроль более плотных сеток осуществляется на контрольных машинах, как правило, изготавливаемых самим заводом. После снятия с товарного барабана рулон сетки устанавливается на контрольную машину для просмотра. Контроль фильтровых и микросеток осуществляется на специальных контрольных столах длиной 3 метра и более с нижним подсветом. Учитывая большую плотность сеток, нижний подсвет позволяет высветить дефекты, невидимые при простом освещении. Метод контроля тот же, что и в вышеперечисленных случаях – визуальный осмотр с замером основных параметров сетки. Для просмотра выявленных дефектов и замера основных параметров сетки используются следующие мерительные инструменты: текстильная лупа, лупа Бринеля, микроскоп с увеличением 50 раз (для более точных замеров используется лабораторный микроскоп с увеличением 200 раз), мерительная линейка, рулетка, микрометр, прошедшие метрологическую поверку.

В работе [27] на основе применения современных информационных технологий предложена новая стратегия формирования полного плана технического контроля металлоткацкого производства, позволяющая выделить и контролировать дополнительные параметры, связанные с обеспечением требуемого уровня качества готовой продукции. Созданы методики по определению технологической результативности и эффективности процесса металлоткачества, позволяющие осуществлять оперативный мониторинг данного технологического процесса.

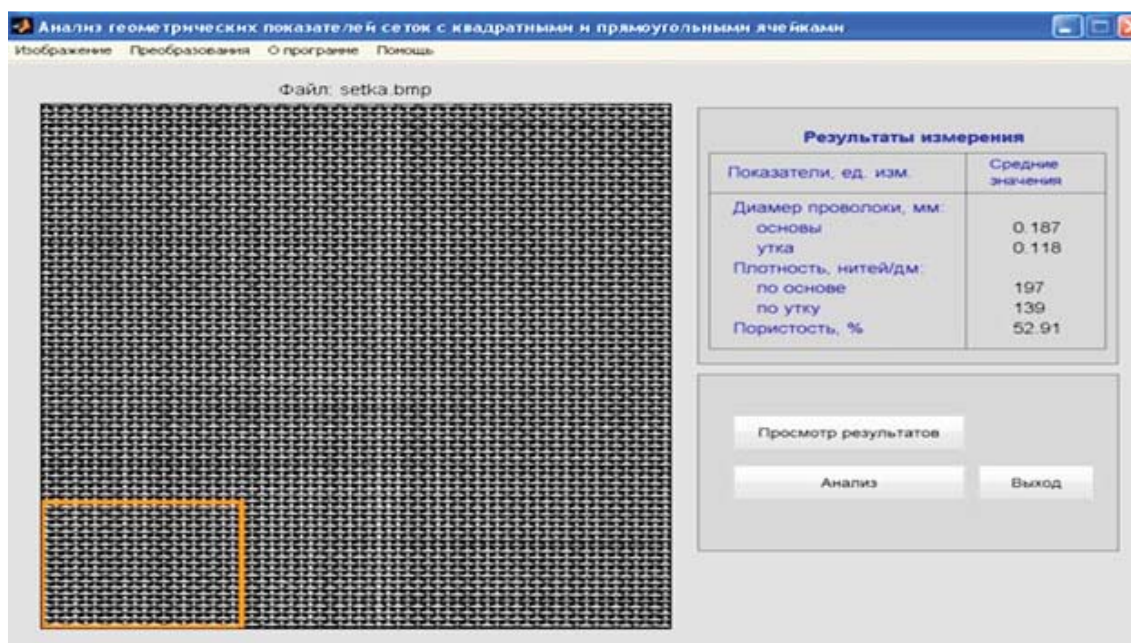


Рис. 1. Итоговый протокол по оценке показателей геометрических свойств сетки

Предложена новая методология определения оптимальных значений процесса металлочащности с применением комплексных показателей его технологической результативности и эффективности, которая позволяет достичь максимальных значений результативности и эффективности данного процесса. Кроме этого в этой же работе разработан компьютерный метод и программное обеспечение [17] для измерения геометрических характеристик металлической сетки, позволяющие автоматизировать и повысить быстродействие данной измерительной операции (рис. 1).

