

Министерство образования Российской Федерации

# ВЕСТНИК

КОСТРОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*Рецензируемый периодический научный журнал*

**№ 7**

Кострома  
2003

Вестник Костромского государственного технологического университета: Рецензируемый периодический научный журнал. — Кострома: КГТУ, 2003. — № 7. — 132 с.

### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Проф. В.Н.Кротов (главный редактор),  
проф. Р.В.Корабельников (зам. главного редактора),  
проф. П.Н.Рудовский (ответственный секретарь),

проф. А.Б. Брут-Бруляко, проф. В.А. Гусев, проф. О.В. Гримальский,  
к.т.н. А.Г. Ивлев, проф. Г.К. Кузнецов, к.т.н. М.В. Киселева, А.В. Анохова,  
проф. М.Г. Левин, проф. Н.В. Лустгартен, проф. Е.Л. Пашин,  
к.т.н. В.А. Садов, проф. В.С. Сажин, к.т.н. В.Б. Симонов, проф. А.П. Соркин,  
проф. Н.А. Смирнова, к.т.н. А.А. Титуния, проф. Ю.Б. Федоров

ISBN 5-8285-0133-X

© Костромской государственной  
технологической университет, 2003

## Развитие научной работы студентов в Костромском государственном технологическом университете

Планирование НИРС начинается в начале учебного года. Ответственными по кафедрам составляются кафедральные планы мероприятий, на основе которых делается сводный факультетский план, составленный ответственными за НИРС факультета. Из факультетских планов составляется комитетский план мероприятий КГУ на текущий учебный год, который утверждается проректором по научной работе и выносится на совет НИРС, после чего направляется ректору для окончательного утверждения. В совет по НИРС входят ответственные за студенческую работу кафедр и факультетов, деканы, заведующие кафедрами, заместители деканов по НИР, преподаватели из числа ведущих профессоров университета, а также студенты от каждого факультета. Председателем совета является проректор по научной работе, а заместителем — ответственный за НИРС университета. Состав совета ежегодно корректируется и утверждается приказом ректора. Разработаны положения об организации НИРС и о совете по НИРС, где указаны цели и задачи совета, формы функционирования и планирования работы студентов. С целью совершенствования работы совета и в целом НИРС положения могут ежегодно изменяться и утверждаться снова.

В университете ежегодно проводятся сначала факультетские конкурсы научно-исследовательских студенческих работ, программных продуктов для ЭВМ и общепервенческие конкурсы. Приказом по университету лучшие работы поощряются из студенческого фонда и рекомендуются для участия в открытых Всероссийских конкурсах, проводимых в базовых вузах России: МГТУ, МСТАЛ, МЭИЭМ, СПУГД, СПУГФ, РосЗиТЛП, ИлГТА, ИлГХТА, КГСХА, УЛТА, МИКТИС, НГУ, ЯПИ, ДИГУД и др. Отметим некоторые результаты НИРС университета.

Для участия во Всероссийских открытых конкурсах НИРС по естественным, гуманитарным и техническим наукам отправлено в разные вузы России: 1998—1999 гг. — 10 работ; 2000 — 20 работ; 2001 — 26 работ; 2002 — 30. Шесть студентов (ФАСТ, ЭФ, ТФ) награждены медалями и денежными премиями, 45 студентов отмечены дипломами Министерства образования РФ. Следует отметить большое разнообразие тематики отправляемых работ. Это работы по культурологии и туризму, юриспруденции и праву, текстильной и деревообрабатывающей промышленности, по новым информационным технологиям, экономическому направлению.

В областной научно-инженерной конференции молодых исследователей «Шаг в будущее» по различным направлениям принимало участие в 1999—2000 — 37 научных работ, 2001 — 36, 2002 — 39, 2003 — 64 работы. За эти годы занято 48 призовых мест, и более половины участников рекомендованы к опубликованию своих докладов, отмечены почетными грамотами, три рекомендовано к участию в конкурсе грантов, один из которых (кафедры ИИД) был выигран.

С 1999 года по призыву Министерства образования РФ в КГУ проводится третий тур открытого Всероссийского конкурса дипломных проектов по направлению «Технология и оборудование производства натуральных волокон». Он организуется на кафедре ТШВ, которая является единственной кафедрой в России по данному направлению. С 1999 по 2002 год в нем участвовало более 130 работ из МГТУ им. А.Н. Косыгина, ИлГТА, ТИЛП, КГСХА, ИлХТУ. Работы наших студентов заняли подавляющее число призовых мест.

Практика проведения конкурса дипломных проектов положила начало расширению этой сферы деятельности. Начиная с 2002 года, в соответствии с приказом Министерства образования в КГУ дополнительно организовано еще два Всероссийских открытых конкурса дипломных проектов по направлениям «Машины и аппараты текстильной и легкой промышленности» и «Лесоводственное дело». Первый обеспечил нам одно первое, два вторых и два третьих места среди дипломных работ ТИЛП, ИлГТА, Новосибирского филиала МГУ и Южноуральского университета (Челябинск), второй конкурс — одно третье место. Конкурсы проводятся при финансовой поддержке областной администрации.

Умение работ КГУ в конкурсах дипломных проектов на этом не заканчивается. Ежегодно они участвуют во Всероссийских конкурсах выпускных квалификационных работ по предмету, качеству, технологии трикотажа (МГТУ им. А.Н. Косыгина) и конкурсах работ на призы ЗАО «Промышленно-страховая компания», олимпиаде по менеджменту, маркетингу.

Ежегодное участие студентов в престижном Международном конкурсе молодых дизайнеров одежды «Амвратейская игла» (Санкт-Петербург) с новыми коллекциями одежды позволяет соперничать с германскими, финскими и французскими модельерами. Так, в 2000 году участвовало 7 студентов кафедры ТМШП с 8 коллекциями. Работа Хруленковой Юлии вышла в финал. На этом же конкурсе в июле 2001 года (СПУГД) из 130 представленных коллекций одежды коллекция Ирины Лавицковой «Осколки ветра серебра» также вышла в финал, где стала достойным соперником другим странам. Коллекции трикотажной одежды для взрослых и детей также с успехом участвуют в различных конкурсах и выставках.

Во Всероссийских олимпиадах по вязанию и технологии трикотажа наши команды заняли вторые места. В третьем туре Всероссийской олимпиады по технологии ткачества (Дмитровград) команда ТФ завоевала третье место. Следует заметить, что ни разу за всю историю участия в упомянутых олимпиадах студенты «технолога» не оставались без призовых мест.

В четверть финале Международного чемпионата по программированию студенты ФАСТ заняли 12 место из 36 участвующих команд. Это является высоким дос-

тивением, так как в чемпионате принимают участие все из вузов Москвы и Санкт-Петербурга.

На Всероссийской научно-технической конференции «Текстиль 21 века» в апреле 2002 (МГТУ им. А.Н. Косыгина) студент ТФ занял 1 место, 2 место — студентка ФАСТ и студент ЭФ, 3 место — студент ФАСТ. Три студента стали лауреатами этой конференции в 2003 году.

В межвузовской научно-практической конференции «Поиск» (ИИГТА) ежегодно с докладами принимают участие более 10 лучших студентов и аспирантов.

Традиционная весенняя конференция молодых ученых и студентов в КГТУ ежегодно к 35 секциям привлекает около 25 российских вузов. Ежегодно в ней участвуют около двух тысяч студентов и аспирантов вузов Москвы, Санкт-Петербурга, Ярославля, Ивановы, Кострома, Кинешмы. По итогам конференции выпускаются тезисы и сборники молодых ученых.

В 2001 году студентка специальности государственное и муниципальное управление Лихачева Нина участвовала во Всероссийском студенческом форуме в МГУ им. М.В. Ломоносова, где обсуждались проблемы, с которыми сталкиваются студенты вузов и средних учебных заведений, и принята концепция программы «Студенчество России». В 2002 году Нина проторила дорожку еще на один международный конгресс студентов, молодых ученых и специалистов — «Молодежь и наука — третье тысячелетие», проходившего на базе МГТУ им. Н.Э. Баумана. В области естественных, инженерных, социальных и гуманитарных наук она стала лауреатом конгресса и получила диплом.

Для стимулирования работы студентов в КГТУ разработано временное положение о фонде НИРС. Целью создания фонда является привлечение денежных средств из различных законных источников и их наиболее эффективное использование для развития творческого и интеллектуального потенциала студентов и преподавателей. Стимулирование студентов осуществляется из средств базового финансирования научно-исследовательских работ, грантов и хозяйственных работ вуза в размере 5...10%. Кроме того, в течение учебного года осуществляется регулярное поощрение студентов, участвующих во внешних конференциях и конкурсах, из специального фонда и внебюджетных средств фонда Е.Н.Томашкина и др.

Что же нового появилось в университете за последние четыре года?

**Во-первых**, пятый год подряд проводится Всероссийский конкурс дипломных проектов по направлению «Технология и оборудование производства натуральных волокон», а также подобные конкурсы начали проводить по направлению «Машины и аппараты текстильной и легкой промышленности» и «Лесониконсервное дело».

**Во-вторых**, ежегодно издается тезисы докладов межвузовской научно-технической конференции молодых ученых и студентов и сборник трудов молодых ученых КГТУ.

**В-третьих**, значительное увеличение числа работ, участвующих на международных всероссийские конкурсы, числа публикаций студентов, числа призовых мест.

**В-четвертых**, открытие новых специальностей в университете обеспечило возможность увеличения числа вузов для участия в конференциях.

**В-пятых**, произошло увеличение числа студентов, желающих учиться в аспирантуре (см. таблицу).

Таблица

Число аспирантов по годам					
1997	1998	1999	2000	2001	2002
91	92	106	117	125	145
100%	101%	105,5%	129%	137%	159%

Благодаря эффективной системе НИРС в КГТУ научный уровень студентов и преподавателей значительно вырос.

Однако по результатам прошедшей аккредитации университета комиссия высказала недостатки в организации НИРС. Это: минимальное участие студентов нашего вуза в министерских грантах, форумах, международном конгрессе студентов, молодых ученых и специалистов, в конкурсах на соискание медалей РАН с премиями для студентов и молодых ученых, международной молодежной научной выставке и соревнованиях в рамках программы «Шаг в будущее» (МГТУ им. Н.Э. Баумана); малое число студентов, привлекаемых к финансируемым НИР, малое число публикаций студентов в центральных изданиях, студенты не всех кафедр участвуют в НИРС. Несомненно, этим недостаткам следует уделить особое внимание.

В КГТУ есть активные организаторы научной работы студентов, то есть деканы факультетов, заместители по НИР и отдельно ответственные за НИРС по факультетам. Важную роль играют повышенная активность преподавателей и ответственных за данную работу на кафедрах, их желание и заинтересованность.

Приказом Министерства образования РФ в 2001 году награждены нагрудным знаком «За развитие НИРС» Дудялова В.Л. и Гусев Б.Н., в 2002 году этого знака удостоен Дроздов В.Г. Рекомендованы к этой награде Суслана Н.Н. и Караваев В.М.

Активно организуют НИРС Коробельникова А.Р., Кофанова Т.А., Лукинские М.И., Нозников А.Н., Бриж Г.Г., Подьячев А.В., Койтова Ж.Ю., Рассадина С.П., Полева И.В., Лапшин А.Б., Варфоломеев В.Е., Смирнова О.Л., Соболева И.В., Шугаев В.В., Шуваев В.Г., Флейшман Е.А., Тигунин А.А., Берковец М.И., Дроздова Т.В., Рыжова Н.В., Фарушкин В.В., Смирнова Н.А., Сосколов В.Б., Манча А.В., Тигунов В.А., Андреева Е.В. и другие.

Направление университета на повышение эффективности НИРС в дальнейшем будет считаться приоритетным, и ему будет уделяться особое внимание, так как это важная составная образовательного и воспитательного процесса.

Проректор по научной работе,  
д.т.н. проф. *Р.В. Коробельников*,  
Отв. за НИРС университета,  
к.т.н. доц. *Э.В. Новиков*

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 677.11:620.1

## АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА В ВАЛКОВОЙ ПАРЕ В ЦЕЛЯХ ОЦЕНКИ ЕГО СВОЙСТВ

*А. В. Кулик, Е. Л. Пакин*

Костромской государственной текстильной академии,  
Всероссийский НИИ по переработке льняных культур

Приведены результаты исследования деформации льняного волокна в валковой паре. Разработан алгоритм определения абсолютной поперечной деформации горсти трепаного волокна при пропуске между парой валков, который позволяет определить исходную (недеформированную) форму продольного сечения горсти волокна в целях создания нового инструментального метода оценки качества трепаного льняного волокна.

При разработке нового инструментального метода оценки качества трепаного льняного волокна [1] в качестве важнейших показателей предложено использовать среднюю горстевую длину волокна и его объемный вес, величина которого при постоянной массе горсти будет зависеть от её объема:

$$W \approx S \cdot \bar{b}, \quad (1)$$

где  $S$  — площадь продольного сечения горсти;  
 $\bar{b}$  — ширина горсти.

Определение средней длины и объемного веса предполагается осуществлять на основе контроля величины продольного сечения горсти волокна [2] при прохождении её между валками, один из которых давит на горсть собственным весом (см. рис. 1).

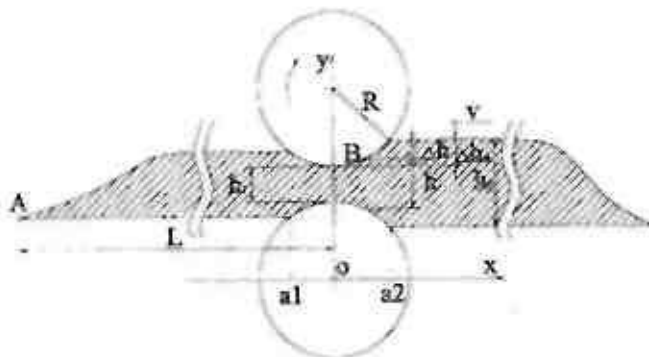


Рис. 1. Деформирование волокна в горсти при прокатке между валками

Очевидно, что при соприкосновении с валками волокнистые пряди будут деформироваться в поперечном направлении. При этом величина этой

деформации будет по длине горсти разной. Таким образом, для определения исходной формы продольного сечения (при отсутствии давления со стороны валков), необходимой для расчета  $W$ , требуется учет величины абсолютной деформации при сжатии волокна в разных зонах по длине горсти.

Решаемая задача требует определения вида зависимости между расстоянием  $h_1$  (зазор между верхним и нижним валками) и временем  $t$  взаимодействия валков с волокном. При известном радиусе и скорости вращения валков можно определить зависимость  $h_1(L)$ , где  $L$  — расстояние от  $t$ . А до линии, соединяющей центры вращения валков. Эта зависимость определяет форму продольного сечения горсти при наличии поперечного сжатия. Следует отметить, что величина деформации волокна  $2\Delta h_{\text{деф}}$  зависит от высоты недеформированной горсти  $h_0$ , деформационных свойств волокна, а также скорости вращения, радиусов и массы валков.

Введем систему координат  $xOy$ , начало которой находится в центре вращения нижнего валка. Допустим, что скорость перемещения горсти относительно центров валков равна  $v$ . Пусть ширина зоны соприкосновения волокна с валками постоянна и равна  $b$ . Сила давления  $G$  верхнего валка на волокно уравновешивается распределенными по поверхности соприкосновения вертикальными силами реакции со стороны волокна. Удельное давление  $p$ , производимое этими силами, будем считать постоянным вдоль образующих цилиндрической поверхности валка и зависящим лишь от координаты  $x$  [3, 4]. Горизонтальные составляющие сил реакции со стороны волокна не учитываем, так как величина деформации мала по сравнению с радиусом валков.

Тогда условие равновесия приложенных к валку сил имеет вид:

$$G - \int_{a_1}^{a_2} p(x) dx = 0, \quad (2)$$

где  $a_2$  и  $a_1$  — координаты начальной и конечной точек соприкосновения волокна с вальками.

Для определения  $p(x)$  использовали экспериментально полученную зависимость давления от абсолютной деформации [5]:

$$p = \frac{a \cdot s}{c \cdot h_0 - s} + \mu \cdot \frac{ds}{dt}, \quad (3)$$

где  $s$  — абсолютная деформация;

$h_0$  — высота недеформированной горсти;

$a=2650$  Па,  $c=0.75$ ,  $\mu=25000$ .

Деформация в некоторой точке В (см. рис. 1) равна:

$$\Delta h = \Delta h_m - (R - \sqrt{R^2 - x^2}), \quad (4)$$

где  $R$  — радиус вальков.

Или с точностью до малых второго порядка:

$$\Delta h = \Delta h_m - \frac{1}{2 \cdot R} \cdot x^2. \quad (5)$$

С учетом особенностей перемещения волокна (см. рис. 1) очевидно,  $dx/dt = -v$ . Поэтому скорость деформации в точке В определится по формуле:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{-2}{2 \cdot R} \cdot 2 \cdot x \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{2 \cdot v}{R} \cdot x. \quad (6)$$

Подставим (5) и (6) в уравнение (3), учитывая, что  $\Delta h = s$ ,  $\frac{dy}{dt} = \frac{ds}{dt}$ . Получим распределение давления по поверхности соприкосновения  $p(x)$ :

$$p(x) = \frac{2 \cdot a \cdot (\Delta h_m - \frac{1}{2 \cdot R} \cdot x^2)}{c \cdot h_0 - 2 \cdot (\Delta h_m - \frac{1}{2 \cdot R} \cdot x^2)} + \mu \cdot \frac{2 \cdot v}{R} \cdot x. \quad (7)$$

Определим координаты  $a_1$  и  $a_2$ . В начальный момент соприкосновения вальков с волокном ( $x = a_2 > 0$ ) деформация равна нулю, откуда из (5)

$$a_2 = \sqrt{2 \cdot R \cdot \Delta h_m}. \quad (8)$$

В конце соприкосновения ( $x = a_1 < 0$ ) деформация волокна существует, но давление равно нулю. Поэтому

$$p(x) = 0 \quad (9)$$

или

$$\frac{2 \cdot a \cdot (\Delta h_m - \frac{1}{2 \cdot R} \cdot a_1^2)}{c \cdot h_0 - 2 \cdot (\Delta h_m - \frac{1}{2 \cdot R} \cdot a_1^2)} + \mu \cdot \frac{2 \cdot v}{R} \cdot a_1 = 0. \quad (10)$$

Тогда условие равновесия (2) можно будет представить в виде:

$$\int_{a_1}^{\sqrt{2R \cdot \Delta h_m}} b \left( \frac{2a(\Delta h_m - \frac{1}{2R} \cdot x^2)}{c \cdot h_0 - 2(\Delta h_m - \frac{1}{2R} \cdot x^2)} + \mu \frac{2v}{R} \cdot x \right) dx = G. \quad (11)$$

Рассматривая (10) и (11) совместно и решив данную систему, найдем абсолютную деформацию  $\Delta h_m$ . При этом из первого уравнения выразим  $\Delta h_m$  и запишем (11) следующим образом:

$$\frac{(\Delta h_m - \frac{1}{2R} \cdot a_1^2) + [c h_0 - 2(\Delta h_m - \frac{1}{2R} \cdot a_1^2)] \cdot \mu \frac{2c h_0}{R} \cdot a_1}{c h_0 - 2(\Delta h_m - \frac{1}{2R} \cdot a_1^2)} = 0. \quad (12)$$

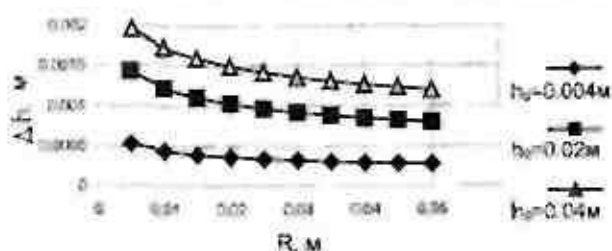
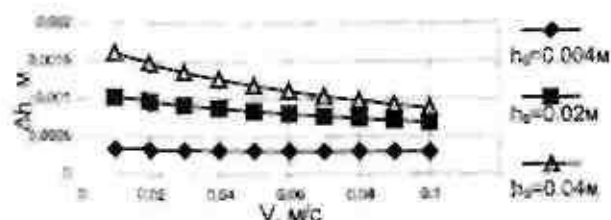
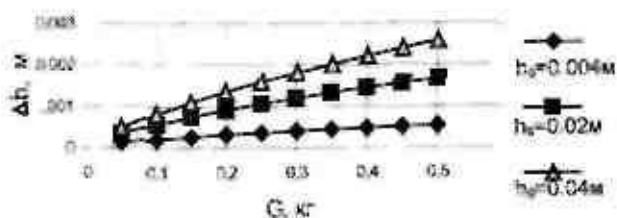
Это выражение справедливо, если нулю равен числитель дроби. Отсюда получаем:

$$\Delta h_m = \frac{2\mu v a_1^3 + 2\mu v a_1 c h_0 R - a a_1^2 R}{R(2aR - 4\mu v a_1)}. \quad (13)$$

Подставив (13) в (11) и проинтегрировав его, получим уравнение с одной неизвестной  $a_1$ , которое решим численным методом. При решении принимаем во внимание, что при  $a_1 = 0$  интеграл равен нулю. При уменьшении  $a_1$ , начиная с нуля, значение интеграла может быть сколь угодно большим. Тогда можно подобрать такое значение  $a_1$ , при котором условие (11) выполняется.

Таким образом, из условия (11) найдем соответствующую деформацию  $\Delta h_m$ .

Используя предложенную последовательность решений, было проведено исследование характера изменения  $\Delta h_m$  от совокупности режимно-конструктивных факторов, в частности: радиуса вальков  $R$ , их массы  $G$  и скорости перемещения волокна  $V$ . Результаты представлены на рис. 2..4 (в пояснении ко всем рисункам указано  $h_0$ ).

Рис. 2. Зависимость  $\Delta h_m$  ( $h_0, R$ ) при  $V=0,03$  м/с,  $G=0,2$  кгРис. 3. Зависимость  $\Delta h_m$  ( $h_0, V$ ) при  $R=0,03$  м,  $G=0,2$  кгРис. 4. Зависимость  $\Delta h_m$  ( $h_0, G$ ) при  $V=0,03$  м/с,  $R=0,03$  м

Анализируя полученные результаты, можно заключить следующее. Степень влияния исследуемых факторов  $R$ ,  $V$ , и  $G$  на изменение  $\Delta h$  увеличивается с ростом  $h_0$ . Наибольшее влияние (в изученных примерах варьирования) на деформацию  $\Delta h$  оказывает масса верхнего вала (11,5%), далее их радиус (8,8%) и скорость перемещения материала (7,3%).

Для практического использования целесообразно применять радиуса валков 4–5 см и более, их масса по возможности наименьшая, а скорость перемещения материала в пределах 0,08–0,1 м/с. В этом случае варьирование абсолютной деформации  $\Delta h$  будет происходить в более узком интервале.

#### ВЫВОДЫ

1. Разработанный метод определения абсолютной поперечной деформации горсти трепанного волокна при пропуске между парой валков позволяет определить исходную высоту сечения горсти по ее длине, необходимую для определения горстовой длины и объемного веса волокна.
2. Наибольшее влияние на изменчивость абсолютной поперечной деформации волокна оказывает масса прижимного вала.
3. Для обеспечения наименьшего варьирования  $\Delta h$  по длине горсти целесообразно применять валки радиусом 4 см и более при их наименьшей массе. Скорость перемещения материала должна быть в диапазоне 0,08–0,1 м/с.