3. Анализ технико-экономических показателей современных металлочащных станков

В современном ткацком машиностроении преобладают тенденции высокопроизводительных бесчелночных ткацких станков. Среди большого разнообразия бесчелночных ткацких станков, основанных на способах прокладки утка с помощью струи сжатого воздуха, струи воды, с помощью ледяного шарика, электростатических сил и др., рапирным станкам [25, 26, 27] принадлежит особое место. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что наиболее перспективными конструкциями станков для производства металлосеток являются рапирные [13, 27]. Эти станки при относительной простоте конструкции и высокой

надежности имеют большие возможности в выработке широкого ассортимента тканей высокого качества из различных видов материалов. Рапирные станки обеспечивают значительное снижение шума и вибраций. Например, у металлочащных рапирных станков уровень шума снизился, по сравнению с челночными металлочащными станками, с 95 до 80 дБ [27].

Рапирный способ отличается тем, что при его применении осуществляется управляемое прокладывание уточной мононити. При этом начало ее прокладывания, передача в середине зева (если это требуется) и окончание прокладывания за кромкой ткани происходит при почти нулевых скоростях, а движение рапир кинематически связано с работой основных механизмов станка [10]. Преимуществами этого способа прокладки утка является также возможность перерабатывать твердые, склонные к обрывам материалы, например, алюминий [10]. Отмотка уточной нити осуществляется с большой паковки (диаметр фланца 200 мм и длина 200 мм, вместимость около 12...15 кг металлической проволоки), отсюда в противоположность употребляемым ранее уточным шпулям во много раз большая питающая паковка с уточной нитью, чем достигается значительно более длительное время срабатывания уточной паковки [30]. Исключение мотального автомата, то есть отдельной намотки проволочного утка на уточную шпулю и тем самым

одной рабочей операции. Посредством отмотки проволочного утка с большой паковки устраняются его закручивания при перемотке на уточную шпулю и достигается получение тканей лучшего качества.

К механизму привода рапир предъявляются следующие требования [10, 27]:

- движение механизма должно быть согласовано с движением батана и ремизных рамок;

- привод рапир должен иметь продолжительный выстой в исходном положении (после прокладывания утка) для осуществления прибора уточины;

- движение привода рапир должно происходить по определенному закону;

- механизм должен быть надежен;

- удобен в обслуживании и безопасен для работающих.

Различают *три вида* ввода уточной нити в зев рапирным способом [10]:

- по способу «Gabler». Подающая рапира захватывает уточную нить и вводит ее петель в зев до середины. Принимающая рапира, движущая навстречу подающей, распрямляет эту петлю и заканчивает прокладывание уточной нити.

- по способу «Dewas», который возник за счет усовершенствования способа «Gabler» путем обрезания уточной нити при передаче её от одной рапиры к другой. Прокладывание уточины происходит за отрезанный конец.

- на некоторых станках уточная нить прокладывается единственной рапирой, которая движется через всю ширину станка.

Применение гибких рапир позволяет увеличить рабочую скорость станка, уменьшить его габариты, расширить универсальность. Однако при этом происходит трение рапиры о направляющую, износ, снижается долговечность ленты и т.д. Так, например, на международной специализированной выставке кабеля и проволоки «WIRE-2006» в г. Дюссельдорфе (Германия) в 2006 году фирма «DRAWEDA MASCHINENBAU» GMBH (Германия) продемонстрировала станок модели AW-10M с гибкой рапирой и кулаково-рычажным приводом батана. Ширина станка 1000...1300 мм, диаметр перерабатываемой проволоки 0,1...0,4 мм, скорость до 200 мин⁻¹, плотность сеток 8...30 meshes/1" (количество ячеек на просвет на расстоянии в один дюйм).

Станок модели UDAW16/11 («DRAWEDA MASCHINENBAU») с двумя гибкими

рапирами служит для изготовления мелких и мельчайших сеток, применяемых в качестве ситовых и фильтровых сеток, при изготовлении печатных схем для микроэлектроники и т. д.

Фирма «KIOTO TEXTILE MACHINERY LTD» (Япония) представила станок модели RGK-7 шириной 1650 мм. Станок вырабатывает сетки плотностью 200...12 meshes/1" из проволоки диаметром 0,06 ... 0,5 мм со скоростью 130...160 мин⁻¹ главного вала. На станке имеется одна гибкая рапира, электронный контролер утка «ELITEX» (Чехия) и станция управления, снабженная дисплеем, на котором выведено: обороты, натяжение основы, плотность сетки.