#### Литература

1. ГОСТ 10330-76. Лен трепанный. Технические условия.
2. Куликов А.В. Совершенствование способа определения длины трепанного льняного волокна. Сб. научных трудов молодых ученых КГТУ. — Кострома, 2002. — Выпуск 3. — С.20–23.
3. Ивашинский А.Ю. Прикладные задачи механики. Книга 1. Трение качения. — М.: Наука, 1986. — С.176–190.
4. Кузнецов Г.К. Исследование и методика проектирования валковых отжимных устройств текстильных машин. Дис. ... д.т.н. — Кострома, 1970. — 287 с.
5. Куликов А.В. Определение деформационных свойств трепанного льняного волокна. Сб. научных трудов молодых ученых КГТУ. — Кострома, 2003. — Выпуск 4.

A.V.Kulikov, E.I.Pashin

#### ANALYSIS OF FLAX FIBRE DEFORMATION IN ROLLER PAIR IN ITS CHARACTERISTIC EVALUATION PURPOSES

УДК 677.11.629.1

### ВЛИЯНИЕ ТЫЛЬНОЙ КРОМКИ БИЛЬНОЙ ПЛАНКИ НА СИЛУ ДАВЛЕНИЯ И НАТЯЖЕНИЯ ПРЯДИ ПРИ ТРЕПАНИИ ЛЬНА\*

А.Б. Латишин, С.М. Вихарев, А.В. Болбабченко

Костромской государственной технологической университет,  
Всероссийский НИИ по переработке льняных культур

Предложена модель учета влияния тыльных кромок при определении сил натяжения прядей и сил их нормального давления на рабочие кромки в процессе трепания.

Существующие методы исследования процесса трепания льняного скрда предполагают существование одной рабочей кромки на биле трепального барабана [1—3]. Такое допущение приводит к тому, что моделируемый характер нагружения пряди значительно отличается от реального, так как при расчетах все динамические явления объясняются действием на прядь одной рабочей кромки. Практически же процесс обескостривания льна формируется влиянием на прядь совокупности рабочих кромок на одном биле (это кромки билльной планки и подбилльной решетки). В данной работе поставлена задача получить модель, учитывающую влияние тыльной кромки билльной планки на силу натяжения пряди и силу ее нормального давления на кромки.

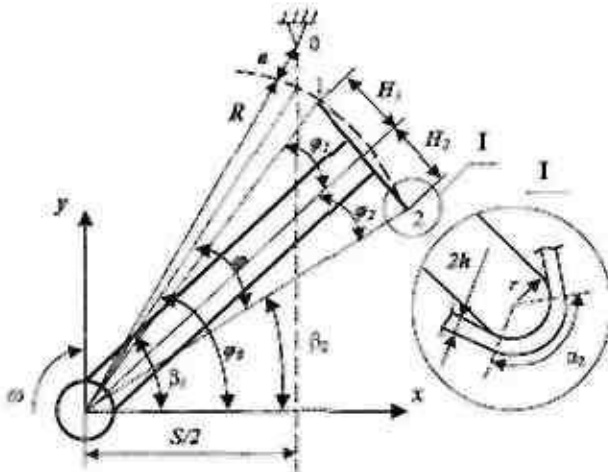


Рис. 1. Схема бил трепального барабана

Рассмотрим поперечный разрез трепальной секции (рис. 1). Полагаем, что бил трепального барабана имеет билльную планку (отрезок 1—2) шириной  $H_1 + H_2$  с тыльной (точка 1) и основной (точка 2) рабочими кромками. Введем неподвижную прямоугольную декартову систему координат  $xOy$  (рис. 1), тогда

$$x_0 = S/2, \quad y_0 = \sqrt{(R+a)^2 + (S/2)^2}, \quad (1)$$

$$x_1 = R \cos \beta_1, \quad y_1 = R \sin \beta_1, \quad (2)$$

$$\beta_1 = \varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2 - \varphi,$$

$$x_2 = R \cos \beta_2, \quad y_2 = R \sin \beta_2, \quad (3)$$

$$\beta_2 = \varphi_0 - \varphi,$$

$$\varphi_0 = \arctg\left(\frac{S}{2R}\right)$$

$$\varphi_1 = \arctg\left(\frac{H_1}{R}\right), \quad (4)$$

$$\varphi_2 = \arctg\left(\frac{H_2}{R}\right)$$

где  $R, S$  — радиус и межосевое расстояние барабанов;  
 $a$  — расстояние от точки закрепления пряди до траектории рабочих кромок (рис. 1);

$(x_0, y_0)$  — постоянные координаты точки 0 закрепления пряди;

$(x_1, y_1), (x_2, y_2)$  — движущиеся с углом поворота барабана  $\varphi = \omega t$  точки, описывающие траектории рабочих кромок 1 и 2;

$\omega$  — угловая скорость вращения барабанов;

$t$  — время.

Тыльная кромка 1 (рис. 1) начинает взаимодействовать с прядью, если она будет расположена "выше" прямой, проходящей через точки 0 и 2. Пусть это начало взаимодействия тыльной кромки с прядью соответствует углу поворота била  $\varphi_0$  (заметьте, угол  $\varphi$  характеризует время взаимодействия с прядью основной кромки 2 (рис. 1)). Тогда углы охвата рабочих кромок (индекс обозначает номер кромки):

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & \text{если } \varphi < \varphi_0, \\ \pi - \arccos \frac{(l_0)^2 + (H_1 + H_2)^2 - (l_0)^2}{2 l_0 (H_1 + H_2)}, & \text{если } \varphi \geq \varphi_0, \end{cases} \quad (5)$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} \pi - \arccos \frac{R^2 + (l_0)^2 - (R+a)^2}{2 R l_0}, & \text{если } \varphi < \varphi_0, \\ \pi, & \text{если } \varphi \geq \varphi_0, \end{cases} \quad (6)$$

\* Работа выполнена при участии Пашина Е.Д.



$$l_{0i} = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}, \quad (7)$$

$l_{0i}$  — длины отрезков между точками 0 и  $i$  (рис. 1),  $i=1, 2$ .

На рис. 2 приведены углы охвата рабочих кромок в зависимости от угла поворота барабана  $\varphi$  (для агрегата МТА-2Л); кривая 1 соответствует тыльной кромке; кривая 2 — основной кромке; кривая 3 соответствует случаю нулевой толщины била (без наличия тыльной кромки).

Расчет силы натяжения пряди и сил нормального давления на рабочих кромках проведем по формулам [1]:

$$T(\alpha) = T_0 e^{b\alpha} - \mu v^2 (e^{b\alpha} - 1) + \\ + \mu(r+h)(w_k - w'_t/b)(e^{b\alpha} - 1) - \\ - \frac{\mu k r w_0^2}{1+b^2} [e^{b\alpha} - \cos \alpha - b \sin \alpha] - \\ - \frac{\mu(r+h)w_0^2}{1+b^2} [b e^{b\alpha} - b \cos \alpha + \sin \alpha], \quad (8)$$

$$N(\alpha) = T(\alpha) + \mu(r+h)(w_k - w_0^n - w_0^n \sin \alpha),$$

$$b = kr/(r+h), \quad (9)$$

где  $T_0$  — сила натяжения пряди в ведомой ветви;  
 $\alpha$  — угол охвата;  
 $\mu$  — линейная плотность пряди (шириной 1 см);  
 $r$  — радиус рабочей кромки (рис. 1);  
 $h$  — половина толщины пряди;  
 $k$  — коэффициент сопротивления движению пряди на рабочей кромке;  
 $v$  — относительная скорость пряди на рабочей кромке;  
 $w_k$  — ускорение Кориолиса;  
 $w'_t, w_0^n$  — касательная и нормальная составляющие относительного ускорения;  
 $w_0^n$  — нормальная составляющая переносного ускорения, все упомянутые составляющие ускорений относятся к элементу пряди на рабочей кромке.

Все расчеты проведем для агрегата МТА-2Л: частота вращения барабана 300 1/мин,  $H_1=H_2=4$  см. На рис. 3 показаны силы натяжения пряди в сечениях сбегания соответствующих рабочих кромок. Обозначения кривых на рис. 3, 4 совпадают с обозначениями кривых на рис. 2. На рис. 4 приведены силы нормального давления пряди на рабочих кромках. Как принято при трении льна [4], все силы отнесены к единице ширины слоя сырья (1 см).

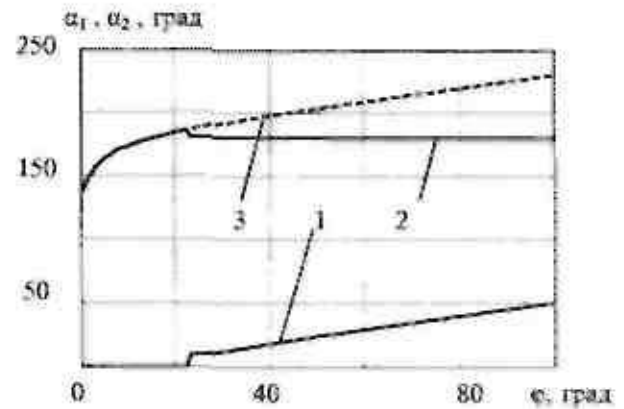


Рис. 2. Зависимости углов охвата прядью рабочих кромок от угла поворота барабана

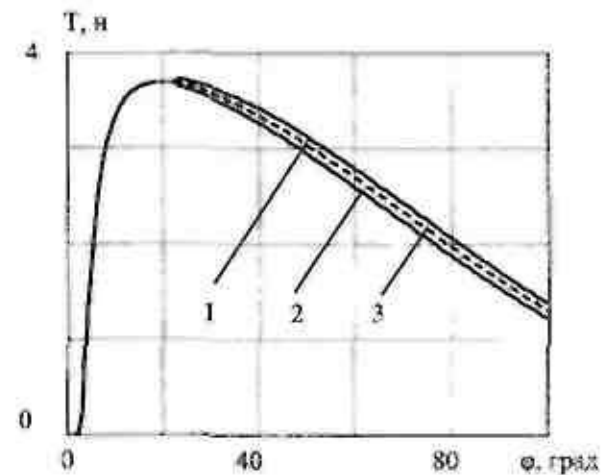


Рис. 3. Зависимости силы натяжения пряди на рабочих кромках от угла поворота барабана

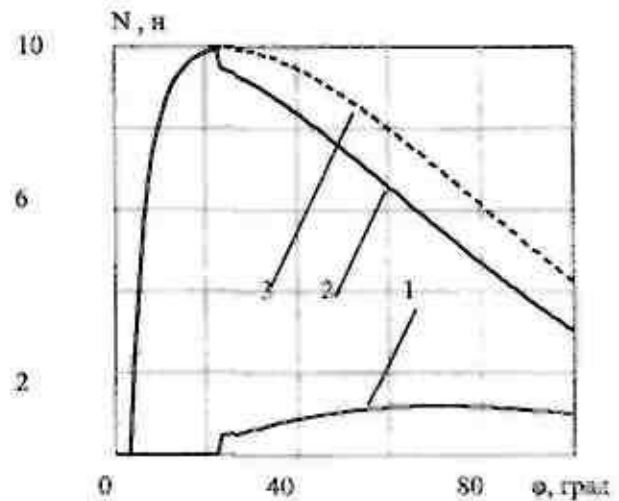


Рис. 4. Зависимости сил нормального давления пряди на рабочие кромки от угла поворота барабана

Из рис. 3, 4 следует, что учет влияния тыльной кромки бязальной планки при расчете сил натяжения пряжи и сил ее нормального давления на кромки необходим для адекватного описания процесса обескостривания льняных волокон при трепании, а конкретно можно сделать следующие выводы:

#### ВЫВОДЫ

Учет тыльной кромки 1) значительно влияет на характер нагружения пряжи (до 30 %) с точки зрения расчета сил нормального давления пряжи на кромки, 2) незначительно (не более 7 %) влияет на силу натяжения пряжи в зажимном ремне.

#### Литература

1. Лапшин А.Б. Развитие теории процесса получения трепаного льняного волокна: Дис. ...д.т.н. — Кострома, 2002.
2. Дьячков В.А., Лапшин А.Б. Определение углов охвата при взаимодействии пряжи с несколькими битами трепальных барабанов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2000. — № 2. — С.139—141.
3. Дьячков В.А. Проектирование трепальных машин. — Кострома, 2000.
4. Суслов Н.Н., Сивяновский В.И. Зависимость натяжения слоя волокна от его толщины, жесткости и радиуса рабочей кромки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1975. — № 1. — С.32—36.

A.B.Lapshin, S.M.Viharev, A.V.Bezbabchenko  
**INFLUENCE OF BEATER PLATE REARED EDGE ON TENSION FORCE  
 AND STRAND STRETCH DURING FLAX SCUTCHING**

УДК 677.024

#### ИЗМЕНЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ ПРИ СНОВАНИИ

А.Б. Брут-Бруско

Вопрос об изменении натяжения хлопчатобумажной пряжи по мере срабатывания бобины в процессе снования рассматривается многими авторами [1—4].

Исследование влияния диаметра бобины на натяжение льняной пряжи в процессе снования изучено недостаточно. С целью изучения влияния диаметра бобины на натяжение льняной пряжи 33,3 и 50 текс на кафедре ткачества проведены исследования на машине СП-140-2. Скорость снования в процессе эксперимента составляла 400 м/мин, что соответствует максимально рекомендованному уровню для льняной пряжи в регламентированном режиме.

Нагрузка на нить в натяжном приборе составила 19 г, что соответствует производственному уровню. Контроль натяжения движущейся нити в зоне после мерильного валика проводился с помощью аппаратного комплекса «Тумал» в комплексе с ПЭВМ. При срабатывании пряжи большой диаметр бобины был маркирован на следующих уровнях: 250, 230, 210, 190, 170, 150, 130, 90, 70 мм. Натяжение контролировали при отмеченных диаметрах бобины.

Результаты записи натяжения по мере срабатывания бобин приведены в таблице 1.

Таблица 1

Диаметр бобины, мм	Льняная пряжа 33,3 текс			Льняная пряжа 50 текс		
	$F_{cp}$ , сН	$\sigma$ , сН	$C$ , %	$F$ , сН	$\sigma$ , сН	$C$ , %
70	25,7	3,3	12,8	28,6	4,36	15,2
90	25,7	3,3	12,8	32,4	4,25	13,1
110	24,5	3,2	13,0	30,4	4,81	15,8
130	24,0	3,1	12,9	36,8	6,42	17,7
150	23,6	3,3	14,0	34,8	5,33	15,3
170	22,7	3,2	14,1	27,6	5,89	21,5
190	16,6	2,9	17,4	24,9	3,46	13,9
210	13,6	3,5	25,7	21,7	3,23	14,9
230	-	-	-	18,9	2,91	15,4
250	-	-	-	16,3	2,43	14,9

Примечание:  $F_{cp}$  — среднее значение натяжения льняной пряжи для конкретного диаметра бобины, сН,  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение выборки, сН,  $C$  — коэффициент вариации, %

Сравнение различия средних значений натяжения для каждого диаметра бобины проводили с помощью критерия Стьюдента. Различия между полученными значениями существенны с доверительной вероятностью 0,95. Исключение составляют случаи, когда уровень натяжения одинаков.

Из анализа результатов, приведенных в таблице 1, можно отметить, что при срабатывании льняной пряжи 33,3 текс натяжение увеличивается в 1,89 раза к концу бобины. В диапазоне диаметров бобины от 130 до 70 мм натяжение пряжи 33,3 текс изменяется незначительно, что объясняется неустойчивым баллоном нити. Баллон снутой нити может принимать форму одноволнового и двухволнового. Это сказывается и на величине натяжения. За время сматывания от уровня диаметра 130 до 70 мм натяжение нити изменяется всего на 7 %.

Натяжение льняной пряжи 50 текс по мере уменьшения диаметра от 250 мм до 130 мм увеличивается в 2,26 раза. Однако в дальнейшем натяжение, при уменьшении диаметра бобины от 130 до 70 мм, даже несколько уменьшается от максимального значения 36,8 сН до 28,6 сН, или 22,2 %. Подобное явление объясняется тем, что после достижения диаметра сматывания 130 мм баллонизирующая нить имеет двухволновой баллон вместо одноволнового. Таким образом, общее увеличение натяжения льняной пряжи 50 текс к концу сматывания нити с паквой увеличивается только в 1,75 раза.

Графики изменения натяжения льняной пряжи в зависимости от величины диаметра бобины, построенные по экспериментальным данным, изображены на рис. 1 и 2.

В результате аппроксимации экспериментальных данных получены следующие зависимости:

$$\text{пряжа } 33,3 \text{ текс: } F = -0,081D + 33,38;$$

$$\text{пряжа } 50 \text{ текс: } F = -0,085D + 41,89,$$

где  $F$  — натяжение пряжи, сН;

$D$  — диаметр большого торца бобины, мм.

#### Литература

1. Брут-Бруляко А.Б. и др. Влияние диаметра бобины на натяжение нитей при сновании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2000. — № 4.
2. Ефремов Е.Д., Кислякова А.М., Попова Г.К. Технологический процесс снования пряжи в текстильном производстве. — Ярославль, 1977.
3. Брусникина Л.А. Исследование сравнительной эффективности прерывной и непрерывной сновки: Дис. ... канд. техн. наук. — Ленинград: ЛИТЛП, 1983.
4. Попова Г.К. Неравномерность натяжения нитей на сновальной машине С-140: Дис. ... канд. техн. наук. — Ленинград: ЛИТЛП, 1967.

А.В.Брут-Бруляко

STRETCH FLAX THREAD CHANGE DURING WARP

Полученные выражения позволяют прогнозировать натяжение льняной пряжи по мере срабатывания бобины на сновальной машине.

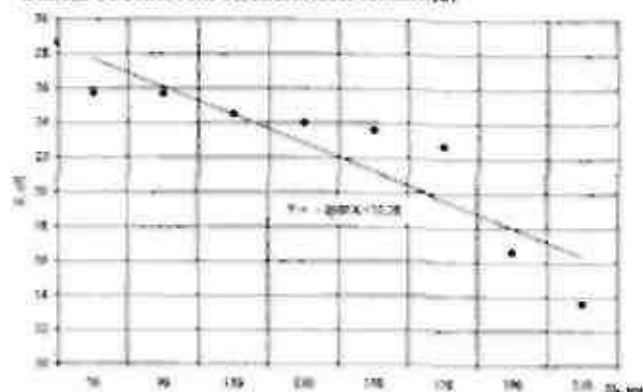


Рис. 1. Влияние диаметра бобины на натяжение льняной пряжи 33,3 текс

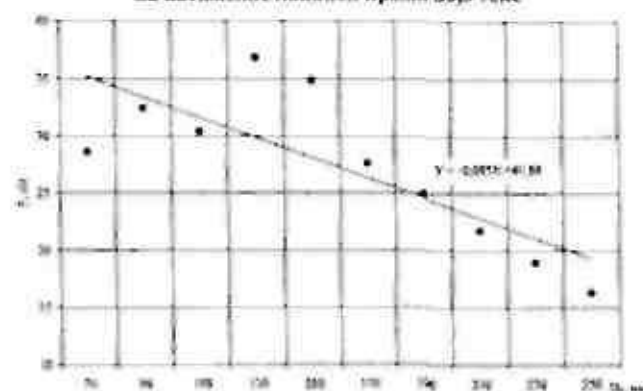


Рис. 2. Влияние диаметра бобины на натяжение льняной пряжи 50 текс

#### ВЫВОДЫ

1. Впервые получены эмпирические зависимости натяжения льняной пряжи при сновании в зоне мерильного валика, которые показывают, что по мере уменьшения диаметра бобины натяжение нити увеличивается.
2. Натяжение льняной пряжи при сновании от начала до конца сматывания бобины увеличивается на 75–88% в зависимости от линейной плотности нити.

УДК 677.533.4

## О ЗАПОЛНЯЕМОСТИ ПАКОВКИ С МЕДНОЙ ПРОВОЛОКОЙ

В.А. Копкин, Л.В. Сухова

Статья посвящена вопросам исследования свойств паковок с медной проволокой, используемой в производстве композиционных материалов. Выделены основные требования, предъявляемые к паковкам с медной проволокой. Приведены результаты эксперимента по определению коэффициента заполнения обмотки.

Современные фрикционные материалы являются высокозаполненными композициями [1], в состав которых входят:

- основной компонент, в качестве которого используют асбестовое или термостойкие химические волокна;
- волнистый компонент из натуральных или химических волокон (хлопок, вискоза), обладающий повышенной адгезией к связующему;
- в качестве прикручиваемого элемента, вводят медную проволоку диаметром 0,15-0,18 мм [2].

Назначение медной проволоки — улучшение фрикционных свойств изделия, а также рассеивание тепла, выделяемого в процессе трения [1]. Поэтому в производстве фрикционных изделий традиционно существует технология использования рабочих паковок с медной проволокой. Формируемая паковка должна отвечать ряду требований [3]:

- на паковке должна помещаться возможно большая длина проволоки;
- строение и плотность намотки на паковке должны обеспечивать равномерное сматывание без обрывов на последующих этапах.

Анализ обрывности проволоки на прядильно-крутильной машине [4] показывает, что приблизительно 80% обрывов происходит при сматывании проволоки с прядильного поматка. Остальные 20% приходится на слеты проволоки с паковки, которые, в конечном итоге, зарабатываются в готовое изделие и тем самым существенно ухудшают его свойства. Поэтому при отработке технологии производства *комбинированных нитей для безасбестовых фрикционных изделий* была поставлена задача — разработать такую структуру паковки с проволокой, которая позволила бы обеспечить наиболее эффективное ее использование на дальнейших переходах производства.

Для решения поставленной задачи были поставлены эксперименты по исследованию свойств паковок с медной проволокой диаметром 0,15—0,18 мм. Одним из таких свойств является коэффициент заполнения паковки. Исследовались заполнения намоток с шагом от 1,0 мм/об до 8,0 мм/об, то есть те

шаги раскладки, которые можно реализовать на современном оборудовании, используемом в промышленности при производстве фрикционных изделий [5]. Коэффициент заполнения, предлагаемый ранее [6], равный отношению объема намотанного материала к объему всей паковки, обладает малой чувствительностью к изменению шага раскладки. Поэтому для оценки заполнения паковки нами предлагается ввести коэффициент заполнения, равный отношению массы паковки, сформированной с данным шагом, к массе паковки, сформированной с шагом 1 мм/об (объемы исследуемых паковок были одинаковы, что обеспечивалось их формированием на оправки одинакового размера, двухфланцевые катушки 1711-1 ТУ6-0516-77). В результате обработки полученных данных была установлена зависимость коэффициента заполнения паковки с проволокой от шага раскладки (рис. 1). Полученная кривая была аппроксимирована полиномом второго порядка

$$K_3 = 1.045 - 0.062t - 3.93t^2 \quad (1)$$

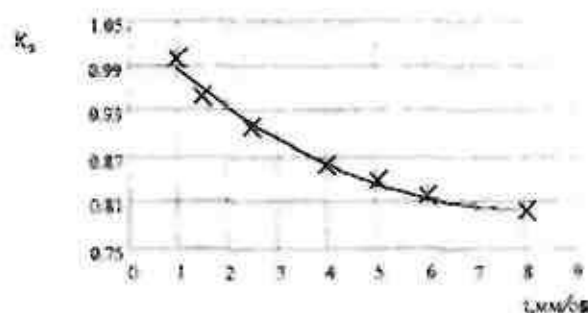


Рис. 1. Зависимость коэффициента заполнения паковки проволокой от шага раскладки

Полученные результаты могут быть использованы технологами при разработке технологических процессов в производстве фрикционных изделий. В частности, зависимость (1) может быть использована для расчета расхода материалов в производстве.