Фирма «TRINCA» (Италия) выставила станок модели TN2E с одной гибкой рапирой. Плотность вырабатываемой сетки плотностью от 2 до 1000 meshes/1" из проволоки диаметром 0,03...0,3 мм. Скорость станка регулируется бесступенчатым приводом до 160 мин⁻¹ главного вала. Привод батана – рычажный с двух сторон. Станок снабжен электронным контролером целостности уточной проволоки SWIOG фирмы «LÖPFE» (Германия).

Некоторые технико-экономические характеристики металлотацких станков с гибкими и жесткими рапирами ведущих зарубежных и отечественных фирм представлены в табл. 3.

Анализ научной и технической литературы показывает, что совершенствование и модернизация отечественных и зарубежных металлотацких станков идет по следующим направлениям:

- применение индивидуальных шаговых двигателей для привода основных исполнительных механизмов;

- увеличение производительности оборудования за счет повышения КПВ и частоты вращения главного вала;

- оснащение станков современными средствами электронной и микропроцессорной техники для контроля и управления исполнительными механизмами;

- расширение ассортимента производимых сеток;

- увеличение заправочной ширины станков;

- повышение требований к качеству изготовления нитей основы и утка;

- повышение требований к качеству подборки ткацких навоев.

Таблица 3

Технико-экономические показатели металлотающих станков

Фирма (страна)	Модель станка	Заправочная ширина, см	Скорость, прокид/мин	Плот. выраб. сеток	Толщина перерабатываемого материала, мм
<i>с гибкими рапирами</i>					
Draweba Maschinenbau (Германия)	AW-10M	100-130	до 200	8-30, meshes/1”	переработка проволоки диаметром 0,1...0,4
	UDAW 16/11	100-160	до 160	635-25	переработка проволоки диаметром 0,016...0,25
	UDAW 321	100-160	140-70	200-8	переработка проволоки диаметром 0,063...0,25
	UDAW 32	100-190	до 200	113-8	переработка проволоки диаметром 0,1...0,5
	UDAW 40	100-130	до 160	32-4	переработка проволоки диаметром 0,5...1
Jager (Германия)	BD-400	130-160	до 170	40-400	переработка проволоки диаметром 0,03...0,3
	BD-500	130-250	120-200	20-200	переработка проволоки диаметром 0,05...0,4
	BD-600	130-250	110-100	10-100	переработка проволоки диаметром 0,1...0,7
Kioto Textile Machinery LTD (Япония)	RGK-7	165	130-160	200-12	переработка проволоки диаметром 0,06...0,5
Trinca (Италия)	TN2E	до 160	до 160	2-1000	переработка проволоки диаметром 0,03...0,3
<i>с жесткими рапирами</i>					
Draweba Maschinenbau (Германия)	UDAW-16	100-130	140-80	-	контрольные и фильтровые сетки с высокой точностью ячеек
Jager (Германия)	SD-400	100-230	160-90	-	тонкие и тончайшие сетки из проволоки толщиной 0,5 мм и менее
SPEE (Германия)	G-140	до 122	125	-	тонкие и тончайшие сетки из проволоки толщиной 0,1...0,017 мм
Чебоксарский маш. завод (Россия)	СТР	100-130	до 120	-	тканые сетки с квадратными ячейками контрольной и высокой точности, фильтровые сетки

В этих вопросах практическую помощь машиностроителям должны оказать проектные и конструкторские организации, а также прикладная наука.

4. Обзор работ в области научных исследований и проектирования металлотакающего оборудования

В отечественной литературе не уделяется должного внимания проблемам изучения и совершенствования оборудования металлотакающего производства. Одной из первых немногочисленных работ в области металлотакачества является монография [8]. В работе изложены основные сведения о технологии изготовления фильтровых сеток и сеток с квадратными ячейками, описано устройство работающих в то время в промышленности челночных металлотакающих станков Шуйского машиностроительного завода им. М.В.Фрунзе и фирмы «JAGER» (Германия), их устройство и наладка.

В справочнике [24] основное внимание уделено подготовке проволоки основы к ткачеству. Приводится описание сплавов, применяемых для изготовления сеток, излагается технология волочения, травления, отжига, технология сновки, характеристики сеток, а также основных видов брака при ткачестве, причин их возникновения и мер предупреждения.

Более подробно данные вопросы отражены в работе [15]. В ней приводятся сведения об устройстве челночных металлотакающих станков фирм «Draweba», «Jager» и «Irmsher» (Германия), а также волочильных машин и навойной станции. Рассмотрены вопросы причин возникновения брака при ткачестве и способах их предупреждения.

В монографии [22] изложены теоретические основы динамики батанных механизмов кулачково-рычажного типа. На примере металлотакающего станка рассмотрены вопросы определения параметров динамических моделей, в частности силы прибоя и жесткости упругой системы заправки, вопросы математического моделирования задач определения собственных и вынужденных колебаний бруса батана. В работе также рассмотрены вопросы статики процесса формирования тканой сетки полотняного и саржевого переплетений из металлической монокити, статики системы основа-уток-бердо при образовании металлоткачества, динамики бруса батана широких металлотакающих

станков, предложена динамическая модель батанного механизма станка СТР-100-М.

Практически этими четырьмя работами ограничивается список специальной отечественной литературы по металлотакающему производству.

Первым научным исследованием технологии и оборудования металлотакающего производства явилась работа [21]. В этой работе проведен сравнительный анализ основных исполнительных механизмов станка ТП-100М (Шуйского машиностроительного завода им. М.В. Фрунзе) и станка UDWZ – 0,04 фирмы «Draweba» (Германия). Для челночного ткацкого станка ТП-100М разработан новый скоростной пневматический боевой механизм с питающим резервуаром. Составлены и решены системы уравнений, описывающих механические, термодинамические и газодинамические процессы. Проведено кинематическое исследование батанных механизмов аналитическими и экспериментальными методами. Проведено аналитическое исследование движения челнока по склизу при подвижном и неподвижном батане. В связи с заключением автора о нецелесообразности проектирования пневматического привода по типу станка UDWZ-0.04 для тяжелых станков метизного производства данный привод широкого распространения не получил.

Интересной, на наш взгляд, является работа [7], в которой разработан новый способ прокладывания челнока с паковкой металлоутка. В челночных коробках устанавливаются индукционные двигатели с плоским развернутым (спрямленным) статором. При подаче переменного напряжения на обмотку статора создается “бегущее” электромагнитное поле, которое индуцирует в алюминиевом челноке ток. Вследствие возникновения выталкивающей силы происходит перемещение челнока из одной челночной коробки в другую. В работе поставлены и решены интересные задачи: определение действительной закономерности распределения магнитного поля в воздушном зазоре; вывод уравнений для расчета магнитной индукции в зоне расположения челнока; расчет усилий, действующих на челнок из немагнитного материала. Наряду с достоинствами этого способа (увеличение производительности оборудования; уменьшение уровня шума в производстве) автором рассматриваются и его недостатки (высокая обрывность проволоки основы и

утка; нагрев челнока до 70°C ; необходимость замены челночных коробок, а следовательно и двигателей, для работы различными номерами челноков и др.). Поэтому способ прокладывания челнока с помощью индукционных двигателей с плоским статором в промышленности распространения не получил.

В Шуйском СКБ ткацкого оборудования экспериментально также проверялись различные возможности прокладки металлоутка на станках типа АТПР и СТБ [14]. В первом случае прокидку осуществить не удалось, во втором прокидка удовлетворяла, но не найдено решения по направляющим гребенкам, использование которых при большой плотности сетки по основе не приемлемо.

Диссертация [2] посвящена технологии выработки металлических сеток из тугоплавких проволок сплава вольфрама с рением и молибдена с рением для использования в электронной промышленности на лентоткацких станках. В ней определены оптимальные параметры заправки станка, выработаны опытные образцы лент, прошедшие испытания и рекомендованные к внедрению для обработки элементов преобразователей тепловой энергии в электрическую.