## Литература

1. Борисова И.Л., Копкин В.А. Комбинированные нити для безасбестовых фрикционных накладок: Тез. докл. Всесоюзной конференции молодых ученых и исследователей. — М.: МТИ им. Косыгина, 1989.

2. Борисова И.Л., Коплин В.А. Нить армированная для frictionных безосбастовых накладок ТУ 40-2068359-01-89. — Кострома: КТИ, 1989.
3. Мылаков А.А. Основы теории наматывания и сматывания нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1944. — №10. — С.10—13.
4. Коплин В.А. Обрывность и слеты в производстве комбинированных нитей // Вестник КГТУ. — Костромск: КГТУ. — 2000. — №2.
5. Каталог оборудования для производства асбестотехнических изделий. — М.: Олимп, 1997. — 98с.
6. Парнес М.Г. Расчет и конструирование намоточных станков. — М.: Машиностроение, 1975. — 295с.

V.A.Koplin, L.V.Suhova  
 THE PACKAGE WITH COPPER WIRE FILLING UP ABOUT

УДК 677.024.001.18

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ЗАПРАВКИ ТКАЦКОГО СТАНКА

М.С. Богатырева, А.Н. Ступищев

Рассматриваются и моделируются релаксационные процессы, протекающие в системе заправки ткацкого станка. Предлагается метод определения параметров релаксации системы заправки ткацкого станка по тензограмме натяжения основы.

При расчете и прогнозировании некоторых технологических параметров процесса выработки ткани на ткацком станке используются релаксационные параметры основы и ткани [1]. Как правило, определяются эти параметры из испытаний текстильного материала на разрыв или релаксацию в условиях, приближенных к моделируемому технологическому процессу. Для проведения таких испытаний требуется специальная аппаратура.

При выработке тканей из натуральных волокон в ткацком цехе поддерживаются особые температурно-влажностные условия, например, повышенная влажность, которые существенно влияют на вязкоупругие свойства основы и ткани в заправке ткацкого станка. Воспроизвести точно такие условия при испытаниях пряжи в лаборатории довольно сложно. Поэтому было бы предпочтительнее определять вязкоупругие характеристики основной пряжи и ткани непосредственно на ткацком станке, используя, например, оборудование АСУП ткачества.

Предлагается метод определения параметров релаксации системы заправки ткацкого станка по тензограмме натяжения основы.

Известно, что в системе заправки ткацкого станка (в основе и ткани) протекают релаксационные процессы, особенно интенсивные при смене режима работы ткацкого станка, например, при пуске его после некоторого времени простоя. Направление релаксационного процесса зависит как от типа ткацкого станка, так и от положения при простое (заступ, открытый зев) [1].

Экспериментально установлено, что на ткацком станке СТБ с подвижным скалом нити основы при пуске станка из положения заступа начинают испытывать релаксацию напряжений (см. рис. 1).

При этом натяжение основы, соответствующее определенным фазам формирования ткани в цикле работы ткацкого станка, уменьшается с момента пуска от дика к диклу, а после  $n$  циклов становится стабильным. Число  $n$  равно:

$$n = L \rho_0 (1 - a),$$

где  $L$  — длина основы в заправке, см;

$\rho_0$  — плотность ткани по утку, н/см;

$a$  — коэффициент уработки основы.

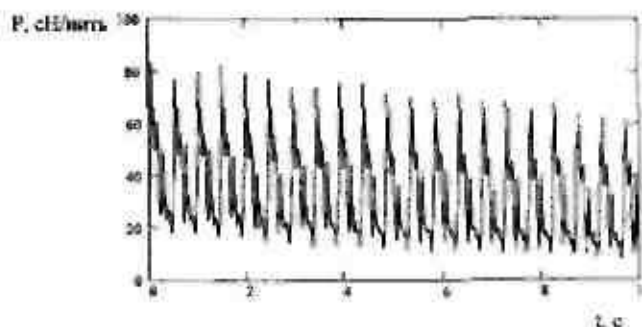


Рис. 1.

Чтобы рассчитать релаксацию натяжения основы с момента пуска станка к моменту времени  $t$ , необходимо определить число циклов  $k$  работы станка за время  $t$ :

$$k = t / t_n,$$

где  $t_n$  — продолжительность одного цикла работы станка.

Пусть вся основа в заправке станка состоит из  $p$  элементов, тогда элементы с номером  $i-1, k-1$  будут вносить различный вклад в релаксацию натяже-

ния за счет разного времени пребывания в зоне релаксации, а элементы с номером  $i = k - n$  будут иметь одинаковое время пребывания в зоне релаксации, равное  $t$ . Тогда среднее натяжение основы в цикле  $k$  моменту времени  $t$  можно рассчитать по формуле:

$$P(t) = P_0 \left[ 1 - \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^k R(\tau) d\tau \right] + (n-k) \cdot \int_0^t R(\tau) d\tau \right], \quad (1)$$

где  $P_0$  — среднее натяжение основы в момент включения станка;

$R(\tau)$  — функция релаксации.

Формула (1) справедлива при  $k < n$ , а при  $k > n$  следует принимать  $k = n$ .

Функцию релаксации представим двухпараметрическим ядром вида [2]:

$$R(t) = (1 - \alpha) - \chi \alpha e^{-\beta t} \cdot t^{\alpha-1}, \quad (2)$$

где  $\chi, \alpha$  — параметры ядра,  $0 < \alpha < 1$ .

Физический смысл данных параметров заключается в следующем: при колебании материала на релаксацию его натяжение к моменту времени  $t_p = \chi^{1/\alpha}$  должно уменьшиться в  $Q$  раз, где  $Q = 0.37 + 0.63\alpha$  [3]. Однако на ткацком станке снижение натяжения зависит от времени переходного режима  $t_{пер} = t_p \cdot n$ , которое, как правило, меньше  $t_p$ . Натяжение системы заправки ткацкого станка при стационарном режиме можно рассчитывать по формуле (1), приняв  $k = n$ .

После подстановки (2) в (1) получим:

$$P(t) = P_0 \left[ \alpha + \frac{1-\alpha}{n} \left[ \sum_{i=1}^k e^{-\beta t_i} \cdot t_i^{\alpha-1} \right] + (n-k) \cdot e^{-\beta t} \right], \quad (3)$$

Эксперименты на ткацких станках СТБ-180 проводили в лаборатории кафедры ткачества и в производственном цехе корпуса «В» КГТУ. Применены два типа основных регуляторов: негативный — серийный и экспериментальный, с закрепленным скалом, разработанный на кафедре МТВМ КГТУ. Вырабатывался образец ткани полотняного переплетения, в основе — хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 29 текс, в утке — пряжа БМОЛ линейной плотностью 46 текс,  $P_y = 17.5$  н/см,  $P_x = 22$  н/см,  $a_0 = 13\%$ . Длина основы в заправке 1.2 м, т.е.  $n = 1827$ . Частота оборотов главного вала станка  $240 \text{ мин}^{-1}$ , т.е.  $t_p = 60/240 = 0.25$  с.

Тензограмму натяжения на ткацком станке снимали с помощью измерительного комплекса,

разработанного на кафедре ткачества КГТУ. В датчик натяжения заправляли по 30 нитей. В результате получали запись натяжения в виде PRN — файла, дальнейшую обработку которого проводили в пакете Mathcad 2001pro. На рис. 1 показан пример тензограммы для серийного регулятора, а на рис. 2 — для экспериментального. Кривая среднего натяжения  $P_{cp}(t)$  для рис. 1 представлена на рис. 3.

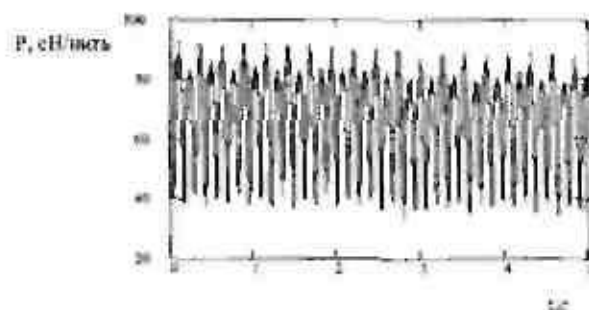


Рис.2.



Рис.3.

Ввиду сложности полученного уравнения параметры  $\chi$  и  $\alpha$  определили численными методами. Для проведения аппроксимации составляли систему уравнений с двумя неизвестными вида:

$$P(t_i) = P_0 \left[ \alpha + \frac{1-\alpha}{n} \left[ \sum_{i=1}^k e^{-\beta t_i} \cdot t_i^{\alpha-1} \right] + (n-k) \cdot e^{-\beta t} \right], \quad (4)$$

где  $P(t_i)$  — значение среднего натяжения, соответствующее моменту времени  $t_i$ . Желательно  $t_i$  принимать кратным  $t_p$ .

Релаксационные параметры, рассчитанные как для разных станков (установленных в лаборатории и в цехе), так и для разных типов основных регуляторов имеют одни и те же значения, а именно:  $\chi = 0.2$  и  $\alpha = 0.21$ . Тогда  $Q = 0.502$  при  $t_p = 2130$  с. При таких параметрах натяжение в системе заправки ткацкого станка с момента пуска его в работу до установления стационарного режима должно уменьшиться на 24% ( $100\% (P_0 - P(t_{пер})) / P_0$ ). Ошибка аппроксимации составила 14%.

**ВЫВОДЫ**

1. Получена формула (2) для расчета процесса релаксации натяжения системы заправки ткацкого станка с момента пуска его в работу.

2. Разработан метод определения параметров ядра релаксации по тензограмме натяжения нитей основы.

**Литература**

1. Фурячева М.С. Разработка метода прогнозирования ряда технологических параметров процесса формирования ткани на основе теории нелинейной вязкоупругости: Дис. ...к.т.н. — Кострома, КГТУ, 1997.  
 2. Фурячева М.С. Вывод двухпараметрических ядер наследственности для описания деформационных свойств текстильных материалов //Иза. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2000. — № 1.  
 3. Борохова М.Н. Моделирование релаксационных явлений, протекающих в пряже в процессе швейтования: Дис. ...к.т.н. — Кострома, КГТУ, 2002.

*M.S.Bogatyreva, A.N.Stuprikov*

**DEFINITION OF RELAXING PARAMETERS OF LOOM FILLING UP**

УДК 677.01

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ КОНИЧЕСКОЙ БОБИНЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТКАЧЕСТВА**

*А.А. Назаров, З.В. Брагина*

Проведен анализ геометрических параметров конических бобин, применяемых в льняной промышленности, установлено, что используемые при определении объема намотки приближенные формулы приводят к потере точности расчетов, рассчитаны корректирующие коэффициенты, позволяющие устранить этот недостаток. Установлена зависимость объема намотки нитей на коническую бобину от диаметра намотки, позволяющая облегчить выполнение расчетов при проектировании нового и при корректировке уже существующего технологического процесса.

При проектировании технологического процесса ткачества, в частности при расчете сопряженности паковок, определенные сложности возникают при обосновании размера мотальной бобины конического типа. Объем намотки нитей на коническую бобину зависит от ряда геометрических параметров и рассчитывается по сложным громоздким формулам. Упростив методику определения объема намотки, можно существенно облегчить выполнение проектных расчетов. Кроме того, это является необходимым для обоснования оптимальных сопряженных размеров паковок [2]. С целью совершенствования методики определения объема намотки нитей на коническую бобину было проведено исследование. При этом рассматривались два частных случая: задача проектирования нового технологического процесса и задача корректировки уже существующего технологического процесса.

Коническая бобина представляет собой сложное тело намотки. Для определения объема намотки нитей можно использовать различные формулы [1]:

– точная формула, в которой объем торцевых частей рассчитывается по общей формуле объема тел вращения:

$$V_2 = \frac{\pi h_1}{12} (D_1^2 + D_1 D_2 + D_2^2) - \frac{\pi h_2}{12} (d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2) + \frac{\pi h_3}{24} (2D_1^2 + 3d_1^2 + 4d_2^2) - \frac{\pi h_4}{24} (3D_2^2 + 3d_2^2 + 4d_1^2), \quad (1)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  — соответственно больший и меньший диаметры намотки, см;

$d_1$  и  $d_2$  — соответственно больший и меньший диаметры патрона, см;

$h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$  — соответственно размеры тела намотки, см;

– приближенная формула типа I, в которой торцевые части бобины принимаются за усеченные конусы:

$$V_3 = \frac{\pi}{12} \left\{ (D_1^2 + D_1 d_1 + d_1^2) h_1 + (D_1^2 + D_1 D_2 + D_2^2) h_2 \right\} - \frac{\pi}{12} \left\{ (D_2^2 + D_2 d_2 + d_2^2) h_3 + (d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2) h_4 \right\}, \quad (2)$$

– приближенная формула типа II, в которой торцевыми частями бобины пренебрегают:

$$V_4 = \frac{\pi h_2}{12} \left\{ (D_1^2 + D_1 D_2 + D_2^2) - (d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2) \right\}, \quad (3)$$

– приближенная формула УкраинИИП:

$$V_5 = 13,344 \cdot D_2^2 \quad (4)$$

Очевидно, что между различными геометрическими параметрами, характеризующими коническую бобину, существует взаимосвязь. Например,

логично предположить, что при увеличении диаметра большого торца бобины  $D_2$  будет увеличиваться и диаметр меньшего торца  $D_1$ . Возможно при этом и изменение пропорций тела намотки, характеризующихся параметрами  $h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$ . Таким образом, установив зависимости геометрических параметров от одного из них (как это было сделано при выводе упрощенной формулы УкрНИИТТ), например, от  $D_2$ , и подставив полученные зависимости в одну из формул (1)–(4), можно получить зависимость объема намотки от одного фактора  $V=V(D_2)$ . Эту зависимость можно аппроксимировать и использовать полученное уравнение в проектных расчетах. Кроме того, при решении задачи оптимизации размеров сопряженных паковок в соответствии с предложенной методикой [2], необходимо установить обратную зависимость  $D_2=D_1(V)$ .

#### Задача проектирования нового технологического процесса

Конкретные значения геометрических параметров конической бобины и взаимосвязи между ними зависят от вида и состояния технологического оборудования, технологической оснастки, вида и качества пряжи и т.д. Однако в проектных расчетах часто используются усредненными рекомендованными значениями параметров, приведенными в нормативно-справочной литературе. Будем считать эти рекомендованные параметры теоретическими и на их основе установим теоретические зависимости.

Теоретические рекомендованные размеры конических бобин при перематывании льняной пряжи приведены в таблице 1. Видим, что параметры  $d_1$ ,  $d_2$  и  $h_3$  являются константами, остальные параметры изменяются пропорционально увеличению размера бобины, т.е. линейно зависят от  $D_2$ . Установив вид этих зависимостей и подставив их в выражение для объема намотки, получим функцию  $V=V(D_2)$ .

Таблица 1

Теоретические рекомендованные параметры конических бобин при перематывании льняной пряжи [3]

$D_2$ , см	$D_1$ , см	$d_1$ , см	$d_2$ , см	$h_1$ , см	$h_2$ , см	$h_3$ , см
21,0	17,0	6,8	3,8	2,3	15,0	0,9
23,0	19,0	6,8	3,8	2,5	15,0	1,0
25,0	21,0	6,8	3,8	2,7	15,0	1,1
27,0	23,0	6,8	3,8	2,9	15,0	1,2

Вид данных зависимостей можно установить, пользуясь известным из аналитической геометрии уравнением прямой, проходящей через две данные точки.

$$D_1 = D_2 - 4, \quad (5)$$

$$h_1 = 0,2 + 0,1 D_2; \quad (6)$$

$$h_2 = -0,15 + 0,05 D_2. \quad (7)$$

Полученные зависимости (5)–(7) подставим в уравнения для объема намотки и результаты, полученные по приближенным формулам, сравним с точными. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Анализ погрешности приближенных формул

Показатели	Вид формулы		
	тип I	тип II	УкрНИИТТ
Абсолютная среднеквадратичная ошибка, см <sup>3</sup>	74,69	478,44	710,82
Относительная среднеквадратичная ошибка, %	1,25	8,10	1,97
Среднеквадратичская ошибка, см <sup>3</sup>	76,93	486,46	711,27

Видим, что приближенные формулы имеют систематическую погрешность, занижающую объем намотки. При этом наиболее точной является приближенная формула типа I. По результатам расчетов построена номограмма (см. рис. 1), позволяющая определять объем намотки нитей на конической бобине.

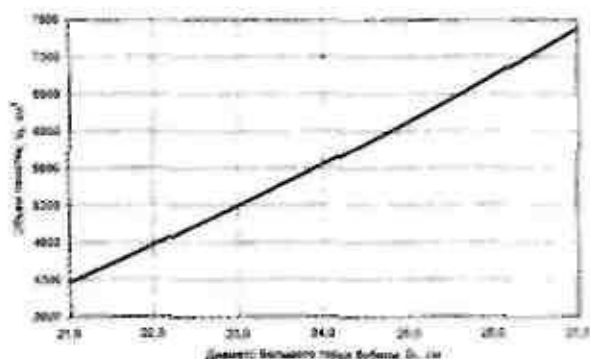


Рис. 1. Номограмма для определения объема намотки нитей на коническую бобину

С целью уточнения в приближенные формулы был введен корректирующий коэффициент:

$$V^* = k V, \quad (8)$$

где  $V^*$  — скорректированный объем намотки. Корректирующий коэффициент рассчитывался с помощью метода наименьших квадратов. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Вывод — использование в практике расчетов приближенных формул приводит к определенному снижению точности (особенно в случае использования приближенной формулы типа II). Введение корректирующих коэффициентов позволяет существенно повысить точность расчетов.

При выполнении расчетов на компьютере целесообразно использовать точную зависимость



$V=V/D_2$ , которая может интерполироваться линейной или квадратичной зависимостью.

$$V = 7745.4 + 568.26 \cdot D_2 \quad (9)$$

$$V = 3.5765 \cdot 80.981 \cdot D_2 + 13.526 \cdot D_2^2 \quad (10)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 3  
Анализ погрешности скорректированных приближенных формул

Показатели	Вид формулы		
	тип I	тип II	УкраНИИТИ
Корректирующий коэффициент	1.0136	1.0896	1.0183
Абсолютная среднелинейная ошибка, см	5.01	6.48	25.11
Относительная среднелинейная ошибка, %	0.09	0.11	0.45
Среднеквадратическая ошибка, см	5.93	7.37	28.76

Таблица 4  
Анализ погрешности интерполирования зависимости  $V=V/D_2$  по точной формуле

Показатели	Вид зависимости	
	линейная	квадратическая
Абсолютная среднелинейная ошибка, см	37.489	0.100
Относительная среднелинейная ошибка, %	32.278	0.083
Среднеквадратическая ошибка, см	0.56704	0.00743

Вывод – наибольшую точность обеспечивает квадратичная зависимость.

Для использования полученной зависимости при решении задачи оптимизации размеров сопряженных шапок выразим диаметр намотки через ее объем. Из квадратного уравнения (10) получим решение, имеющее физический смысл:

$$D_2 = \frac{80.981 + \sqrt{6364.419 + 54.104 \cdot V}}{27.052} \quad (11)$$

Заметим, что полученные зависимости рассчитаны при размерах патрона мотальной бобины  $d_1 = 6.8$  см и  $d_2 = 3.8$  см. При использовании патронов, имеющих другие размеры, зависимости (10) и (11) должны быть пересчитаны.

**Задача корректировки существующего технологического процесса**

При решении задачи оптимизации размеров сопряженных шапок в условиях функционирующего ткацкого производства целесообразно установить фактические зависимости между параметрами

конической бобины. Исследование проводилось на примере одного из массовых образцов ткани, вырабатываемых в ткацком производстве Костромского льнокомбината им. И.Д.Зворыкина. Исходными данными для установления эмпирических зависимостей послужили результаты выборочного обследования конических бобин пряжи С29 х/б и Б46 ОЛ.

Коррекционный анализ показал, что существенной является связь между параметрами бобины  $D_1$  и  $D_2$ , коэффициент корреляции, значимый по критерию Стьюдента, оказался равен 0.970 ( $P_0 = 3.213 \cdot 10^{-6} < 0.05$ ) для пряжи С29 х/б и 0.977 ( $P_0 = 1.176 \cdot 10^{-8} < 0.05$ ) для пряжи Б46 ОЛ. Были рассчитаны уравнения регрессии, адекватные по критерию Фишера:

– для пряжи С29 х/б:  
 $D_2 = -1.5442 + 0.8868 \cdot D_1, F_0 = 129.45 > F_{\tau} = 3.39; \quad (12)$

– для пряжи Б46 ОЛ:  
 $D_2 = -2.4265 + 0.922 \cdot D_1, F_0 = 168.5 > F_{\tau} = 3.39 \quad (13)$

Очевидно, что полученные эмпирические уравнения (12) и (13) значимо отличаются от теоретического уравнения (5), следовательно, их использование при решении задачи корректировки существующего технологического процесса вполне обосновано.

На основе уравнений (12) и (13) определялся объем намотки нитей на бобину по точной формуле, при этом все прочие геометрические параметры бобины рассматривались как постоянные величины, их значения были определены по результатам выборочных исследований. Были получены следующие зависимости:

– для пряжи С29 х/б:  
 $V = 103.76 \cdot 14.641 \cdot D_1 + 10.745 \cdot D_1^2 \quad (14)$

– для пряжи Б46 ОЛ:  
 $V = 102.43 \cdot 23.375 \cdot D_1 + 10.814 \cdot D_1^2 \quad (15)$

Зависимости  $D_2 = D_2(V)$  для (14) и (15) определяются аналогично (11). Полученные зависимости использовались при решении задачи оптимизации размеров сопряженных шапок в функционирующем ткацком производстве Костромского льнокомбината им. И.Д.Зворыкина.

**ВЫВОДЫ**

1. Проведенный анализ геометрических параметров конических бобин, применяемых в льняной промышленности, показал, что используемые при определении объема намотки приближенные формулы приводят к потере точности расчетов. Были рассчитаны корректирующие коэффициенты, позволяющие устранить этот недостаток.

2. На основе нормативно-справочных данных установлена зависимость объема намотки нитей на коническую бобину от диаметра большего торца намотки, разработана номограмма, позволяющая оперативно определять объем намотки, то есть облегчающая расчеты при проектировании нового технологического процесса.

3. Выполнен анализ фактических зависимостей между геометрическими параметрами кониче-

ских бобин в условиях функционирующего ткацкого производства, установлена значимая корреляционная связь между диаметром большего и меньшего торца бобины. На этой основе выведена формула фактической зависимости объема намотки от диаметра большего торца бобины, облегчающая расчеты при корректировке существующего технологического процесса, в частности при оптимизации размеров сопряженных паковок.

#### Литература

1. Лустартея Н.В., Борисова Е.А. Льюткачество. Теория и технология процессов перематывания нитей. — Кострома: КГТУ, 1998. — 79 с.
2. Назаров А.А. Совершенствование организационно-экономических расчетов по обоснованию сопряженности паковок в ткацком производстве // Актуальные проблемы развития текстильной промышленности. — М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2002. — С. 95—96.
3. Тягунов В.А. и др. Основы проектирования ткацких фабрик. — Кострома: КГТУ, 2001. — 125 с.

A.A. Nazarov, Z.V. Bragina

#### DEPENDENCE RESEARCH OF CONIC BOBBIN GEOMETRY PARAMETER IN WEAVING TECHNOLOGICAL PROCESS DESIGN

УДК 677.024.001.18.

#### ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВЫХОДА ИГЛЫ ИЗ ЛЕНТЫ НА ДРОБЛЕНИЕ ВОЛОКОН

С.А. Панасенко, В.В. Симонов

Для увеличения производительности оборудования в льняной промышленности были выпущены ленточные машины с толкающими гребнями. Клапан машин с однозаходным червячным гребенным механизмом, которые позволили увеличить скорость выпуска.

В дальнейшем были разработаны червячные гребенные механизмы с 2- и 3-заходными червяками. Это позволило поднять скорость выпуска на ленточных машинах до уровня машин с толкающими гребнями.

В 1989 году были приняты к серийному производству машины ЛЦ-1,2,3-Л, которые имеют цепной привод гребней. Траектория движения гребней перед вытяжной парой у цепного гребенного механизма и механизма с толкающими гребнями аналогична, и гребни имеют постоянную скорость по всему периметру их движения.

Гребенное поле оказывает значительное влияние на движение волокон в вытяжном приборе. С одной стороны, оно создает дополнительное внешнее поле сил трения торможения, что способствует уменьшению длины зоны перехода волокон на скорость вытяжной пары и стабилизации за счет этого процесса вытягивания, способствует дроблению и распрямлению волокон. С другой стороны, может оказывать отрицательное влияние на движе-

ние волокон вблизи вытяжной пары, а именно, в момент опускания гребня и выхода иглы из ленты.

Рассмотрим движение гребня в червячном механизме в момент выхода его из ленты перед вытяжной парой, рис. 1.

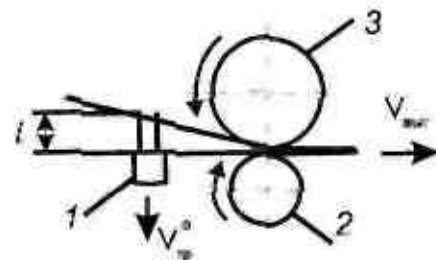


Рис. 1. Движение гребня в момент выхода: 1 — гребень, 2 — вытяжной цилиндр, 3 — ткацкий узел

Время выхода иглы из ленты  $t_{ex}$  будет равно:

$$t_{ex} = \frac{l}{V_{г^0}}$$

где  $l$  — рабочая длина иглы, м;

$V_{г^0}$  — скорость гребня при его опускании, м/мин.

Скорость опускания гребня зависит от частоты вращения рабочего червяка и будет равна:

$$V_{\text{сп}}^0 = 2\pi R n_1,$$

где  $R$  — радиус окружности, образуемой кулачком при его вращении, который будет равен расстоянию от оси червяка до точки соприкосновения кулачка с телом гребня, м;

$n_1$  — частота вращения рабочего червяка, мин<sup>-1</sup>.

Величина  $R$  в период опускания гребня изменяется незначительно, и этим изменением можно пренебречь.

Частоту вращения рабочего червяка  $n_1$  можно определить как

$$n_1 = \frac{n_{\text{сп}}}{k},$$

где  $n_{\text{сп}}$  — число ударов гребней в минуту,

$k$  — заходность червяка.

Тогда

$$V_{\text{сп}}^0 = \frac{2\pi R n_{\text{сп}}}{k} \quad \text{и} \quad t_{\text{в.м.}} = \frac{R}{2\pi R n_{\text{сп}}}$$

За это время волокно, движущееся со скоростью  $V_{\text{в.м.}}$ , пройдет путь  $S$ , равный

$$S = \frac{V_{\text{в.м.}} t_{\text{в.м.}}}{2\pi R n_{\text{сп}}}$$

В вытяжном приборе с толкающим гребнем скорость движения гребней одинакова по всему периметру, и скорость опускания будет равна

$$V_{\text{сп.м.}}^0 = \frac{k_{\text{в.м.}} \eta}{E},$$

где  $E$  — величина вытяжки,

$\eta$  — коэффициент опережения гребнями второго питающего цилиндра.

Тогда время выхода иглы из ленты будет равно

$$t_{\text{в.м.}} = \frac{IE}{V_{\text{сп.м.}}^0}$$

а путь, пройденный волокном, идущим со скоростью  $V_{\text{в.м.}}$  за время  $t_{\text{в.м.}}$ , будет равен

$$S_{\text{м.}} = \frac{IE}{\eta}$$

Расчеты показали, что при одинаковых параметрах заправки время выхода иглы из ленты в червячном механизме почти в шесть раз меньше времени при толкающих гребнях.

Экспериментальные исследования проводились на ленточной машине ЛЧ-3-Л1 и на ленточной машине Л-1-П.

На машине ЛЧ-3-Л1 в кинематическую схему были внесены изменения, что дало возможность изменять величину опережения гребнями скорость питающего цилиндра в диапазоне от 3% до 10% ( $\eta = 1,03 - 1,1$ ). На ленточной машине Л-1-П была увеличена разводка, что дало возможность перерабатывать ленту как из очеса, так и из чесаного льна.

Влияние времени выхода иглы гребня из ленты на дробление волокон оценивалось на основе штательного анализа получаемой ленты. Испытания проводились на льняной и оческовой ленте при различных вытяжках и коэффициентах опережения гребней. По полученным результатам были построены штательные диаграммы.

При переработке льняной ленты на машине ЛЧ-3-Л1 (рис. 2) с увеличением вытяжки повышается интенсивность дробления волокон.

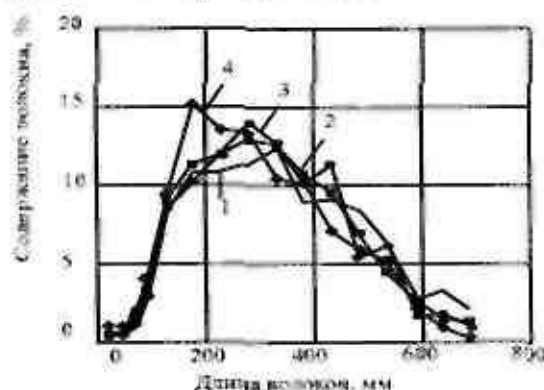


Рис. 2. Штательная диаграмма льняной ленты с машины ЛЧ-3-Л1.

1. Питающая лента 2. При  $E=8,2$  3. При  $E=10$  4. При  $E=11,7$

При переработке оческовой ленты (рис. 3) с увеличением вытяжки дробление волокон находится практически на одном уровне.

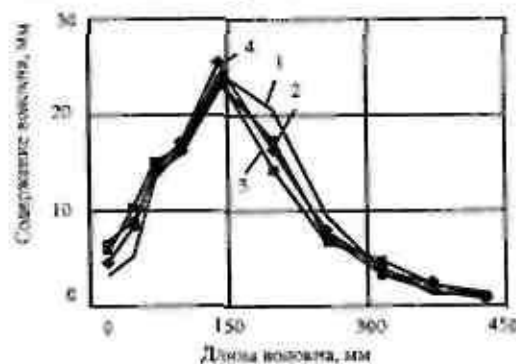


Рис. 3. Штательная диаграмма оческовой ленты с машины ЛЧ-3-Л1.

1. Питающая лента 2. При  $E=8,2$  3. При  $E=10$  4. При  $E=11,7$

При переработке льняной ленты на машине Л-1-П (рис. 4) с увеличением вытяжки также наблю-

дается некоторое увеличение интенсивности дробления волокон.

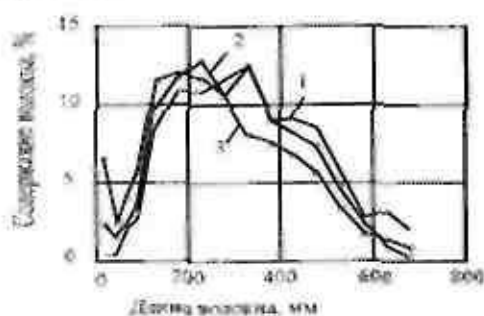


Рис.4. Штатсельная диаграмма льняной ленты с машины Л-1-П  
1. Питательная лента 2. При  $v=6,3$  3. При  $v=11,4$

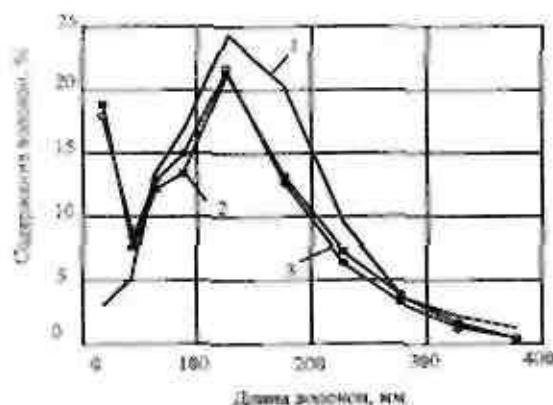


Рис.5. Штатсельная диаграмма оческовой ленты с машины Л-1-П  
1. Питательная лента 2. При  $v=6,3$  3. При  $v=11,4$



Рис.6. Момент выхода иглы из ленты

#### Литература

1. Справочник по прядению льна. — Москва: Гизлетпром, 1957.
2. Справочник. Прядение льна и химических волокон. — Москва: Лепромбытвиздэт, 1991.

S.A.Panasenko, V.B.Simonov

INFLUENCE OF RIBBON NEEDLE GOING ONT SPEED UPON FIBRE CRUSHING

УДК 677.052

## ВЛИЯНИЕ ТИПА ТОРМОЗКА ПОДВЕСКИ НА ВЕЛИЧИНУ НАТЯЖЕНИЯ РОВНИЦЫ ПРИ СМАТЫВАНИИ ЕЕ С КАТУШКИ В ПИТАЮЩЕЙ РАМКЕ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Б.А. Соркин, М.М. Бутовский

Экспериментально установлено, что использование тормозка подвески с постоянным тормозным моментом обеспечивает более стабильное натяжение ровницы в течение размотки всей катушки по сравнению с тормозком, тормозной момент в котором создается за счет трения тормозного рычага о поверхность катушки.

На современных прядильных машинах для хлопка и шерсти наиболее распространение получили питающие рамки, в которых ровница сматывается с катушек, подвешенных на подвесках с шариковыми опорами. Применение подвесок облегчает труд оператора, обслуживающего прядильные машины, т.к. дает возможность снимать пустую катушку и устанавливать катушку с ровницей одним движением одной руки. Кроме того, в прядильном производстве исключается необходимость иметь дополнительные съемные элементы в виде штифтов.

Вместе с тем при эксплуатации таких питающих рамок выявились и некоторые недостатки подвесок, один из которых является следствием одного из ее достоинств — малого момента трения в подшипниковом узле. Даже при незначительном рывке ровницы при ее сматывании катушка под действием инерции продолжает вращаться. При этом образуется провис ровницы и падение ее натяжения до нуля, а иногда и захлест уже смотанной ровницы на вращающуюся по инерции катушку с последующим обрывом ровницы.

В дальнейшем, после выбора провиса возникает скачок силы натяжения ровницы, т.к. ей приходится преодолевать момент трения покоя в подшипниковом узле и момент инерционных сил всех вращающихся в нормальном режиме размотки катушки деталей. Из-за конструктивных особенностей подшипникового узла большинства подвесок колебания натяжения вызывают раскачивание катушки с подвеской, что, в свою очередь, негативно сказывается на стабильности натяжения ровницы при сматывании с катушки.

Для стабилизации вращения подвески с катушкой используются различные методы. Наиболее распространенным является использование тормозков подвесок. На рис. 1 и 2 приведены общие виды двух вариантов тормозков.

На рис. 1 изображен тормозок подвески фирмы Schlämberger (Франция), тормозной момент в котором создается за счет прижима тормозного рычага к пластмассовому корпусу подвески, вращающемуся вместе с катушкой. Т.к. сила прижима тормозного рычага и радиус поверхности, к которой он прижимается, не изменяются в течение размотки катушки, то и тормозной момент, создаваемый этим тормозком,

остается неизменным. Назовем такой тормозок — с торможением на постоянном диаметре.



Рис. 1. Тормозок подвески с торможением на постоянном диаметре



Рис. 2. Тормозок подвески с торможением на переменном диаметре

На рис. 2 изображен тормозок, используемый с подвеской П-01 производства завода Тататекстильмаш. В этом тормозке тормозной момент создается за счет прижима тормозного рычага непосредственно к поверхности вращающейся катушки. В связи с изменением радиуса по мере размотки катушки тормозной момент, создаваемый тормозком такого типа, соответственно уменьшается. Назовем такой тормозок — с торможением на переменном диаметре.

В связи с тем, что ровница при разматывании катушки преодолевает, кроме момента трения, создаваемого тормозком, еще и момент трения в подшипниковом узле, зависящий от веса катушки с ровницей и меняющийся при сматывании ровницы, натяжение ее меняется по более сложному закону. Для анализа закона движения подвески с катушкой представляет интерес также иметь данные об изменении угловой скорости катушки в процессе разматывания ровницы и амплитуды колебания катушки с подвеской.

Эксперименты по определению указанных параметров проводились на специальной установке. Разматывались катушки с хлопковой ровницей линейной плотности 500 текс, намотанные на машине Р-192-5. Натяжение ровницы и измерение угловой скорости вращения катушки определялись по описанной схеме [1]. Амплитуда колебаний катушки определялась в двух взаимно перпендикулярных направлениях с по-

мощью оптоэлектронного датчика, фиксированного перемещением ближнего конца висюдей на подвеске катушки. Скорость разматывания ровницы составляла 0,5 м/мин, что соответствует скорости подачи ровницы в заднюю линию выжвального прибора при выработке пряжи линейной плотности 20 текс при частоте вращения веретена 16500 об/мин.

Чтобы на результатах исследования влияния на натяжение ровницы каждого из двух типов тормозов не сказывалась разница в моментах трения подшипниковых узлов подвесок, тормозные рычаги тормозов обоих типов последовательно крепились на одной подвеске фирмы Schlimberger.

Измерения с каждым из тормозов проводились при сматывании ровницы с трех диаметров катушки — 50,85 и 122 мм с трехкратной повторностью в течение двух полных оборотов катушки.

На рис. 3 приведен образец осциллограммы, на которой зафиксированы исследуемые параметры. На этой осциллограмме

- 1 — отметки угловой скорости вращения подвески с катушкой;
- 2 — нулевая линия отметчика перемещения катушки по оси Y;
- 3 — отклонение катушки по оси Y;
- 4 — нулевая линия отметчика перемещения катушки по оси X;
- 5 — отклонение катушки по оси X;
- 6 — сила натяжения ровницы;
- 7 — нулевая линия отметчика силы натяжения ровницы.



Рис. 3. Образец осциллограммы

Анализ осциллограмм показал, что все фиксируемые параметры взаимосвязаны. Каждому пиковому значению силы натяжения ровницы соответствует рост угловой скорости вращения катушки, а также некоторое отклонение траектории ее качания.

В результате обработки осциллограмм рассчитывалось среднее значение силы натяжения ровницы при сматывании с каждого названного выше диаметра катушки и коэффициент вариации изменения этой силы. Рассчитывался также коэффициент вариации угловой скорости вращения катушки.

На рис. 4, 5 и 6 приведены построенные по результатам обработки результатов экспериментов зависимости соответственно силы натяжения ровницы, коэффициента вариации этой силы и коэффициента вариации угловой скорости катушки от диаметра, с которого происходит сматывание ровницы. Кривые 1 относятся к экспериментам с тормозом, в котором осуществляется принцип торможения на переменном диаметре, а кривые 2 — при использовании тормоза с торможением на постоянном диаметре.

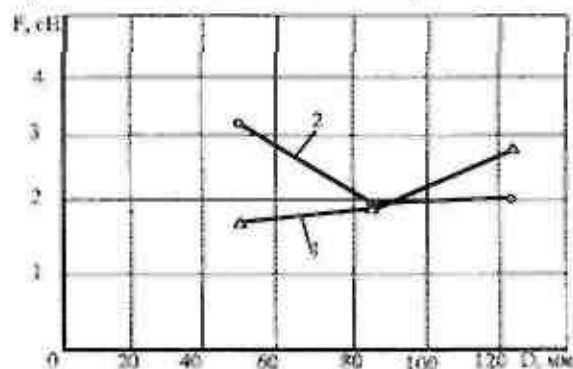


Рис. 4. Зависимость силы натяжения ровницы от диаметра сматывания

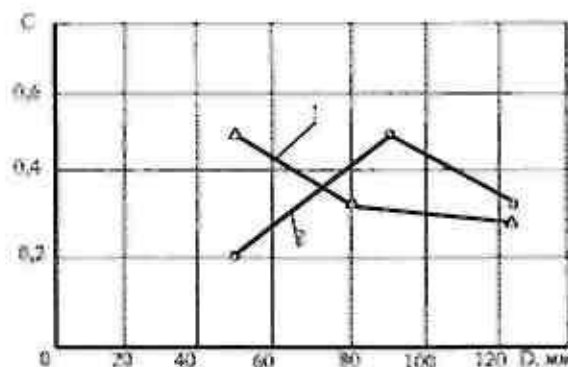


Рис. 5. Зависимость коэффициента вариации силы натяжения ровницы от диаметра сматывания

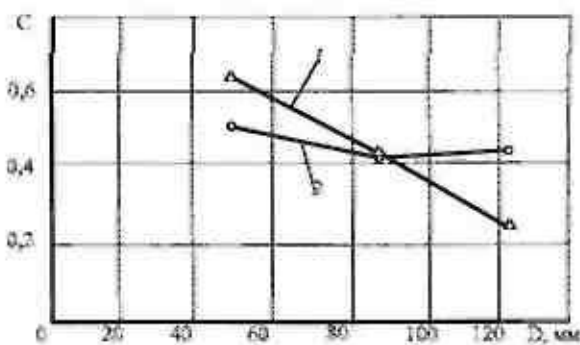


Рис. 6. Зависимость коэффициента вариации угловой скорости катушки от диаметра сматывания

Анализ кривых показывает, что влияние конструкции тормоза наиболее существенно проявляется при сматывании с малых диаметров катушки (до 85 мм), когда момент трения в опоре влещески из-за малого веса катушки с ровницей мал. При этом за счет несколько большего момента трения у тормоза с торможением на постоянном диаметре (о чем свидетельствует большее натяжение ровницы) вращение катушки осуществляется более стабильно — меньше коэффициенты вариации изменения угловой скорости вращения и изменения силы натяжения ровницы. Если учесть, что наиболее опасны, с точки зрения влияния на скрытую вытяжку ровницы, именно скачки натяжения (для среднем уровне сил натяжения ниже допустимого из условий появления скрытой вытяжки — 5,5 сН), то следует признать, что тормо-

зок с торможением на постоянном диаметре дает лучшие результаты. В то же время проведенные эксперименты показали, что имеется возможность повышения стабильности натяжения ровницы путем совершенствования тормоза такого типа.

#### ВЫВОДЫ:

1. Экспериментально установлена взаимосвязь силы натяжения ровницы при сматывании с катушки, вращающейся на подвеске в питающей рамке прицельной машины, с угловой скоростью вращения и колебанием катушки.
2. Тормозок подвески с торможением на постоянном диаметре обеспечивает более стабильное вращение катушки и меньше изменения силы натяжения ровницы в процессе ее сматывания с катушки.

#### Литература

1. Соркин В.А., Бутовский М.М. Экспериментальные исследования натяжения ровницы при сматывании ее в питающей рамке прицельной машины // Вестник КГТУ. — Кострома, 2002. — №5. — С 65—67.

V.A. Sorkin, M.M. Butovsky

#### INFLUENCE OF BRAKE BRACKET ON TENSION ROVING SIZE AT ITS TAKING-UP FROM BOBBIN IN SPINNING MACHINE NOURISHING FRAME

УДК 677.052:053.2

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФОРМИРОВАНИЯ БЕСКРУТОЧНОЙ РОВНИЦЫ, ПОЛУЧАЕМОЙ МОКРЫМ СПОСОБОМ

А.В. Ямицкий, П.Н. Гудовский, С.В. Палажкин

Костромской государственной технологической университет,  
Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина

В статье представлены результаты экспериментального исследования зависимости прочности бескруточной ровницы, получаемой мокрым способом, от частоты вращения выорка, положения выорка относительно выпускной пары и количества влаги, подаваемой в формирующее устройство. На основе полученных зависимостей даются рекомендации по выбору этих параметров при проектировании формирующего устройства.

При проектировании формирующего устройства для ровничной машины, реализующей мокрый бескруточный способ получения ровницы, актуальной является задача оптимизации технологических параметров ее формирования. На технологическом этапе со скоростью выпуска 60 м/мин, реализующем бескруточный способ [1], проводились эксперименты по оценке влияния технологических параметров на качество ровницы. Было выяснено, что основными параметрами, влияющими на качество вырабатываемой ровницы, являются: частота вращения выорка, положение выорка относительно выпускной пары, количество жидкости, подаваемой в формирующее устройство.

В качестве основного критерия оптимизации была принята прочность ровницы, которая оценивается максимальной нагрузкой, при которой волокна ровницы не скользят друг относительно друга, то есть предельной нагрузкой, при которой не возника-

ет скрытая вытяжка. Эта нагрузка принималась за разрывную.

Для регистрации этой нагрузки в процессе эксперимента использовалась диаграмма «усилие — деформация», получаемая при растяжении ровницы. Требуемую диаграмму получали на разрывной машине 2166 P-5, модернизированной для обеспечения визуального наблюдения результатов измерения и их записи на жесткий диск компьютера.

В ходе предварительных экспериментов варьировались образцы ровницы при фиксировании двух параметров (частота вращения выорка фиксировалась на уровне 5375 об/мин, водоводача — 0,15 л/мин, расстояние от выорка до выпускной пары — 50 мм) и варьировании одного технологического параметра. В качестве сырья использовался чесаный лен, номер 18. Затем проводились испытания полученных образцов на разрыв в 30-кратной повторности для каждого варианта. Зажимная длина

образца составляла 400 мм. После статистической обработки результатов измерения находили среднее значение разрывной нагрузки и дисперсию по этому параметру.

На первом этапе были получены зависимости прочности формируемой ровницы от частоты вращения выворка формирующего устройства для двух линейных плотностей ровницы 260 и 430 текс. На рис. 1 показаны результаты в графической форме.

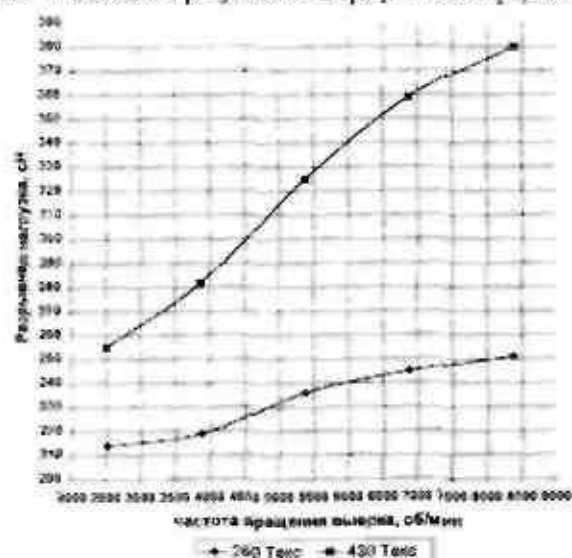


Рис. 1.