Разработка первого отечественного рапирного металлотацкого станка СТР-100-М потребовала новых теоретических и экспериментальных исследований. Анализ процесса приборя на опытной модели этого станка (АТР-100-М-КС) посвящены работы [19, 20]. В этих работах автор попытался увязать вопросы технологического плана с разработкой новых конструкций батанного механизма рапирного металлотацкого станка, спроектированного в Шуйском СКБ ткацкого оборудования и серийно выпускаемый Чебоксарским машиностроительным заводом ОАО «Текстильмаш», впервые была сделана попытка выяснить целесообразность двухкратного приборя металлоутка. Предложена методика для определения величины обратного проскальзывания только что приборитой уточины вслед за отходящим бердом, разработан аналитический способ определения некоторых качественных показателей металлоткацких сеток. Показано также, что динамическая неустойчивость механизма приборя является одним из факторов, дестабилизирующих размер ячейки сетки вдоль полотна. Однако, влияние колебательных процессов на размеры ячеек сет-

ки автором не оценивались, и задача анализа динамики батанного механизма решалась с других позиций, в частности, анализировались амплитудно-частотные характеристики собственных колебаний системы на фазе выстоя батана в заднем положении.

Кинематическим анализом батанного механизма этого же станка занимались авторы работы [11], при этом она направлена только на разработку методики анализа кинематических параметров. Исследование механизма предлагается проводить на основе уравнений состояния, но преимущества этого метода в работе не обозначены и для данной задачи он не является оптимальным, так как, например, требует при расчете на ЭВМ введения массива значений радиус-векторов теоретического профиля кулачков.

Этими же авторами в работе [12] проведен силовой анализ батанного механизма станка СТР-100-М. Приводится методика анализа, основанная на использовании уравнений состояния отдельных звеньев. Результаты приводятся без учета сил сопротивления приборю и сил трения. На наш взгляд и для силового анализа преимущества этого метода не очевидны.

В диссертации [30] разработана динамическая модель батанного механизма кулачково-рычажного типа с учетом податливости всех элементов его конструкции и системы заправки станка типа СТР. Разработаны математическое описание и математическая модель для исследования изгибных колебаний бруса батана в различных фазах его движения. Обозначено влияние деформации бруса батана на структуру формируемой сетки. Разработана динамическая модель батанного механизма металлотацкого станка с учетом упругости его звеньев и реакции упругой основы системы заправки станка. Определены собственные частоты и формы изгибных колебаний бруса батана на фазе движения батана до опушки вырабатываемой ткани, на фазе взаимодействия берда с опушкой, прогибы бруса в функции времени его движения. Установлено, что наибольшее влияние на низшие частоты и формы колебаний бруса оказывает его изгибная жесткость и погонная масса. Проведена корректировка геометрических параметров привода батана и исследовано влияние динамических параметров механизма на параметры вырабатываемой сетки. Предложенная методика динамического анализа позволяет оценить возможности

выработки на станке того или иного номера сетки. Показано влияние деформации бруса батана на структуру формируемой сетки. Сделан вывод о том, что введение в циклограмму работы батанного механизма фазы выстоя в переднем положении представляется целесообразным для гашения возникающих изгибных колебаний бруса.

В работе [4] составлена квазистатическая модель процесса формирования сеток из металлических мононитей и определены силовые факторы, возникающие в процессе формирования сеток с заданными геометрическими характеристиками. Предложены практические рекомендации по модернизации металлотакающих станков. Выявлены характеристики «напряжение–деформация» для мононитей, используемых в производстве тканых металлических сеток. Разработана математическая модель процесса деформации проволоки утка, позволяющая определить связь между геометрическими характеристиками его оси и усилиями, действующими со стороны проволок основы. Разработана математическая модель процесса деформации проволоки основы при прибое утка, позволяющая определить связь между высотой волны предыдущей уточины с одной стороны и геометрическими характеристиками оси основы, ее натяжением и силой прибоя с другой. Разработана упрощенная методика определения коэффициента трения в паре перекрещивающихся мононитей. В квазистатической постановке разработана математическая модель процесса деформирования уточной металлической мононити сетки полотняного переплетения, позволяющая определить (при принятых допущениях) форму ее геометрической оси и возникающие силовые факторы. Разработана математическая модель статики деформированной металлической мононити основы сетки полотняного переплетения, позволяющая определить ее натяжение и силу прибоя в предположении, что в момент прибоя формируется элемент сетки между двумя уточинами, предшествующими подводимой.

В диссертационной работе [23] представлена обобщенная теория динамики упругих систем батанных механизмов рапирных металлотакающих станков. Автором разработана методика теоретического определения силы прибоя и натяжения основы в момент прибоя, определения ширины прибойной полоски и коэффициента жесткости

сетки и упругой системы заправки станка при выработке металлосетки с заданными геометрическими параметрами. Рассмотрены также вопросы анализа вынужденных колебаний бруса батана металлотакающих станков, учитывающих упругие характеристики звеньев батанного механизма с 3-мя лопастями, и вынужденных колебаний системы привод станка – привод батана кулачково-рычажного типа – упругая система заправки станка, необходимые для анализа конструктивных и технологических возможностей батанного механизма. Задача разработки обобщенной динамической и математической моделей анализа вынужденных колебаний бруса батанного механизма широких металлотакающих станков не рассматривалась.

В работе [29] рассматриваются вопросы модернизации челночных металлотакающих станков путем замены челночного механизма прокладывания утка на рапирный. Разработана динамическая модель рапиры для фаз ее ускорения и торможения с учетом действия продольной силы. Для данной модели получено дифференциальное уравнение форм собственных поперечных колебаний ленты рапиры металлотакающего станка. Задача представляет теоретический и практический интерес, особенно для механизмов с гибкими рапирами. Однако автор остановился только на частном случае, который свел эту задачу к задаче о собственных поперечных колебаниях трёхопорной балки (задача о вынужденных продольных и поперечных колебаниях рапиры, как тела переменной длины не рассматривалась). Решение выполнено на основании технической теории изгибных колебаний стержней [3].

В диссертационной работе [27] разработана обобщенная динамическая модель бруса батана широких металлотакающих станков с n лопастями и методика расчета собственных частот и форм изгибно-крутильных колебаний бруса, а также вынужденных колебаний бруса на фазе взаимодействия берда с опушкой вырабатываемой сетки. Установлено, что на вибрационные процессы в батанных механизмах станков типа СТР влияют изгибная жесткость бруса и его погонная масса, в связи с этим при проектировании или модернизации батанных механизмов нужно стремиться к увеличению изгибной жесткости бруса, снижению его погонной массы. Разработана методика анализа собственных и вынужденных

колебаний рапиры как стержня с распределенной массой и периодически изменяющимися граничными условиями, находящегося под воздействием периодической знакопеременной продольной силы. Дано их аналитическое решение, позволяющее определить геометрические и инерционные параметры рапиры для обеспечения устойчивости технологического процесса металлочащечки.

В обзорной работе рассмотрено практическое большинство научных и практических работ отечественных авторов, выполненных за последние 40 лет. Обзор зарубежных изданий, проведенный в работе [18], показывает, что с 1970 по 2000 год во всем мире (исключая Российскую Федерацию) было опубликовано всего лишь 18 работ, затрагивающих металлочащечку и производство трикотажа из металлической проволоки. Имеется также чуть более 30 публикаций по металлическим и металлизированным волокнам и моноплетням. Внимание практиков и исследователей к изучению оборудования и технологии металлочащечки остается недостаточным.