Как видно из графика, существует тенденция увеличения прочности ровницы при увеличении частоты вращения выворка. Эта тенденция прослеживается при различной линейной плотности ровницы. При частоте вращения выворка более 7000 об/мин темпы роста прочности уменьшаются, при такой частоте вращения выворка наблюдалась обвивка в целом некрученной ровницы концами волокон, находящихся на поверхности ровницы, это говорит о том, что ровница начала проскальзывать между губками выворка. Обвивка ровницы концами волокон отрицательно сказывается на ее качестве, т.к. при переработке такой ровницы на прядильной машине ухудшаются условия вытягивания.

По результатам следующего эксперимента определялось влияние количества подаваемой в формирующее устройство жидкости на прочность ровницы. На рис. 2 показаны результаты в виде графиков зависимости прочности ровницы от водоподачи, то есть количества воды, подаваемой в формирующее устройство.

Из графиков явно прослеживается тенденция увеличения прочности получаемой ровницы при увеличении подачи воды, что явно соответствует приведенным [2] теоретическим выкладкам. При водоподаче более 0,2 л/мин темпы роста прочности

замедляются, наблюдается сток лишней воды, не впитываемой ровницей.

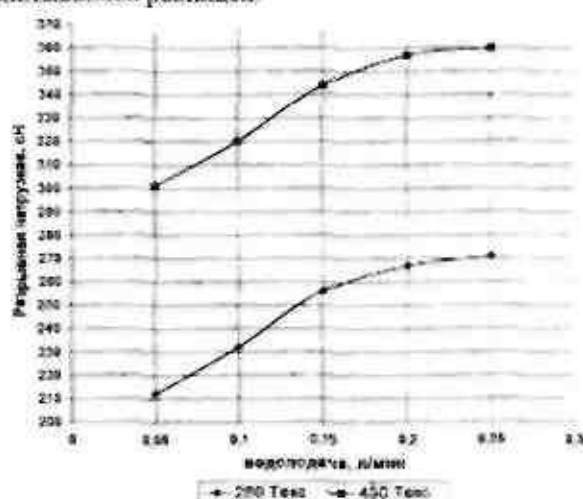


Рис. 2.

Аналогичным образом были получены графики зависимости прочности ровницы от положения выворка, представленные на рис. 3.

С помощью данного эксперимента удалось зафиксировать уменьшение прочности вырабатываемой ровницы с увеличением расстояния от выворка формирующего устройства до выпускной пары.

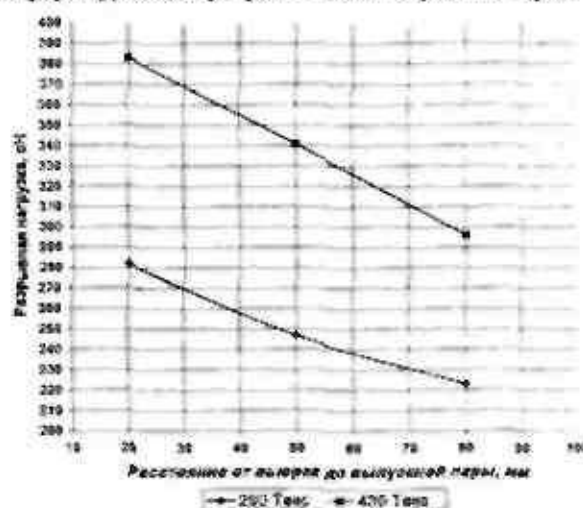


Рис. 3.

Предварительные эксперименты позволили выявить направление влияния каждого из факторов на прочность формируемой ровницы, а также обоснованно подойти к выбору интервалов варьирования факторов при планировании многофакторного эксперимента по выявлению регрессионной зависимости прочности ровницы от всех исследуемых факторов.

В таблице 1 приведены значения уровней факторов, принятых при проведении полного факторного эксперимента. Эксперимент проводился при



выработке ровницы с линейной плотностью 260 текс.

Таблица 1

Наименование и обозначение фактора	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
	-1	0	+1	
$n$ — частота вращения выорка, об/мин	3875	5375	6875	1500
$v$ — расход воды, л/мин	0,1	0,15	0,2	0,05
$l$ — расстояние от выорка до выпускной пары, мм	20	50	80	30

После обработки результатов полного факторного эксперимента [3] получено регрессионное уравнение:

$$P = 2495 + 7,3n + 5v - 18l - 0,8nv - 1,8vl - 2,5nl + 1,25nvl, \quad (2)$$

где  $P$  — разрывная нагрузка ровницы;  
 $n, v, l$  — кодированные значения факторов.

После проверки значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента при доверительной вероятности 0,95 оказалось, что значимыми являются только линейные коэффициенты регрессии, то есть:

$$P = 2495 + 7,3n + 5v - 18l. \quad (3)$$

Таким образом, функция прочности представляет собой монотонную прямую четырехмерного пространства. Соответственно, чтобы найти максимум прочности на каком-либо отрезке варьирования факторов, нужно рассматривать только крайние точки. Как видно из уравнения, наиболее значимым фактором является расстояние от выорка до выпускной пары. Чем меньше это расстояние, тем проч-

нее получаемая ровница, второй по значимости фактор — частота вращения выорка формирующего устройства, чем она больше, тем больше прочность ровницы. Наименьшее влияние на прочность получаемой ровницы имеет количество влаги, подаваемой в формирующее устройство, это можно объяснить тем, что интервал варьирования этого фактора был ограничен. Рекомендации по выбору значений исследуемых параметров должны учитывать не только результаты зависимости (3), но и конструктивно-технологические ограничения, возникающие при реализации исследуемого способа на практике. Так, из-за компоновочных ограничений нельзя довести до нуля расстояние от выорка формирующего устройства до выпускной пары. Водоподача также должна быть ограничена из-за того, что при ее больших значениях излишняя влага стекает с паков при их хранении, что ухудшает условия труда в цеху. При частоте вращения выорка более 5000 об/мин наблюдается проскальзывание продукта между губками выорка и обивка ровницы свободными концами волокон. При переработке такой ровницы на прядильной машине ухудшаются условия вытягивания.

Из вышесказанного можно высказать рекомендации для изготовления формирующего устройства, которое будет использоваться при изготовлении опытного образца ровничной машины:

1. Расстояние от выорка формирующего устройства до выпускной пары — 20 мм.
2. Частота вращения выорка — 5000 об/мин.
3. Количество подаваемой воды 0,1 л/мин.

Сформулированные рекомендации приняты в качестве исходных параметров при проектировании опытного образца ровничной машины на костромском заводе «Текмаш».

#### Литература

1. Ровница и способ ее получения / Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Соркин А.П. Пат. РФ № 2164567. МКИ 7 D 02 G 3/00, D 01 H 13/30.
2. Рудовский П.Н., Соркин А.П., Ямщиков А.В. Анализ прочности мокрой бескруточной ровницы // Льняной комплекс России. Проблемы и перспективы: Материалы международной научно-практической конференции 2 марта 2001 года. — Вологда, 2001.
3. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности). — М.: Легкая индустрия, 1974.

A.V.Yamshchikov, P.N.Rudovsky, S.V.Palochkin

TECHNOLOGIC PARAMETER OPTIMIZATION OF NONTWISTED WET-PRODUCED ROVE

УДК 677.054.838.25

### ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ ПРИ ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПЛАСТИНЧАТЫМИ ГАЛЕВАМИ

Н. В. Лустартов, Е. Ю. Старцева

На основании экспериментальных исследований на ДИП предложены наиболее подходящие виды пластинчатых галев с закрытыми ушками в зависимости от линейной плотности льняной основной пряжи.

В мировой практике в ткацком производстве широкое распространение получили пластинчатые галева различной конструкции как более технологичные в сравнении с проволочными. В рекламных проспектах фирмы Eggenhaaf Reutlingen [1] приводятся данные (табл. 1), которыми согласно стандартам, принятым в ФРГ, Франции, Швейцарии, Югославии и ряде других стран, рекомендуется руководствоваться при выборе типа пластинчатых галев в зависимости от вида и линейной плотности нитей. Рекомендации относительно других видов нитей, в частности льняной пряжи, ни в зарубежной информации, ни в отечественных ТУ или справочниках нет.

Таблица 1 [1]

#### Рекомендации для выбора пластинчатых галев

Размер, мм		Линейная плотность нитей, текс	
сечение нити	глазок	хлоп и вискозная нить	натур. шерсть и хим. нить
1,4 × 0,3	4,8 × 0,4	15	0,8
1,8 × 0,25	3,0 × 1,0	25	1,69—3,33
2,0 × 0,3	5,5 × 1,2	25—50	7,6
2,3 × 0,35	6,0 × 1,5	50—100	—
2,5 × 0,4	6,5 × 1,8	100—200	—

На отечественных предприятиях для переработки льняной основной пряжи 33 — 280 текс мокро и сухо способ прядения на ткацких станках, в основном, применяют проволочные галева, записи которых ещё сохранились, и постепенно переходят на пластинчатые.

В России выпускаются пластинчатые галева разных типоразмеров, и в том числе на Коостромском АОТ «Красная Майка» — три типоразмера галев с закрытыми ушками, различающихся махом, сечением пластины и размером глазка галева (табл. 2). Удобство замены проволочных галев на пластинчатые с закрытыми ушками заключается в том, что для них можно использовать тот же галевоноситель и ту же ремизную раму, что и для проволочных. Проведенный в производственных условиях ЗАО БКЛМ (г. Коострома) контроль обрывности основной льняной пряжи 46 текс (при установке проволочных и пластинчатых галев с закрытыми ушками в одном ремизном приборе) показал, что обрывность на тех и на других приблизительно одинакова.

При выборе типоразмера пластинчатого галева с закрытыми ушками, наиболее подходящего для основных нитей конкретной линейной плотности, появляются трудности, связанные с тем, что, во-первых, размер глазка галева зависит от сечения

пластины и, во-вторых, сечение пластины у галев разное. Следовательно, жесткость галева на изгиб и массы этих галев неодинаковы.

Для исследования процесса изнашивания льняной пряжи пластинчатыми галевами использована физическая модель ткацкого станка — прибор ДИП (динамический испытатель пряжи) [2] с галевами уменьшенного маха (121 мм). Одновременно на раму устанавливались по 3 типа галев с равным представительством в общем объеме 24 галева. Испытания пряжи на ДИП проводились при режиме (табл. 3), максимально приближенном к условиям работы нитей на ткацком станке при длительности, соответствующей полному циклу движения нитей во шпале заправки.

Таблица 2

#### Ассортимент пластинчатых галев с закрытыми ушками

Мах, мм	Сечение пластины, мм	Размер глазка, мм	Масса галева $\tau$ (мах = 280 мм)
285—335	2,0 × 0,3	5,5 × 1,2	1,78
260—335	2,3 × 0,35	6,0 × 1,5	1,76
260—335	2,6 × 0,4	6,5 × 1,8	3,19

На разрывной машине РМ-3 в соответствии с ГОСТ 6611.2-73 оценивались полуциловые характеристики льняной пряжи линейной плотности 33, 46 и 86 текс, не испытанной на ДИП и прошедшей испытания на приборе. Доверительный объем выборки нитей для проведения испытаний на ДИП и разрывной машине определен на основе предварительного эксперимента по заданной относительной ошибке среднего значения 10 % и составил 50 нитей.

Таблица 3

#### Условия проведения эксперимента

ПАРАМЕТРЫ	ЗНАЧЕНИЯ	
Число нитей в заправке	24	
Частота воздействий на пряжу, цикл / мин	280	
Общая длина нити в заправке, м	3,12	
Скорость вращения, мм / с	2,5	
Предварительная нагрузка на нить, сН	пряжа 33 текс	10
	пряжа 46 текс	20
	пряжа 86 текс	50
Высота приборной полочки, мм	2	

Результаты измерений обработаны методами математической статистики, и получены средние значения разрывной нагрузки —  $\bar{P}_p$  и разрывного удлинения —  $\bar{\epsilon}_p$ , средние квадратические отклоне-

ния по разрывной нагрузке и разрывному удлинению —  $\sigma_p$  и  $\sigma_\epsilon$ , коэффициенты вариации по разрывной нагрузке и разрывному удлинению —  $C_p$  и  $C_\epsilon$ .

По критерию Стьюдента  $t_p$  с учетом однородности дисперсий оценена существенность различия средних значений  $\bar{P}_p$  и  $\bar{I}_p$  для разных вариантов галеза. Полученные значения  $t_p$  для прочности (числитель) и удлинения (знаменатель), представленные в табл. 4, свидетельствуют о том, что различие средних значений разрывной нагрузки значимо для пряжи 46 текс в варианте 1; для пряжи 86 текс — в варианте 3, а по средним значениям разрывного удлинения — только для пряжи 86 текс в вариантах 2 и 3.

Таблица 4

Значения критерия Стьюдента\*

Но- мер вари- анта	Сравниваемые размеры галеза	Линейная плотность пряжи, текс		
		33	46	86
1	5,5x1,2 — 6,0x1,5	1,556	2,219	1,487
		0,724	1,287	0,6049
2	5,5x1,2 — 6,5x1,8	0,957	1,248	1,16
		1,179	0,1853	2,165
3	6,5x1,5 — 6,5x1,8	2,176	1,124	2,848
		0,55	1,192	2,781

\* Табличное значение критерия Стьюдента  $t_p$  ( $n=6,05$ ,  $T=98$ ) = 1,98

Следовательно, размер галеза пластинчатого галеза не оказывает существенного влияния на изменение средних значений полуцикловых характеристик льняной пряжи линейной плотности 33 текс, в отличие от пряжи линейных плотностей 46 и 86 текс.

Так как наибольшему разрушению в процессе истирания подвергаются нити с менее совершенной структурой, аналогичные средние характеристики определены еще для двух выборок (табл. 5). Первая представлена значениями, меньшими  $\bar{P}_p$  и  $\bar{I}_p$  — субсредние  $\bar{P}^*$ ,  $\bar{I}^*$ , вторая — 30-ю процентами слабых нитей —  $\bar{P}_{30}$  и  $\bar{I}_{30}$ .

Критерием оценки изменения свойств пряжи после взаимодействия ее с галезами принята потеря прочности и удлинения после испытаний на ДИП, значения которых для каждого размера галеза, линейной плотности и вида выборки определялись в процентах по формулам:

$$\Delta P_p = \frac{P_{p1} - P_{p2}}{P_{p1}} \times 100, \quad (1)$$

где  $P_{p1}$  и  $P_{p2}$  — средние значения разрывной нагрузки пряжи до и после испытаний на ДИП, сН;

$$\Delta I_p = \frac{I_{p1} - I_{p2}}{I_{p1}} \times 100, \quad (2)$$

где  $I_{p1}$  и  $I_{p2}$  — средние значения удлинения пряжи до и после испытаний на ДИП, мм.

Таблица 5

Изменение полуцикловых характеристик пряжи

Линейная плотность, текс	Параметры, %	Размеры галеза, мм			
		5,5x1,2	6,0x1,5	6,5x1,8	
33	$\Delta P_p$	7,93	2,42	3,77	
	$\Delta I_p$	17,68	15,15	15,57	
	$C_p$	26,41	23,48	25,28	
	$C_\epsilon$	23,13	18,48	21	
	$\Delta P^*$	13,45	10,08	10,41	
	$\Delta I^*$	13,1	18,32	20,98	
	$\Delta P_{30}$	17,78	17,28	23,31	
	$\Delta I_{30}$	21,28	19,89	32,65	
	46	$\Delta P_p$	17,26	25,72	21,33
		$\Delta I_p$	33,94	37,35	34,44
$C_p$		19,04	29,49	21,33	
$C_\epsilon$		31,95	24,32	19,1	
$\Delta P^*$		16,3	34,34	19,16	
$\Delta I^*$		31,18	37,47	37,51	
$\Delta P_{30}$		23,24	34,6	18,57	
$\Delta I_{30}$		35,42	46,18	32,88	
86		$\Delta P_p$	18,13	24,3	13,49
		$\Delta I_p$	21,67	23,43	15,78
	$C_p$	26,9	26,26	20,86	
	$C_\epsilon$	18,22	19,22	15,39	
	$\Delta P^*$	26,98	30,21	17,53	
	$\Delta I^*$	32,24	31	21,59	
	$\Delta P_{30}$	33,51	42,34	35,57	
	$\Delta I_{30}$	41,01	40,3	28,37	

Анализ таблицы 5 показал, что степень потери разрывного удлинения, а также изменение неравномерности  $C_p$  и  $C_\epsilon$  для пряжи линейной плотности 33 текс примерно одинаково. По субсредним характеристикам и по слабым нитям наименьшее ухудшения свойства этой пряжи наблюдаются в варианте галеза размером 6,0x1,5 мм.

Льняная пряжа линейной плотности 46 текс менее интенсивно истиралась галезами первого и третьего вариантов, а для пряжи 86 текс наиболее подходит галезо 6,5x1,8 мм.

#### Выводы

1. Льняная пряжа, проходя через пластинчатые галеза с закрытыми ушками, теряет от 2 до 26 % своей прочности и от 13 до 38 % разрывного удлинения в зависимости от размера галеза и линейной плотности пряжи.
2. На основании эксперимента предложены наиболее подходящие виды пластинчатых галез с закрытыми ушками в зависимости от линейной плотности используемой льняной основной пряжи.

## Литература

1. Egehaaf teutlingen. ФРГ. — Рекламный проспект.
2. Уткин Ю. М., Стушников А. Н., Шарфенов Д. П. Устройство для оценки технологических свойств основной пряжи комплексным показателем // Изв. вузов. Технологии текстильной промышленности. — 1976. — №5.

N.V.Lustgarten, E.Y.Startzeva

## LINEN YARN QUALITY CHANGE IN ITS INTERACTION WITH PLATED HEDDLES

УДК 677.021

## ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ВОЛОКНИСТОЙ ЛЕНТЫ НА ПРОЦЕСС ЗАХЛЕСТЫВАНИЯ

С.Н.Равиц

В устройстве для модификации льняного волокна в ленте [1] рабочий орган — бияло наносит удары по ленте, сформированной из короткого льняного волокна. Схема взаимодействия била с лентой показана на рисунке 1.

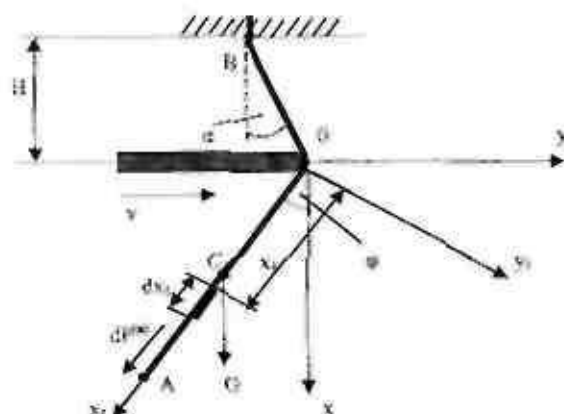


Рис.1. Схема взаимодействия ленты с билом

Здесь обозначено:  $\alpha$ ,  $\varphi$  — углы, характеризующие положение участков ВО и ОА ленты,  $H$  — расстояние от плоскости движения била до точки В — закрепления ленты,  $dP^{imp}$  — сила удара, действующая на элементарный участок ленты  $dx$ .

В результате многократных воздействий била на ленту технические волокна дробятся как в поперечном, так и продольном направлении. Длина получаемых модифицированных волокон зависит, прежде всего, от сил натяжения, возникающих в ленте в процессе ее взаимодействия с билом. В работе [2] получены уравнения, описывающие движение ленты в процессе ее взаимодействия с поступательно движущимся билом, и установлено, что на формирование сил натяжения процесс захлестывания оказывает большое влияние. Уравнения движения получены в предположении, что лента однородна, то есть масса единицы ее длины неизменна. В действительности в результате обработки от ленты

отделяются отдельные волокна и их комплексы, в результате чего линейная плотность ленты в различных ее сечениях неодинакова. Пусть профиль ленты имеет вид, показанный на рисунке 2. Введем ось симметрии  $\xi$ , начало которой находится в точке В.

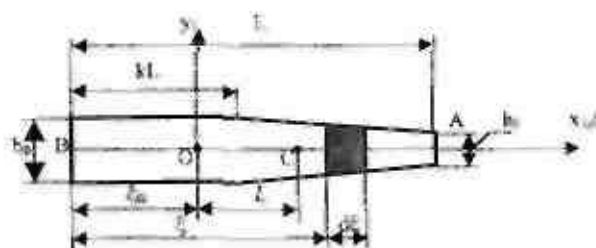


Рис.2. Сечение ленты

Здесь обозначено:  $b_0$ ,  $b_1$  — соответственно толщина ленты в сечении закрепления (т.В) и в конце ленты (т.А),  $L$  — длина обрабатываемой ленты,  $k$  — коэффициент, характеризующий длину участка ленты, однородного по линейной плотности,  $l_c$  — расстояние от центра масс захлестываемого участка ленты (т.С) до кромки била (т.О). Получим уравнение движения ленты в процессе захлестывания в этом случае. Задачу будем решать при следующих допущениях: захлестываемый участок ленты ОА при движении сохраняет прямоугольную форму, сопротивление воздуха отсутствует, жесткость ленты на изгиб равна нулю, бияло имеет нулевую толщину, скорость подачи ленты равна нулю.

Свяжем с билом подвижную систему отсчета  $oxyz$  и воспользуемся теоремой об изменении момента количества движения в проекции на ось  $z$ :

$$\frac{dL_z}{dt} = -mgl_c \sin \varphi,$$

где  $L_z$  — момент количества движения ленты относительно оси  $z$ .

$m$  — масса захлестываемого участка;

$g$  — ускорение свободного падения.

Учитывая, что  $L_z = J_z \cdot \ddot{\varphi}$ , получим:

$$\ddot{\varphi} + \frac{J_z}{J_2} \ddot{\varphi} + \frac{mgl}{J_2} \sin \varphi = 0. \quad (1)$$

Для решения уравнения (1) необходимо получить зависимость момента инерции  $J_2$  от времени. Момент инерции  $J_2 = J_{z1}$  может быть найден по формуле:

$$J_2 = J_{x1} + J_{y1}. \quad (2)$$

Поскольку толщина ленты  $h$  много меньше длины заклёстываемого участка, то  $J_{x1} \ll J_{y1}$ , и можно записать:  $J_2 \approx J_{y1}$ . Для определения  $J_{y1}$  выделим элементарный участок ленты длиной  $d\xi$ , тогда момент инерции этого участка относительно оси  $y_1$

$$dJ_{y1} = dm \cdot (\xi - \xi_0)^2. \quad (3)$$

Но

$$dm = \gamma_1 \cdot b \cdot d\xi \cdot \{y_1(\xi) - y_2(\xi)\}, \quad (4)$$

где  $\gamma_1$  — объёмная плотность ленты;

$b$  — ширина ленты;

$y_1(\xi), y_2(\xi)$  — функции, описывающие кривые, ограничивающие сечение ленты сверху и снизу.

Например, для рис. 2:

$$y_1(\xi) = \begin{cases} h_0, & 0 \leq \xi \leq kL; \\ h_0 - \frac{(h_0 - h_1)}{2(L - kL)} \cdot (\xi - kL), & kL \leq \xi \leq L. \end{cases}$$

$$y_2(\xi) = \begin{cases} 0, & 0 \leq \xi \leq kL; \\ \frac{(h_0 - h_1)}{2(L - kL)} \cdot (\xi - kL), & kL \leq \xi \leq L. \end{cases}$$

Подставляя (4) в (3), получим с учетом (2):

$$J_2 = \int_{\xi_0}^L \gamma_1 b (\xi - \xi_0)^2 (y_1(\xi) - y_2(\xi)) d\xi,$$

где  $\xi_0$  — координата сечения ленты, соответствующая точке соприкосновения ленты с билом.