Список литературы

1. Амиров Ю.Д. Квалиметрия и сертификация продукции: методическое пособие. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. – 104 с.
2. Бабаев Ф.А. Разработка технологии выработки металлочащечки сеток большой плотности: дис. ... д-ра тех. наук. – Л.: ЛИТЛП, 1987.
3. Вибрации в технике: справочник в 6-и т. – Т.1. Колебания линейных систем / под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
4. Гао Бинь. Совершенствование процесса прибора утка на металлочащечных станках при выработке сеток полотняного переплетения: дис. ... канд. тех. наук. – Иваново: ИГТА, 2003.
5. ГОСТ 3187-76. Сетки проволочные тканые фильтровые. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 10 с.
6. ГОСТ 6613-86. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 16 с.
7. Дьяков В.И. Исследование работы индукционного двигателя с плоским статором, предназначенного для прокидки челнока металлочащечного станка: дис. ... канд. тех. наук. – М.: МТИ, 1963.
8. Киреева А.И. Металлочащечка / А.И. Киреева, В.Ф. Перескокова, Г.П. Спиридонов. – Л.: Госэнергоиздат, 1957. – 143 с.
9. Коробов Н.А. Развитие теории и практики построения методов измерения характеристик строения текстильных материалов с использованием современных информационных технологий: дис. ... д-ра тех. наук. – М.: МГТУ, 2007.
10. Малафеев Р.М. Ткацкие машины: механика прокладывания утка. – М.: «Знание», 2004. – 352 с.
11. Мартышенко В.А. Кинематический анализ кулачково-рычажных механизмов текстильных машин на основе уравнений состояния / В.А. Мартышенко, Е.В. Колесов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1987. – № 1. – С. 99-103.
12. Мартышенко В.А. Силовой анализ кулачково-рычажных механизмов текстильных машин на основе уравнений состояния / В.А. Мартышенко, Е.В. Колесов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988. – № 1. – С. 89-94.
13. Moderne Webmaschinen für die Herstellug techaischer Gevebe, Z.B. Gevebe aus aichtrasteadea Drathea / Vortrag «Emil Jager», 26 Juli, 1982. – Moskou, 1982.
14. Отчет о подборе материалов по проектированию станка для выработки металлических фильтровых сеток. – Шуя: СКБ ТО, 1975. – 50 с.
15. Производство металлических сеток для целлюлозно-бумажной промышленности. – Пермь: Пермское книжное издательство, 1973. – 281 с.
16. Разработка технологии изготовления металлического трикотажного сетеполотна специального назначения: отчет под руководством А.А. Кудрявина // Бюл. регистрации НИ и ОКР. Серия: Легкая промышленность. – 1976. – № 6.
17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам № 2011617016. Программа определения геометрических показателей качества тканой металлической сетки / Н.А. Коробов, Д.А. Широков, А.А. Тувин, Б.Н. Гусев. – № 2011615193; заявл. 12.07.2011; зарегистр. 08.09.2011. – 4 с.
18. Смирнов А.Н. Обзор работ в области металлочащечки / А.Н. Смирнов, А.А. Тувин, И.С. Баталин, Гао Бинь // Вестник ИГТА. – 2001. – № 1. – С. 122-124.
19. Смирнов А.Н. Разработка и исследование механизма прибора рапирных металлочащечных станков: дис. ... канд. тех. наук. – Кострома: КТИ, 1983.
20. Смирнов А.Н. Кинематическое исследование батанного механизма с двойным прибором / А.Н. Смирнов, В.М. Андриянов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982. – № 3. – С. 106-111.
21. Смирнов Г.М. Исследование основных исполнительных механизмов металлочащечных полуавтоматов: дис. ... д-ра тех. наук. – Л.: ЛИТЛП, 1973.
22. Сувор В.А. Динамика упругих систем батанных механизмов металлочащечных станков. / В.А. Сувор, А.А. Тувин. – Иваново: ИГТА, 2004. – 188 с.
23. Сувор В.А. Обобщенная теория динамики упругих систем батанных механизмов и её приложение к рапирным металлочащечным станкам: дис. ... д-ра тех. наук. – Иваново: ИГТА, 2005.
24. Справочник по производству металлических сеток. – Краснокамск: Краснокамский завод металлических сеток, 1958. – 96 с.
25. Тувин А.А. Разработка и исследование механизма прокладывания утка рапирных металлочащечных станков: дис. ... канд. тех. наук. – Кострома: КТИ, 1986.
26. Тувин А.А. Определение неравномерности вращения главного вала металлочащечных станков типа СТР // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1987. – № 1. – С. 103-107.
27. Тувин А.А. Развитие научного и методического обеспечения процессов проектирования оборудования и технического контроля производства тканых металлических сеток: дис. ... д-ра тех. наук. – Иваново: ИГТА, 2012.
28. ТУ 14-4-507-99. Сетка тканая с квадратными ячейками микронных размеров. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 6 с.
29. Шляпутин Р.В. Разработка и исследование рапирного механизма прокладывания утка для металлочащечного станка типа DM: дис. ... канд. тех. наук. – Иваново: ИГТА, 2010.
30. Чумиков А.В. Исследование и оптимизация механизма прибора ткацких станков типа СТР для выработки металлических сеток: дис. ... канд. тех. наук. – Иваново: ИГТА, 1997.