Эта координата является функцией времени и для случая, когда лента на участке  $OB$  распрямлена, может быть найдена по формуле:

$$\xi_0 = BO = \sqrt{H^2 + v^2 t^2}.$$

Массу заклёстываемого участка  $OA$  и расстояние от центра масс этого участка до кромки била можно определить по формулам:

$$m = \int_{\xi_0}^L \gamma_1 b (y_1(\xi) - y_2(\xi)) d\xi;$$

$$I_c = \frac{\int_{\xi_0}^L (\xi - \xi_0) (y_1(\xi) - y_2(\xi)) d\xi}{\int_{\xi_0}^L (y_1(\xi) - y_2(\xi)) d\xi}.$$

Численное решение уравнения (1) позволяет найти закон изменения угла поворота  $\varphi$  в зависимости от времени, зная который можно определить общее натяжение ленты в сечении  $se$  набегания на кромку била:

$$T = T_1 + T_2 = m (I_c \cdot \ddot{\varphi}^2 - \dot{I}_c).$$

Здесь первое слагаемое соответствует центростремительной силе инерции, возникающей из-за вращения ленты вокруг кромки била, а второе соответствует силе инерции, возникающей из-за ускоренного скольжения ленты по кромке била. Задача решалась при следующих данных:

$$L = 0.04 \text{ м}, H = 0.02 \text{ м}, v = 70 \text{ м/с}, k = 0;$$

$$\gamma_1 = 133 \text{ кг/м}^3; b = 0.035 \text{ м}; h_0 = 0.003 \text{ м}; h_1 = 0 \text{ м}.$$

Вклад каждого из слагаемых в силу натяжения можно наблюдать на рис. 3.

T, Н

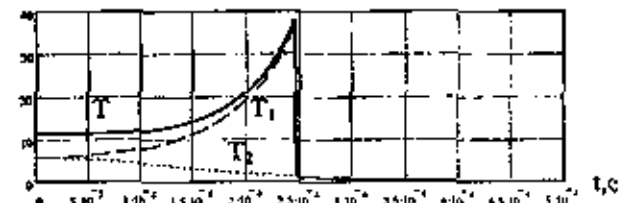


Рис. 3. График силы натяжения неоднородной ленты ( $h_1=0$ )

Тот же график для случая однородной ленты ( $h_1 = 0.003 \text{ м}$ ) будет иметь вид, показанный на рис. 4.

T, Н

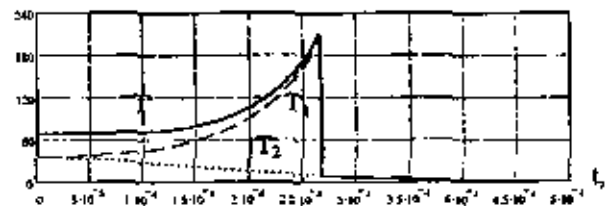


Рис. 4. График силы натяжения однородной ленты ( $h_1=0.003 \text{ м}$ )

Анализ приведенных графиков позволяет сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

1. Неоднородность ленты по линейной плотности влияет на ее натяжение в сечении набегания. При этом отношение натяжения однородной ленты к натяжению ленты, толщина которой в концевом сечении равна нулю, а линейная плотность умень-

шается пропорционально расстоянию от сечения закрепления, равно примерно пяти.

2. Вклад в силу натяжения от процесса захлестывания ленты за кромку била намного превышает вклад от проскальзывания ленты по кромке била, и в момент, когда натяжение ленты становится максимальным, отношение второго к первому составляет для однородной ленты — 4%, а для неоднородной — 3%.

#### Литература

1. Устройство для штапелирования льняного волокна в ленте /Разин С.Н., Пашин Е.Л.: Патент на изобретение №2178022 по заявке №2001100970 от 09.01.2001, опублик. 10.01.2001. — Бюл. № 1.
2. Разин С.Н., Пашин Е.Л. Влияние движения свободного участка волокна на натяжение при его взаимодействии с поступательно движущимся билем: Тезисы докладов международной научной конференции. — Кострома: КГТУ, 2000.

S.N.Razin

#### INFLUENCE OF FIBROUS TAPE HETEROGENEITY IN SWAMP PROCESS

УДК 677.022.48

#### ПОЛУЧЕНИЕ БЕСКРУТОЧНОЙ ПРЯЖИ ДВУХВЬЮРКОВЫМ СПОСОБОМ

Л.С.Ильин, С.Е.Проталинский

Рассматриваются экспериментальные исследования двухвьюркового способа получения льняной бескруточной пряжи мокрым способом на стенде бескруточной прядильной машины.

Важнейшим параметром, влияющим на прочность бескруточной пряжи, является интенсивность скручивания выпрядаемой мычки. Ранее проведенные исследования [1] показали, что льняная бескруточная пряжа мокрого прядения при упрочнении ее одним пневмовьюрком имеет низкую прочность.

Для повышения прочности бескруточной пряжи и ее потребительских свойств была разработана технологическая схема кручения мычки двумя вьюрками и изготовлен прядильный стенд для проведения исследований.

Опыты проводились для определения рациональных параметров:

- расположение вьюрков относительно вытяжного прибора и узла наматывания;
- уровень давления воздуха в вьюрках;
- направление движения воздушного потока в каждом вьюрке.

Местоположение вьюрков исследовалось по схеме, представленной на рис.1. Исходя из предыдущих исследований, верхний (ближний к вытяжной паре) вьюрок был закреплен на расстоянии 50 мм от линии центров вытяжного цилиндра и валика и не смещался. Давление воздуха не менялось и было на уровне 0,25 МПа. Нагон при исследованиях был постоянно 16%. Вырабатывалась чистольняная пряжа линейной плотностью 46 текс.

Результаты опытов показаны на рис.2. Анализ показывает, что наибольшая прочность пряжи получена при расстоянии между вьюрками  $A=200-225$  мм.

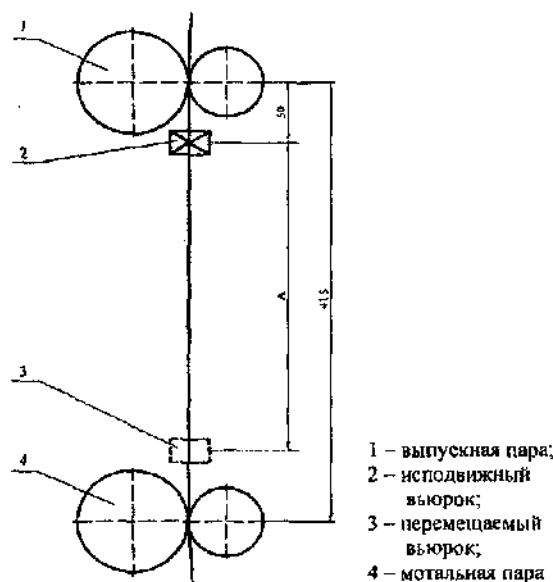


Рис. 1. Схема расположения вьюрков

Во всех исследуемых зонах прочность пряжи при разном направлении вращения воздуха во вьюрках выше, чем при одинаковом направлении кручения. При одностороннем направлении вращения во вьюрках возникает многоволновый баллон (до четырех волн), что указывает на нарушение процесса кручения нити. Эффективность вьюрков с разным направлением вращения воздуха предположительно можн

объяснить получением крутки нитью после прохождения верхнего вьюрка, т.к. направление вращения этого участка нити совпадает с направлением вращения воздуха в нижнем вьюрке. Приближение второго вьюрка к мотальной паре позволяет сократить зону раскручивания, и на паковку наматывается пряжа с большей остаточной круткой. Таким образом, разное вьюрков позволяет верхнему вьюрку упрочнять мычку в зоне формирования пряжи (вытяжная пара — вьюрок), а нижнему, благодаря максимальному приближению к узлу наматывания, сохранять остаточную крутку. После высыхания пряжи крутка за счет пектина фиксируется и упрочняет пряжу.

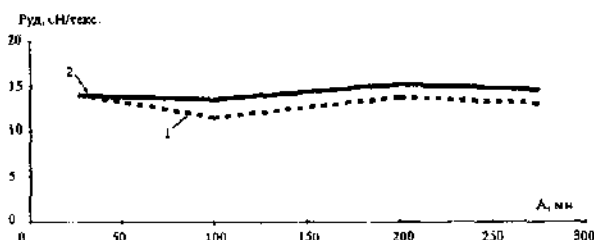


Рис. 2. Изменение прочности бескруточной пряжи в зависимости от расстояния между вьюрками

1 — направление вращения воздуха во вьюрках в одну сторону;  
2 — направление вращения воздуха в разные стороны.

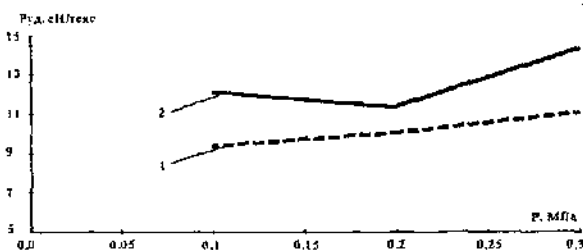


Рис. 3. Влияние изменения давления воздуха во вьюрках на прочность бескруточной пряжи

при различном направлении движения воздуха  
1 —  $A=225$  мм, направление вращения воздуха во вьюрках в одну сторону;  
2 —  $A=225$  мм, направление вращения воздуха в разные стороны.

Надо отметить, что приближение второго вьюрка к паковке стало возможным благодаря изменению схемы наматывания, а именно, осуществлению раскладки нити на бобину за счет возвратно-поступательного движения мотального вала при неподвижном нитенаправителе.

В опытах при исследовании влияния давления воздуха на прочность пряжи изменялось также направление вращений воздуха во вьюрках. Место-

положение вьюрков оставалось постоянным при  $A=225$  мм. Результаты представлены на рис. 3.

Графики показывают, что наибольшая прочность достигается при давлении воздуха  $P=0,3$  МПа при разном направлении воздушного потока во вьюрках. Этот результат подтверждает вывод [1] о влиянии давления воздуха на прочность бескруточной пряжи, сделанный в исследованиях одновьюрковой схемы кручения. С ростом давления прочность нити увеличивается до определенного предела. Этот предел связан с натяжением нити, когда его значение становится так велико, что дальнейшее увеличение давления воздуха во вьюрках не приводит к увеличению крутки, крутящий момент воздуха не может уже преодолеть момент сопротивления кручению натянутой нити, т.е. крутящие возможности вьюрка исчерпываются.

Следует отметить один важный результат последнего опыта. Установлено, что даже при минимальных давлениях воздуха (0,1 МПа) пряжа с двумя вьюрками получается прочнее, чем с одним вьюрком, работающим с максимальным давлением. Этот факт позволяет говорить о целесообразности использования двух вьюрков при низком давлении воздуха практически без увеличения затрат на сжатый воздух по сравнению с одновьюрковым прядением.

Анализ показывает, что лучшие результаты получены при расстоянии между вьюрками 200—225 мм. Сближение вьюрков снижает эффективность совместного их действия в связи с тем, что происходит некоторое холостое прокручивание воздуха вокруг чрезвычайно натянутой нити в этой зоне. Возникает явление, аналогичное тому, когда повышение давления во вьюрке больше трех атмосфер не дает существенного повышения крутки в связи с выравниванием момента кручения вьюрка и момента сопротивления кручению нити.

#### ВЫВОДЫ

1. Получение пряжи с двумя вьюрками увеличивает удельную прочность пряжи до 40%.
2. В результате исследований формирования бескруточной пряжи с двумя вьюрками установлены следующие рациональные параметры:
  - расстояние верхнего вьюрка до вытяжной пары — 50 мм;
  - расстояние между вьюрками — 200—225 мм;
  - давление во вьюрках  $P=0,1—0,2$  МПа.;
  - направление вращения воздушного потока во вьюрках — разное.

#### Литература

1. Ильин Л.С., Проталинский С.Е., Постникова С.А., Васильев В.В. Улучшение свойства льняной бескруточной пряжи мокрого способа прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1998. — №6. — С.34—36.

L.S.Ilyin, S.E.Protalyensky  
UNROLLED JARN OBTAINING WITH BISCROLLED METHOD

УДК 677.051.256.004

### АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ СЛОЯ ЛУБЯНОГО ВОЛОКНА ПРИ ТРЕПАНИИ КАК ФУНКЦИЯ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ\*

Н.И.Коваленко

В статье рассматривается влияние вынужденных колебаний транспортной балки трепальной машины на усилие зажима слоя волокна и предлагаются аналитические зависимости для их расчета.

Слой лубяного волокна в трепальной машине подвергается обескостриванию под действием бил барабанов. Кроме того, слой перемещается вдоль оси этих барабанов благодаря зажимному транспортирующему механизму, скользящему по транспортной балке. Зажимной транспортирующий механизм должен обеспечить надежную фиксацию слоя, исключая его выдергивание от действия бил трепальных барабанов, воздействие которых вызывает в слое значительные силы натяжения. В настоящее время вопрос работы зажимного транспортирующего механизма изучен недостаточно и требует дальнейшего рассмотрения. Надежная фиксация слоя в транспортирующих ремнях зависит от многих факторов, один из которых мы впервые пытаемся проработать, а именно, влияние вынужденных колебаний транспортной балки на усилие зажима слоя волокна.

Для решения поставленной задачи используем дифференциальное уравнение колебаний балки [1]. Представим транспортную балку как балку, зашпеленную с обеих сторон (рис.1) и находящуюся под действием распределенной нагрузки  $q(x, t)$ , отражающей закон изменения натяжения слоя, зажатого в транспортирующих ремнях. Натяжение зависит от местонахождения слоя по длине транспортной балки и времени единичного воздействия била.

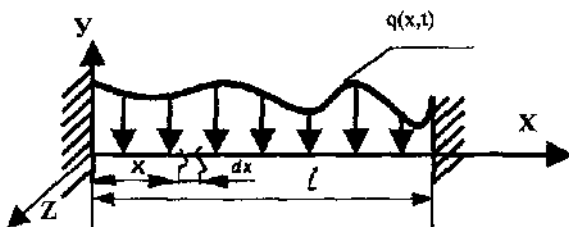


Рис. 1. Схема нагружения транспортной балки

Выделим бесконечно малый элемент балки и покажем все действующие на него силы (рис.2):

$T(x, t)$  — продольная сила,

$N(x, t)$  — поперечная сила,

$\theta(x, t)$  — угол поворота сечения от действия силы натяжения.

Составляя уравнение плоского движения элемента балки и пренебрегая величинами выше

второго порядка малости, после определенных преобразований можно получить известное уравнение вынужденных колебаний балки:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + b^2 \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = f(x, t), \quad (1)$$

$$\text{где } b^2 = \frac{EI_z}{\gamma}; \quad f(x, t) = -\frac{q(x, t)}{\gamma},$$

здесь  $\gamma$  — линейная плотность материала балки,  $E$  — модуль упругости,

$I_z$  — момент инерции сечения балки относительно оси  $Z$ .

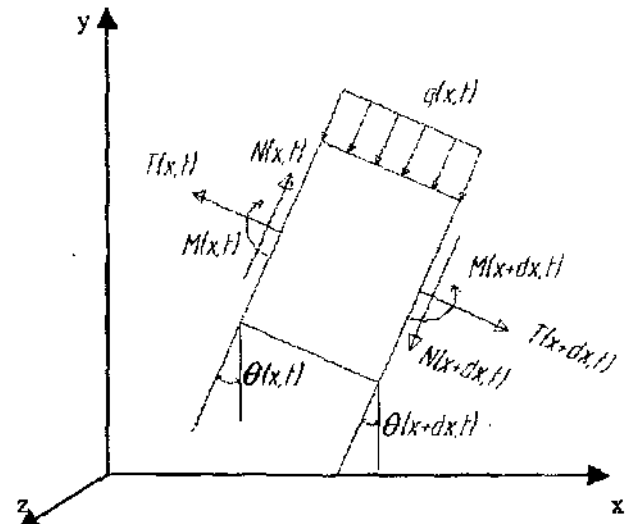


Рис.2. Элемент балки с действующими на него силами

Метод решения уравнения (1) предполагает представление функции  $f(x, t)$  в виде суммы произведений функций, зависящих от координаты  $x$  и от времени  $t$ , т.е.  $f(x, t) = \sum f_1(x) f_2(t)$ . Для упрощения решения задачи нами предлагается представить функцию  $f(x, t)$  в виде произведения двух функций:

$$f(x, t) = f_1(x) f_2(t). \quad (2)$$

Полученная в результате эксперимента зависимость  $f(x, t)$  представлена в виде таблицы 1.

В начальный момент времени  $t=0$  значение силы натяжения слоя  $T$ , зажатого в ремнях, в зависимости от координаты  $x$  представлено на рис.3. Величина  $x$  изменяется в пределах от 0 до  $l=2,7$  м. За-

\* Работа выполнена под руководством к.т.н. доц. Разина С.Н.



висимость  $f(x,0)$  аппроксимировали квадратным трехчленом вида  $f(x,0) = ax^2 + bx + c$ .

Таблица 1

t \ x	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
0	6	3.5	2	1,05	0.75	0.65
0.6	4	2.39	1.35	0.75	0.7	0.6
1.2	3	1.73	0.9	0.5	0.4	0.35
1.8	2.25	1.25	0.75	0.4	0.35	0.3
2.4	2	1.15	0.65	0.35	0.25	0.25
2.7	2	1.15	0.65	0.35	0.25	0.2

В математическом пакете Mathcad методом наименьших квадратов получены значения коэффициентов:  $a=5.921$ ;  $b=-3.333$ ;  $c=0.703$ . График функции  $f(x,0)$ , полученной аналитически, представлен на рис.3.

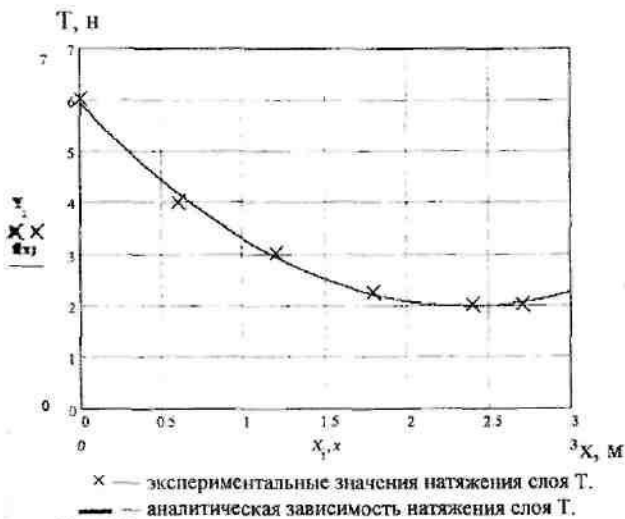


Рис.3. Экспериментальная и аналитическая зависимости натяжения слоя при  $t=0$

Подобный расчет был проведен для функции  $f(0,t)$ , график которой представлен на рис.4. При этом аппроксимирующая кривая представлена квадратным трехчленом вида  $f(0,t) = a_1t^2 + b_1t + c_1$ . Величина  $t$  изменяется в интервале от 0 до 0,1 секунды. В результате расчетов были получены коэффициенты:  $a_1=5.9$ ;  $b_1=-127.321$ ;  $c_1=758.929$ .

Для того, чтобы получить функцию  $f(x, t)$ , положим  $f_1(x)$  в формуле (2) равной  $f(x,0)$ , а  $f_2(t)$  равной  $f(0,t)$ . Тогда, для того чтобы значения функции  $f(x, t)$  в начале координат совпадало с ее значением, полученным в результате эксперимента, необходимо разделить произведение  $f(x,0) f(0,t)$  на  $f(0,0)$ , то есть:

$$f(x,t) = \frac{f(x,0) * f(0,t)}{f(0,0)} \quad (3)$$

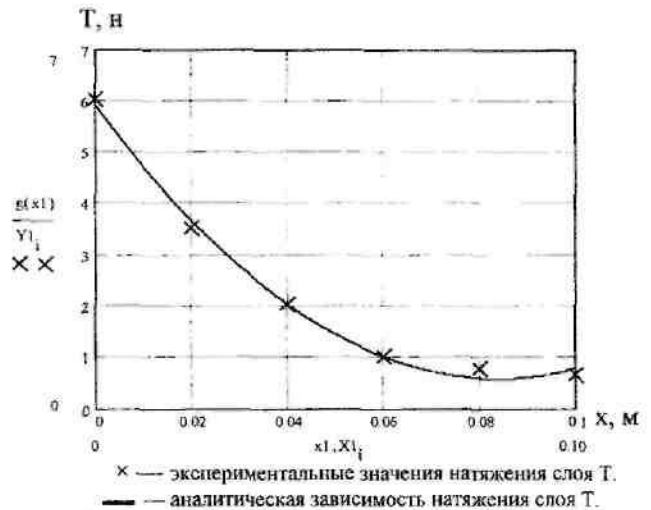


Рис.4. Экспериментальная и аналитическая зависимости натяжения слоя при  $x=0$

Результаты расчетов значений функции  $f(x,t)$  по формуле (3) представлены в таблице 2. Сравнивая экспериментальные значения натяжения слоя лубяного волокна  $T$  с полученными аналитически, можно заметить, что данная функция достаточно хорошо описывает закон изменения натяжения в зависимости от  $x$  и  $t$ . При этом максимальное отклонение составляет в среднем не более 5 %.

Таблица 2

t \ x	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
0	5.9	3.65	2.02	0.99	0.57	0.75
0.6	4.16	2.58	1.42	0.7	0.5	0.4
1.2	2.92	1.82	1.00	0.49	0.38	0.28
1.8	2.19	1.36	0.75	0.37	0.28	0.21
2.4	1.96	1.26	0.69	0.34	0.26	0.19
2.7	2.04	1.21	0.67	0.33	0.25	0.19

**ВЫВОДЫ:**

1. Получена аналитическая зависимость силы натяжения слоя лубяного волокна, действующей на балку транспортирующего механизма трепальной машины, от местонахождения слоя лубяного волокна и времени единичного воздействия била трепального барабана.
2. Данное представление функции позволит решить задачу о вынужденных колебаниях балки зажимного транспортирующего механизма.

**Литература**

1. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. — М.: Наука, 1967.

N.I.Kovalenko  
ANALYTICAL DEPENDENCE OF FIBRE LAYER TENSION STRENGTH  
IN SCNTCHING AS TWO CHANGEABILITY FUNCTION

УДК 677.021

### МОДЕЛЬ ДРОБЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Р.В. Корабельников, А.Р. Корабельников, Д.А. Лебедев

В работе приведена методика разработки полуэмпирической модели дробления льняных комплексов при механической обработке в зависимости от изменяющейся нагрузки на межволоконные связи и количества этих воздействий.

В процессе переработки льна он испытывает многочисленные многообразные механические воздействия (мять, трепание, чесание, вытягивание и др.). Целью этих воздействий является отделить волокно от костры и раздробить комплексы на элементарные волокна, пригодные для дальнейшей переработки.

Весьма актуальным является создание моделей, позволяющих прогнозировать степень дробленности льняных комплексов в зависимости от вида механической обработки, ее интенсивности и длительности. В основу разрабатываемой методики нами положены элементы механики разрушения [1], [2] поскольку дробление комплексов — это, прежде всего отслоение одной части волокна от другой путем преодоления — разрушения связей между ними. При механических воздействиях на исходный комплекс волокон происходит появление и рост трещин в материале, связывающем эти волокна, — лигнине. Накопление повреждений — трещин в межволоконном пространстве льняных комплексов можно описать при помощи теоретико-экспериментальных моделей, связывающих скорость роста трещин с основными параметрами механического воздействия (скоростью, давлением (напряжением) и др.). Эти модели хорошо себя проявляют при решении практических задач и могут быть построены на небольших объемах опытных данных [1].

В основе механики разрушения лежит задача Гриффитса о трещине отрыва в однородной среде в условиях плоской деформации. Сущность задачи заключается в том, что трещина длиной  $2l$  в материале представляется в виде разреза (рис. 1), причем делается допущение, что среда сплошная и линейно-упругая с модулем упругости  $E$  и коэффициентом Пуассона  $\nu$ .

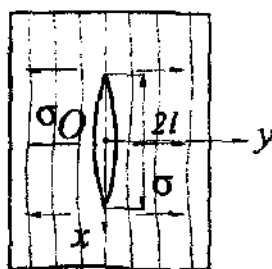


Рис. 1.

На эту трещину действуют напряжения  $\sigma$ , нормальные к плоскости трещины [1]. Напряжения  $\sigma$  могут возникать в материале под действием механических воздействий, и величина их может быть определена в каждом конкретном случае в зависимости от вида взаимодействия, конструкции рабочего органа. Если напряжения в материале  $\sigma$  достигают критического значения  $\sigma_k$ , трещина растет. Величина критического напряжения может быть определена из выражения

где  $\gamma$  — работа разрушения, отнесенная к единице площади вновь образованной трещины.

$$\sigma_k = \left[ \frac{\gamma E}{\pi l (1 - \nu^2)} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

Иногда для решения практических задач, связанных с разрушением и ростом трещины, применяют понятие коэффициента интенсивности напряжения [1]. В задаче Гриффитса он равен

$$k = \sigma(\pi l)^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

а критическое значение коэффициент  $k$  достигает при

$$k_k = \left( \frac{\gamma E}{1 - \nu^2} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

Причем, вместо  $\gamma$  можно применить понятие интенсивности высвобождения энергии при росте трещины  $G$ , имеющей размерность силы (размер трещины в направлении оси  $oz$  принимается равным единице). Эта сила, продвигающая трещину, может быть найдена из выражения

$$G = \frac{\pi \sigma l (1 - \nu^2)}{E}. \quad (4)$$

Для трещины отрыва (рис. 1.) можно записать:

$$G = \frac{k^2 (1 - \nu^2)}{E}, \quad (5)$$

$$G_k = \gamma. \quad (6)$$

В дальнейшем при решении нашей задачи для характеристики, определяющей степень роста тре-

шины, примем  $k$  — коэффициент интенсивности напряжений.

В рассматриваемой нами задаче по дроблению льняных комплексов процесс механического воздействия будем рассматривать как циклический. Напряжения в комплексе за цикл будут меняться от минимального ( $\sigma_{\min}$ ) до максимального ( $\sigma_{\max}$ ). За каждый цикл нагружения размер трещины растёт на величину  $\Delta l$  и зависит от  $l$  и  $\sigma$ .

Кинетическое уравнение роста трещины при механических воздействиях имеет вид [1]:

$$\frac{dl}{dn} = f(k_{\max}, k_{\min}). \quad (7)$$

Трещина, развивающаяся в межволоконном объеме комплексов, может достигать своих предельных значений  $l_k$  — критической длины, при которой происходит отслоение волокон.

Правую часть кинетического уравнения (7) выберем в виде зависимости, предложенной Пэри-сом и Эрдаганом [1]:

$$\frac{dl}{dn} = A(\Delta k)^m, \quad (8)$$

где  $A$  и  $m$  — эмпирические коэффициенты, учитывающие особенности материала, изменение интенсивности напряжений при росте трещины.

Так как нас интересуют отслоения как отдельных волокон, так и частей комплексов, которые могут происходить только при развитии трещин до предельных значений, то по аналогии с (2) примем выражение для коэффициента интенсивности в следующем виде:

$$k_1 = \sigma(\pi D)^{\frac{1}{2}}. \quad (9)$$

В выражении (9) под  $D$  будем понимать дробленность льняного комплекса, представляющего собой какую-то суммарную длину возникших в комплексе трещин, разделенных на среднюю величину  $l_k$ :

$$D = \frac{\sum l_i}{l_k}. \quad (10)$$

Тогда кинетическое уравнение (8) для дробленности комплексов можно записать:

$$\frac{dD}{dn} = A_1(\Delta k_1)^m, \quad (11)$$

где  $\Delta k_1 = k_{1\max} - k_{1\min}$ ;  $n$  — число воздействий на материал. (12)

Тогда с учетом (9) будем иметь

$$\Delta k_1 = (\pi D)^{\frac{1}{2}}(\sigma_{\max} - \sigma_{\min}). \quad (13)$$

Далее будем рассматривать случай, когда  $\sigma_{\min} = 0$ . При этом будем иметь

$$\Delta k_1 = (\pi D)^{\frac{1}{2}}\sigma_{\max}. \quad (14)$$

С учетом (14) уравнение (11) примет вид:

$$\frac{dD}{dn} = A_1\sigma_{\max}^m \pi^{\frac{1}{2}m} D^{\frac{1}{2}m}. \quad (15)$$

Преобразуем (15):

$$\frac{dD}{D^{\frac{1}{2}m}} = A_1\sigma_{\max}^m \pi^{\frac{1}{2}m} dn. \quad (16)$$

Интегрируя (16), получим:

$$\frac{2D^{\frac{2-m}{2}}}{2-m} = A_1 \left( \pi^{\frac{1}{2}} \sigma_{\max} \right)^m n + C, \quad (17)$$

где  $C$  — произвольная постоянная интегрирования, которую найдем из начальных условий.

При  $n=0$   $D=D_0$ ,

где  $D_0$  — начальная дробленность, и тогда

$$C = \frac{2D_0^{\frac{2-m}{2}}}{2-m}. \quad (18)$$

Уравнение (17) будет:

$$\frac{2D^{\frac{2-m}{2}}}{2-m} = \frac{2D_0^{\frac{2-m}{2}}}{2-m} + A_1 \left( \pi^{\frac{1}{2}} \sigma_{\max} \right)^m n \quad (19)$$

или

$$D = \sqrt{\frac{2-m}{2} \left[ D_0^{\frac{2-m}{2}} + \frac{(2-m)A_1 \left( \pi^{\frac{1}{2}} \sigma_{\max} \right)^m n}{2} \right]}. \quad (20)$$

Для того, чтобы можно было пользоваться уравнением (20) для прогнозирования дробленности волокнистых компонентов, в каждом конкретном случае на основе экспериментальных данных следует определить значения эмпирических коэффициентов  $A_1$  и  $m$ .

При постоянных и известных значениях (считаем их заданными из условий ответа)  $D_0$ ,  $\sigma_{\max}$  для нескольких наборов значений  $n$  и  $D$ , взятых из экспериментальных данных, составим систему уравнений

с двумя неизвестными  $m$  и  $A_1$ . Например, для 3<sup>х</sup> парных значений  $n_1, n_2, n_3$  и соответствующих им  $D_1, D_2$  и  $D_3$ . Для упрощения будем также считать, что начальной дробленности не было, т.е.  $D_0=0$ .

Тогда

$$\frac{2D_1^{\frac{2-m}{2}}}{2-m} = A_1 \left( \pi^{\frac{1}{2}} \sigma_{\max} \right)^m n_1, \quad (21)$$

$$\frac{2D_2^{\frac{2-m}{2}}}{2-m} = A_1 \left( \pi^{\frac{1}{2}} \sigma_{\max} \right)^m n_2, \quad (22)$$

$$\frac{2D_3^{\frac{2-m}{2}}}{2-m} = A_1 \left( \pi^{\frac{1}{2}} \sigma_{\max} \right)^m n_3. \quad (23)$$

Разделим (22) на (21) и (23) на (21) и (22), получим:

$$\left( \frac{D_2}{D_1} \right)^{\frac{2-m}{2}} = \frac{n_2}{n_1}, \quad (24)$$

$$\left( \frac{D_3}{D_1} \right)^{\frac{2-m}{2}} = \frac{n_3}{n_1}, \quad (25)$$

$$\left( \frac{D_3}{D_2} \right)^{\frac{2-m}{2}} = \frac{n_3}{n_2} \quad (26)$$

или

$$\begin{cases} \frac{2-m}{2} \ln \left( \frac{D_2}{D_1} \right) = \ln \left( \frac{n_2}{n_1} \right); \\ \frac{2-m}{2} \ln \left( \frac{D_3}{D_1} \right) = \ln \left( \frac{n_3}{n_1} \right); \\ \frac{2-m}{2} \ln \left( \frac{D_3}{D_2} \right) = \ln \left( \frac{n_3}{n_2} \right). \end{cases} \quad (27)$$

Из (27) можно определить коэффициент  $m$ :

$$m = 2 \left( 1 - \frac{\ln \left( \frac{n_2}{n_1} \right)}{\ln \left( \frac{D_2}{D_1} \right)} \right). \quad (28)$$

Найдя  $m$  из каждого уравнения (27), следует взять их среднеарифметическое значение.

Найдя  $m$ , из уравнений (21), (22) и (23) по аналогичной методике определяется и  $A_1$ , например

$$A_1 = \frac{2D_1^{\frac{2-m}{2}}}{(2-m) \left( \pi^{\frac{1}{2}} \sigma_{\max} \right)^m n_1}. \quad (29)$$

Определив эмпирические значения  $A_1$  и  $m$ , из уравнения (20) легко найти текущую дробленность льняного волокна в зависимости от числа механических воздействий.

Иногда важно знать, скольким механическим воздействиям надо подвергнуть материал, чтобы получить заданную дробленность, т.е. надо знать время той или иной обработки. В этом случае из (19) можно найти

$$n = \frac{2 \left( D^{\frac{2-m}{2}} - D_0^{\frac{2-m}{2}} \right)}{A_1 \left( \pi^{\frac{1}{2}} \sigma_{\max} \right)^m (2-m)} \quad (30)$$

или, если продолжительность одного цикла обработки (например, одного оборота вала рабочего органа) составляет

$$t_1 = \frac{2\pi}{\omega}, \quad (31)$$

то полное время необходимой обработки будет

$$t_0 = nt_1 = \frac{4\pi}{\omega A_1 \left( \pi^{\frac{1}{2}} \sigma_{\max} \right)^m (2-m)} \left( D^{\frac{2-m}{2}} - D_0^{\frac{2-m}{2}} \right), \quad (32)$$

где  $\omega$  — угловая частота вращения рабочего органа.

Рассмотрим применение разработанной методики для конкретного случая. Нами была проведена серия экспериментов, в которых прядь волокна подвергалась механическому воздействию со стороны колосника круглой формы. Величина ударной силы составляла порядка 3 Н. В качестве материала прядок использовалась льняная треста сорта "Белочка" (номер тресты 1.75, разрывная нагрузка 27 кгс), прошедшая обработку на 1<sup>ом</sup> модуле мяльной машины М-110Л2. Данные эксперимента частично представлены в таблице 1.

Таблица 1

	Число ударных воздействий $n$		
	8	16	24
Начальная дробленность $D_0$	58	74	32
Дробленность после обработки $D$	89	114	78
Прирост величины дробленности	31	40	46

Используя выражения (28) и (29), найдем значения эмпирических коэффициентов. Они составят:  $m=-3,6$  и  $A_1=5,74$ .

С учетом этого формула для определения дробленности комплекса примет вид:

$$D = \left( D_0^{2,8} + \frac{16,1n}{\pi^{1,8} \sigma_{\text{пак}}^{1,6}} \right)^{0,357} \quad (33)$$

На рис. 2 представлен график изменения величины дробленности  $D$  от числа механических воздействий  $n$  при  $D_0=0$ .

Таким образом, разработана полуэмпирическая модель, позволяющая прогнозировать дробление комплексов льняного волокна при механическом воздействии на него.

Разработанная модель может быть применена как для ударных (динамических) процессов очистки волокна, например при трепании или взаимодействии с ножевым рабочим органом, так и для силовых (статических) процессов, например, при обработке в вальковых механизмах.

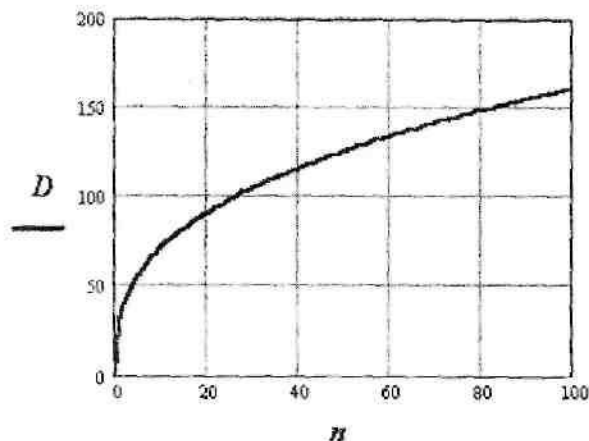


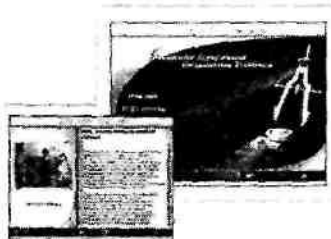
Рис. 2.

**Литература**

1. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. — М.: Машиностроение, 1990. — 448 с.
2. Верняева И.Л., Корабельников Р.В., Корабельников А.Р. Модель потери прочности комбинированной нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2003. — № 1. — С.114.

R.V.Korabellnikov, A.R.Korabellnikov, D.A.Lebedev  
 FLAX FIBRE COMPLEX CRUSHING MODEL IN MECHANICAL INFLUENCE

**Костромским областным Центром новых информационных технологий  
 подготовлен мультимедийный диск  
 «КТИ – КГТУ 1932-2002»  
 и специальная версия диска для абитуриентов КГТУ**



- история университета
- КГТУ сегодня
- правила приема
- все о ЕГЭ
- материалы ЕГЭ
- интернет для абитуриента
- видео и фотоматериалы
- и многое другое

**Приобрести диск можно по адресу:**

ул. Дзержинского, 17  
 (гл. корпус) аудитория 117

ул. Малышкова, 4  
 (Корпус «Е») аудитория 522-а

**Справки по телефону 53-78-23**

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

УДК 677.052.4.001.43

## ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ БЕСКРУТОЧНОЙ ЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ В ПАКОВКЕ

А.П. Болотный, Ю.Л. Папузин

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований свойств паковки и бескруточной льняной пряжи, полученной мокрым способом прядения при сушке.

Качество пряжи является основополагающим признаком конкурентоспособности выпускаемой продукции в реальной рыночной экономике. Поэтому рассматривать процессы формирования паковки, учитывая только плотность намотки и её напряженно-деформированное состояние, мы считаем не совсем правильно. Однако в ряде работ эта тенденция хорошо просматривается.

В своих исследованиях М.П. Носков [1], изучая напряженно-деформированное состояние паковки, предложил программированное изменение усилия прижима паковки к мотальному барабанчику, тем самым получал паковку необходимой плотности.

Работы [2], [3] посвящены исследованию контактного взаимодействия мотального барабанчика с паковками, в которых устанавливается связь между плотностью и напряженным состоянием тела намотки, а также выявляются факторы, влияющие на напряженное состояние паковки. Однако в этих исследованиях не учитываются изменения качественных характеристик пряжи и её физико-механических свойств как во время наработки паковки, так и в ходе дальнейшей её обработки (сушке).

В настоящей работе поставлена задача определить: как изменяются свойства паковки и бескруточной пряжи, полученной мокрым способом, в процессе формирования паковки и дальнейшем высыхании пряжи, происходят ли в это время процессы разрушения пряжи. Для этого был поставлен ряд экспериментов.

Нами исследовалась льняная бескруточная пряжа, полученная мокрым способом прядения линейной плотностью 47 текс.

Предварительно был проведен эксперимент по определению изменения разрывной нагрузки пряжи от величины натяжения, при котором пряжа подвергалась сушке до кондиционной влажности. Результаты эксперимента приведены на графике рис.1. Из этого графика видно, что разрывная нагрузка бескруточной пряжи, высушенной с предварительным натяжением, при котором может форми-

роваться паковка, резко падает по сравнению с пряжей, высушенной в свободном состоянии.



Рис.1. График изменения разрывной нагрузки пряжи после сушки от величины предварительного натяжения до сушки

Эксперименты по определению механических характеристик паковки и наработанной мокрой пряжи проводились при наработке паковки на патрон  $d_0=55$  мм с усилием прижима паковки к мотальному валику  $F_{пр} \approx 8$  Н на стенде пневмовьюрковой бескруточной прядильной машины. При наработке на паковку слоя пряжи  $h$  ставились промежуточные метки и измерялся диаметр паковки. Затем паковку помещали на жесткую плоскость (рис.2) и нагружали силой  $2F$ . Деформацию  $\epsilon^a$  фиксировали с помощью индикатора.

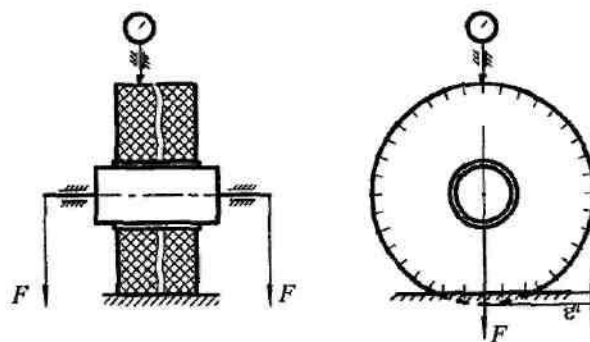


Рис.2. Схема измерения деформации паковки

После сушки пряжи в паковках ее разматывали и на отмеченных диаметрах вновь производили измерения плотности паковки и ее диаметра. В этих местах паковки брались пробы пряжи для определения прочности.

Результаты эксперимента по определению деформаций паковки на плоскости демонстрируют графики на рис.3, где по оси ординат отложены  $\epsilon_2$  (мкм) деформация мокрой паковки и  $\epsilon_1$  деформация паковки после сушки. По оси абсцисс — величина слоя намотки в мм. Как видно из графиков, кривые  $\epsilon_1=f(h)$ ,  $\epsilon_2=f(h)$  имеют практически идентичный характер изменения, то есть приращение  $\epsilon^n$  по толщине намотки одинаковы. Причем было замечено, что

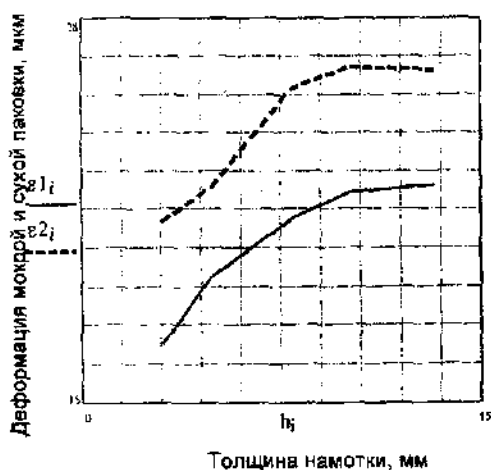


Рис.3. График деформации паковки от толщины наработанного слоя

диаметры паковки после сушки уменьшились в среднем на 1,8%.

Пробы сухой пряжи, взятые на различных диаметрах паковки, исследовались на величину разрывной нагрузки. Результаты эксперимента после статистической обработки изображены на графике рис.4. Из графика видно, что разрывная нагрузка бескруточной пряжи уменьшается по глубине паковки после ее сушки.

Эти эксперименты позволяют сделать вывод о частичном разрушении пряжи внутри паковки при сушке в условиях применения на бескруточных прядильных машинах механизмов прижима паковки с постоянной нагрузкой.

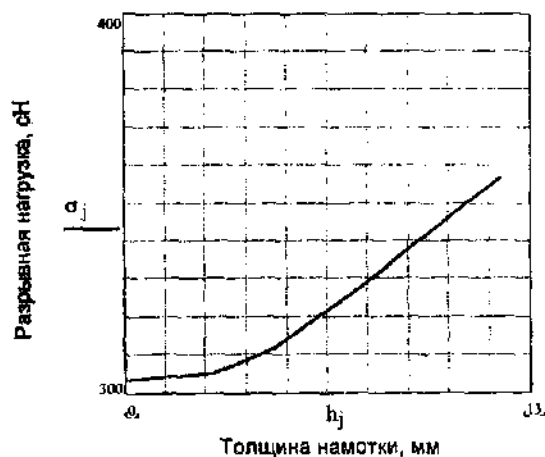


Рис.4. График изменения разрывной нагрузки сухой пряжи в зависимости от толщины намотки

#### Литература

1. Носков М.П. Исследование и разработка механизма для формирования паковки на бескруточных прядильных машинах: Дис... канд. техн. наук. — Кострома, 1986. — 160 с.
2. Сухарев В.А., Матюшев И.И. Расчет тел намотки. — М.: Машиностроение, 1982. — 136 с.
3. Александров С.А., Клёнов В.Б. Формирование ткацких паковок. — М.: Легкая индустрия, 1976. — 120 с.

A.P.Bolotny, Yu.L.Papugin

#### PROPERTY CHANGES OF NONTWISTED FLAX YARN IN PACKAGES

УДК 675.6: 620.192.52

#### ОБ ОЦЕНКЕ УСАДОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ КОЖЕВОЙ ТКАНИ МЕХА С УЧЕТОМ СЛОИСТОСТИ СТРУКТУРЫ

И.А. Кучерова, Ж.Ю. Койтова

В статье приводятся результаты исследования усадки кожаной ткани натурального меха с учетом слоистости структуры. По геометрическим характеристикам получаемых в процессе испытания спиральных извитков оценена разность усадки между слоями кожаной ткани меха, приводящая к изгибу проб при сваривании кожи, а также проявляющаяся в ряде дефектов, возникающих при сушке кожи (морщинистость, комовая сушка).

При исследовании термомеханических свойств кожи и кожаной ткани натурального меха в воде в диапазоне малых нагрузок была обнаружена тенденция закручивания лентовидных проб в спи-

раль (рис. 1). Закручивание мелких кож и меховых шкурок отмечено также при обработке их в дубильных барабанах [1], при длительном замачивании проб меха в воде. При сушке увлажненных шкурок в

свободном ненапряженном состоянии наблюдается их коробление.

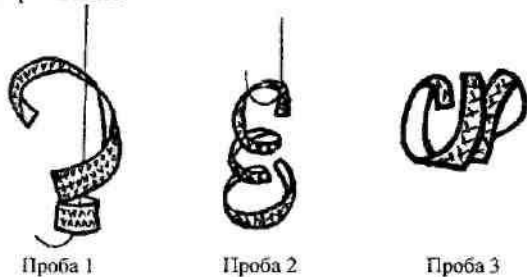


Рис.1. Форма спиралей при закручивании проб кожной ткани норки

Известно, что проявление извитости характерно для материалов сложных структур. Так, извитость шерстяного волокна обусловлена асимметричностью его структуры — наличием пара- и ортокортеса, имеющих различную химическую природу [2]. Придание извитости химическим волокнам основано на присутствии в волокне определенной неравномерности структуры, наличии двух или более резко различных по строению и усадочным свойствам составных частей, созданных условиями формования, механическими или термомеханическими воздействиями [3, 4].

По своей структуре кожную ткань меха можно отнести к композиционным материалам. Сложность строения проявляется на всех уровнях структурной организации, во-первых, за счет различия свойств компонентов, входящих в ее состав, — наличия волокон, обладающих разными свойствами (эластиновых, коллагеновых). Во-вторых, за счет ярко выраженной слоистости структуры кожной ткани — наличия эпидермиса и дермы, состоящей из сосочкового и сетчатого слоев. В-третьих, за счет многоуровневого строения основного компонента материала — коллагеновых волокон, образующих сложное переплетение в дерме [5]. Причем, основным конформационным принципом структуры коллагена на разных структурных уровнях является спиральность [6].

Исходя из вышеизложенного, представляется возможным рассматривать извитость образцов кожной ткани меха, возникающую под действием тепла и влаги, как результат неравномерности ее структуры. При этом определяющим будет являться наличие сосочкового и сетчатого слоев, резко различающихся по строению. В сосочковом слое находится большее количество ветвящихся эластиновых волокон, не подверженных набуханию и свариванию в водной среде и являющихся своеобразным каркасом для рыхлой сетки тонких волокон коллагена. В сетчатом слое сетка коллагеновых волокон с очень плотной их упаковкой приводит к развитию

значительных напряжений в момент достижения температуры сваривания коллагена либо при набухании последних, что объясняет факт извивания проб кожной тканью внутрь при нагревании и наружу при замачивании.

Целью данной работы являлось определение усадки кожной ткани натурального меха с учетом слоистости материала.

Чаще всего усадка кож и кожной ткани меха рассматривается с точки зрения релаксационных явлений, происходящих в материале [7,8]. Очевидно, что закручивание проб в спираль происходит вследствие разноусадочности слоев, поэтому можно говорить об усадке слоев. Представляется возможным оценить усадочную способность внешнего и внутреннего слоев кожной ткани меха исходя из геометрических характеристик образующихся спиралей. Данная оценка является приблизительной, так как неравномерность структуры кожной ткани приводит к тому, что в образцах при раскрое попадают участки с разной структурой, что и проявляется в извитости неправильной формы.

Для определения разности усадки между слоями пробу кожной ткани меха длиной 100 мм и шириной 5 мм погружают в сосуд с водой и нагревают с постоянной скоростью подыема температуры до 80°C, отмечают температуру, при которой начинается изгиб образца, образование витков. В конце испытаний определяют геометрические характеристики образовавшихся спиралей: внешний диаметр витков (как среднее значение из замеренных внешних диаметров тех витков, которые образовались в спирали), число витков, расстояние между витками спирали, измеряют толщину кожной ткани меха. Расчет разности усадки между слоями ведут на основе геометрической модели (рис.2).

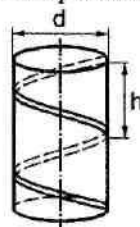


Рис.2. Оценка параметров спирали

Длина одного витка винтовой линии (спирали) равна

$$L = \sqrt{h^2 + \pi^2 \cdot d^2}, \quad (1)$$

где  $L$  — длина витка;  
 $h$  — шаг спирали;  
 $d$  — диаметр витка.



Если обозначить толщину кожной ткани  $\Delta$ , а внешний диаметр витка спирали  $D_{\theta}$ , то внутренний диаметр витка

$$D_{внутр} = D_{\theta} - 2\Delta. \quad (2)$$

Длина внешней стороны одного витка рассчитывается по формуле:

$$L_{\theta 1} = \sqrt{h^2 + \pi^2 \cdot D_{\theta}^2}. \quad (3)$$

Длина внутренней стороны одного витка

$$L_{внутр 1} = \sqrt{h^2 + \pi^2 \cdot (D_{\theta} - 2\Delta)^2}. \quad (4)$$

Тогда величину разности усадки между слоями бикомпонентной структуры, приводящей к изгибу, на один виток спирали можно определить как

$$\Delta Y_1 = L_{\theta 1} - L_{внутр 1}, \quad (5)$$

где  $\Delta Y_1$  — разность усадки между слоями кожной ткани на один виток спирали.

Разность усадки, приходящаяся на всю длину спирали, составляет

$$\Delta Y = \Delta Y_1 \cdot n, \quad (6)$$

где  $n$  — число витков.

В таблице приведены примеры расчета разности усадки кожной ткани норки между слоями для проб, изображенных на рис. 1.

Таблица

Варианты расчета разности усадки между слоями кожной ткани меха норки

Исходные данные					Данные расчета					
Проба	Начальная длина пробы $L_0$ , мм	Ширина пробы, мм	Внешний диаметр витка $D_{\theta}$ , мм (среднее значение по виткам спирали)	Толщина мокрой пробы, $\Delta$ , мм	Число витков, $n$	Шаг спирали, $h$ мм	Длина внешней стороны витка $L_{\theta 1}$ , мм	Длина внутренней стороны витка $L_{внутр 1}$ , мм	Разность усадки между слоями, приходящаяся на 1 виток спирали $\Delta Y_1$ , мм	Разность усадки между слоями $\Delta Y$ , мм
1	60	10	8	1,1	1	5	25,6	18,9	6,7	6,7
2	110	5	11,5	1,1	3	7	36,8	30,0	6,8	20,4
3	105	5	7,3	1,17	3	5	23,5	16,4	7,1	21,3

Из теории извитости химических и натуральных волокон известно, что изгиб происходит вследствие возникновения внутренних напряжений в волокне неоднородной структуры [3, 6, 9—11]. В кожной ткани меха такие напряжения возникают в волокнах на поверхности соединения обоих слоев в температурном интервале сваривания образцов. В какой-то критический момент при достижении определенной температуры равновесие в структуре материала нарушается, возникает изгибающий момент, и проба начинает изгибаться. Дальнейшее повышение температуры сопровождается еще большим ростом внутренних напряжений и значительной усадкой образцов по длине. Таким образом, при сваривании кожной ткани меха происходит не только извивание проб, но и их усадка, и длина пробы в конце испытания при принудительном распрямлении спирали меньше начальной. Исходя из этого, можно выделить усадку внешнего слоя, характеризующую сокращение продольных размеров образцов при распрямлении спирали, и усадку внутреннего слоя, складывающуюся из усадки слоя внешнего и разности усадки между слоями (рис. 3), то есть

$$Y_{внутр} = Y_{\theta} + \Delta Y, \quad (7)$$

где  $Y_{внутр}$  — усадка внутреннего слоя,

$Y_{\theta}$  — усадка внешнего слоя,

$\Delta Y$  — разность усадки между слоями кожной ткани.

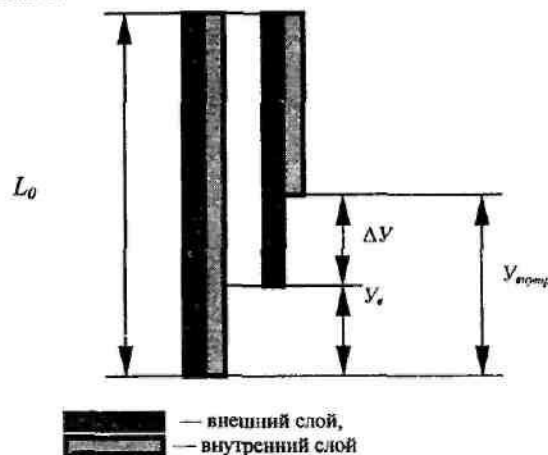


Рис. 3. Усадка слоев кожной ткани меха

Усадку внешнего слоя спирали можно определить как

$$Y_{\theta} = L_0 - L_{\theta} = L_0 - L_{e1} \cdot n, \quad (8)$$

где  $L_0$  — начальная длина пробы,

$L_{\theta}$  — длина внешней стороны спирали пробы.

В процессе испытаний было отмечено, что изгиб проб начинается при температурах 50—60°C, наиболее интенсивное скручивание и сверхусадка (сваривание) происходит в диапазоне 64—76°C. Более подвержены скручиванию пробы, выкроенные в продольном направлении с ярко выраженной ориентацией коллагеновых волокон. Процесс образования спиралей у них происходит интенсивнее и в более короткое время. В направлении, перпендикулярном хребту, наблюдается слабый изгиб без образования витков, а для некоторых поперечных образцов на начальной стадии отмечено также слабое закручивание с боков пробы внутрь по ширине.

Наблюдения за кожей меха в процессе длительного замачивания при разных температурах показали, что характер отмечаемого явления не меняется, то есть интенсивность скручивания сильно зависит от температуры окружающей среды. При низкой температуре (+20°C) отмечен слабый изгиб и волнистость как продольных, так и поперечных проб. Повышение температуры до +55°C приводит к резкому различию в поведении образцов во взаимноперпендикулярных направлениях. Вдоль хребта происходит сильное закручивание с образованием 2—3 спиральных витков, для поперечного направления отмечается более заметный изгиб у концов. Скручивание в спираль наблюдаются и при сушке увлажненных проб на воздухе, однако этот процесс не ярко выражен.

Обращает на себя внимание тот факт, что при непрерывном нагревании в воде изгиб происходит кожей тканью внутрь, а при длительном замачивании при постоянной температуре — наружу. Из этого можно сделать вывод, что в первом случае доминирующим будет являться сваривание коллагеновых волокон, а во втором случае — их значительное набухание.

Полученные данные позволяют утверждать, что решающее влияние на усадочную способность и разность усадки между слоями кожи меха оказывает ориентация структурных элементов (коллагеновых волокон и их пучков). При сваривании и набухании происходит контракция волокон по длине, развитие значительных напряжений и большая усадка образцов в продольном направлении.

На явление скручивания значительное влияние оказывает также вид обработки шкурки. Так, процесс дубления, делая шкурку термо- и влагостойкой за счет образования сетчатой структуры, снижает различия свойств между слоями и значительно уменьшает как усадку в целом, так и явление закручивания проб. Визуально это проявляется в снижении интенсивности образования спиралей и числа их витков у выделанных проб по сравнению с невыделанными.

#### ВЫВОДЫ

1. В результате работы проведена оценка разнотемпературности слоев кожи меха, возникающих в материале под действием температуры и приводящих к образованию изгиба либо спиралей лентовидных проб.

2. Разнотемпературность слоев кожи и кожи меха позволяет объяснить такие дефекты, возникающие в процессе хранения сырья и неправильной сушки полуфабриката, как морщинистость, коробление, комовая сушка.

#### Литература

1. Любимов М.В. Ликвидировать скручивание мелких кож и меховых шкурки в дубильном барабане // Кож.-обувн. пром-сть. — 1959. — № 6. — С.34.
2. Симонов Е.А. Изучение природы извитости волосяного покрова меховых овец // Кож.-обувн. пром-сть. — 1988. — №2. — С.58—60.
3. Перепелкин К.Е., Подосенов В.В. К теории извитости химических волокон // Химические волокна. — 1972. — №3. — С.28—30.
4. Давыдов А.Ф. и др. Структурная обусловленность механических свойств текстурированных синтетических нитей // Химические волокна. — 1988. — №6. — С.38—41.
5. Костылев А. В., Каспарьянц С. А., Шкутов Ю. Г. Товароведение и технология первичной обработки кожевенного сырья. — М.: Легпромбытиздат, 1988. — 400 с.
6. Михайлов А.Н., Шименович Б.С. Структурно-механическая характеристика коллагеновых волокон дермы и их природного переплетения // Механика полимеров. — 1977. — №1. — С.109—115.
7. Кожикова Л.Г. и др. Влияние вспомогательных материалов на технологическую усадку кожи меха шкурки норки // Кож.-обувн. пром-сть. — 1988. — №4. — С.53.
8. Тиранов В.Г., Карагезян Ю.А., Петрова Л.Н. и др. Усадка и релаксационные процессы в коже для обуви // Кож.-обувн. пром-сть. — 1996. — №2. — С.32.

9. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек / Избранные работы под ред. Э.И. Григолюка. — М:Наука, 1971. — 808 с.
10. B.S. Gupta, T.W. George. Analysis of Crimp in Seweral experimental Bicomponent Filament Sets. // J. Applied Polymer Science: Applied Polymer Symposium, 1978 — V. 33. — P. 225—243.
11. A.E.-Smiekh, J.F. Bogdan, R.K. Gupta. The Mechanics of Bicomponent Fibers. Text. Res. Journ. — 1971. — V. 41. — № 11. — P. 916—922.

I.A. Kucheroва, J.Yu. Koytova  
**ESTIMATION OF FUR SKIN SHRINKAGE CAPACITY TAKING  
 IN TO ACCOUNT FLAKY STRUCTURE**

УДК 677.11.017

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СМИНАЕМОСТИ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ\***  
 Ю.А. Костюкова

Для прогнозирования сминаемости льняных тканей по характеристикам их структуры предложен экспресс-метод, который позволяет проектировать льняные ткани с заданным свойством. Это является актуальным с позиции обеспечения швейных предприятий качественным сырьем и выпуска на рынок конкурентоспособных швейных изделий.

Для обеспечения качества льняных тканей и конкурентоспособности швейных изделий из них важной задачей является прогнозирование сминаемости льняных тканей на стадиях текстильного и швейного производства.

Экспериментальные значения сминаемости определены новым методом [1] для 20 видов чисто льняных и льнохлопковых костюмно-плательевых тканей различных переплетений.

Предложен экспресс-метод для прогнозирования сминаемости льняных тканей, который позволяет оперативно оценить эксплуатационные значения сминаемости по их коэффициенту связности [2]. Изменение коэффициента связности нитей в тканях с близкими значениями поверхностной плотности обусловлено в основном коэффициентом переплетения. Сокращение длины перекрытий в раппорте ткани способствует снижению сопротивляемости материалов деформации изгиба со сжатием.

Уравнение для прогнозирования сминаемости по коэффициенту связности для костюмно-плательевых льняных тканей носит линейный характер:

$$K_c = A C + B,$$

где  $A, B$  — коэффициенты, характерные для костюмно-плательевых льняных тканей (табл. 1);

$C = P_o P_y T_{\phi} / 1000 F_n$  — коэффициент связности (по Н.С. Ереминой) [2];

$P_o, P_y$  — число нитей в ткани на 10 см по основе (утку);

$T_{\phi}$  — средняя линейная плотность нитей в ткани, текс;

$F_n = 2R_o R_y / t_o + t_y$  — коэффициент переплетения (по Н.С. Ереминой),

$R_o, R_y$  — число нитей в раппорте по основе (утку);

$t_o, t_y$  — число основных (уточных) перекрытий в раппорте).

Таблица 1

Коэффициенты уравнения

Группа тканей	A	B
Чистольняные	2,04	11,59
Льнохлопковые	2,68	2,76

Выполненные расчеты показали достаточно тесную корреляционную связь ( $r = 0,92—0,95$ ). Значимость коэффициентов уравнения проверена по критерию Стьюдента, а адекватность — по критерию Фишера. Для рассматриваемой регрессионной модели первого порядка [3]:

$$F_T [p_D = 0,95; f(S_{(1)}^2) = 15; f(S_{(2)}^2) = 3] = 3,29;$$

$F_R = 2,57 < F_T = 3,29$  — для чисто льняных тканей;

$F_R = 3,05 < F_T = 3,29$  — для льнохлопковых тканей.

Для удобства практического использования представлены графические зависимости сминаемости чисто льняных и льнохлопковых тканей различных переплетений от коэффициента связности (рис.1), на которых приведены примеры экспресс-прогнозирования сминаемости для чисто льняной ткани полотняного переплетения ( $M_s = 206 \text{ г/м}^2$ ) — точка А и для льнохлопковой ткани мелкоузорчатого переплетения ( $M_s = 275 \text{ г/м}^2$ ) — точка В.

\* работа выполнена под руководством профессора КГТУ, д.т.н. Смирновой Н.А.

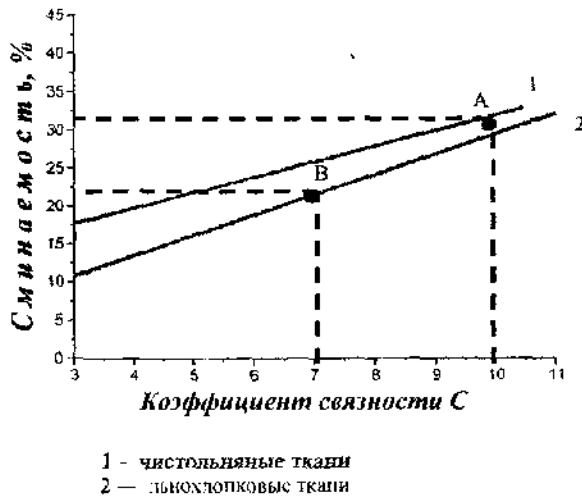


Рис. 1. Зависимость сминаемости льняных тканей от коэффициента связности нитей в переплетении

Льняные ткани полотняного переплетения могут быть весьма различны по степени смятия. За

счет рационального выбора волокнистого состава и коэффициента связности нитей в переплетении возможно проектирование льняных тканей с заданными свойствами: требуемой несминаемостью или естественной помятостью в зависимости от назначения и композиционного замысла моделей одежды.

Реализация целенаправленного управления сминаемостью льняных тканей дает возможность получить справочные данные для рационального проектирования одежды из льносодержащих материалов, что, в свою очередь, позволит существенно повысить надежность и долговечность швейных изделий из льна и придать им высокие эстетические показатели.

#### ВЫВОД

На основе исследования сминаемости новым методом установлена взаимосвязь данного показателя качества с характеристиками строения костюмно-плательных льняных тканей, которая позволяет экспрессно прогнозировать эксплуатационные значения сминаемости этих материалов.

#### Литература

1. Смирнова Н.А., Костокова Ю.А., Корабельников А.Р., Смирнова Е.Е. Способ определения сминаемости текстильных материалов: Патент Российской Федерации на изобретение № 2189588 от 20 сентября 2002 г.
2. Оников Э.А., Букаев П.Т., Алленова А.П. и др. Справочник по хлопчаткачеству / Под общ. ред. Э.А. Оникова. — М.: Легкая индустрия, 1979. — 487 с., ил.
3. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: Учебник для текстил. спец. вузов — М.: Легкая индустрия, 1980. — 392 с., ил.

J.A.Kostyukova

#### FORECASTING OF LINEN FABRICS CRUMPLING



### Современные методы обучения новым компьютерным технологиям

#### Цикл "Основы Интернет"

- ◆ Основы работы в Интернет
- ◆ Основы подготовки Web-страниц Интернет
- ◆ Интернет для делового человека

#### Цикл "Компьютер в офисе"

- ◆ Осваиваем компьютер, основы работы в Windows
- ◆ Основы работы с Microsoft Office

Адрес Интернет-класса:

156005 г. Кострома, ул. Дзержинского, 17, КГТУ, ауд. 117.  
Справки: ☎ 53-78-23 E-mail: [cnit@kstu.edu.ru](mailto:cnit@kstu.edu.ru)

# ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И АППАРАТЫ

УДК 677.024

## ИНЕРЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНОГО РЫЧАЖНОГО ТОРМОЗА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ И СОЗДАВАЕМАЯ ИМ СТАТИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ НАТЯЖЕНИЯ ОСНОВЫ

О.А.Саввин, К.Б.Левин, А.М.Башлаков

Приведен аналитический расчет зависимости натяжения основы ткацкого станка от диаметра намотки основы на станке СТБ с новым механизмом натяжения, грузового типа.

На рисунке 1 показана схема заправки ткацкого станка. Нити основы, сматываясь с навоя 1, огибают скало 2. Скало может быть подвижным, то есть находиться на подвижном рычаге скала 3, или неподвижным (жестко связанным со станиной). Далее нити основы образуют зев (участок АВС). Через зев прокладывается уточная нить (на рисунке не показана), которая батанным механизмом прибивается к опушке ткани (точка С). При этом зев закрывается, и нить утка оказывается зажатой нитями основы. Так происходит формирование ткани. Затем готовая ткань огибает грудницу 4, вальцы 5 и наматывается на товарный валик 6.

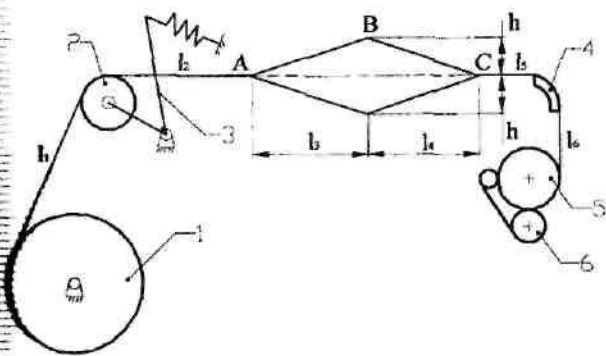


Рис. 1.

Сматываемая с ткацкого навоя 1 основа 3 (рис. 2) огибает неподвижное скало 2. Натяжение основы создается грузовым механизмом. На грузовом рычаге 4 укреплен груз 5, создающий момент относительно оси вращения навоя. В статических условиях этот момент и момент трения в этой опоре уравновешиваются силой натяжения ветви основы. Механизм сконструирован так, что при повороте навоя положение грузового рычага 4 не меняется.

Определим  $l_1$  — длину основы между точками касания навоя и скала — и  $\alpha$  — угол ее наклона к

вертикали в зависимости от радиуса намотки основы на навои  $r_{oc}$  и конструктивных размеров  $X$  и  $Y$ .

Рассмотрим замкнутую цепочку векторов:

$$\vec{r}_{oc} + \vec{l}_1 + \vec{r}_c + \vec{Y} + \vec{X} = 0. \quad (1)$$

Все геометрические величины показаны на рисунке 2.

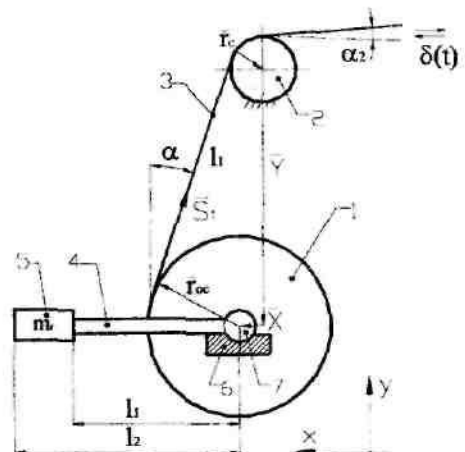


Рис. 2.

Проектируя выражение (1) на оси  $x$  и  $y$ , получим:

$$\sum X = r_{oc} \cos \alpha - l_1 \sin \alpha - r_c \cos \alpha + X = 0;$$

$$\sum Y = r_{oc} \sin \alpha + l_1 \cos \alpha - r_c \sin \alpha - Y = 0.$$

Обозначая  $r_{oc} - r_c = r$ , получим:

$$r \cos \alpha - l_1 \sin \alpha = -X; \quad (2)$$

$$r \sin \alpha + l_1 \cos \alpha = Y. \quad (3)$$

Возводя в квадрат правые и левые части, складывая их и решая относительно  $l_1$ , имеем:

$$l_1 = \sqrt{-X^2 + Y^2 - r^2}. \quad (4)$$

Деля правые и левые части уравнений (3) друг на друга и производя несложные преобразования, вычислим:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Yr - Xl_1}{Yl_1 + Xr}. \quad (5)$$

Определим теперь массу и момент инерции основы, намотанной на навои. Обозначим:  $\rho$  — плотность основы на навое,  $r_{\min}$ ,  $r_{\max}$ ,  $r_{oc}$  — минимальный, максимальный и текущий радиус намотки основы на навое,  $l_0$  — расстояние между флянцами навои.

На расстоянии  $r$  от оси навои выделим «кольцо» основы радиусом  $r$  и толщиной  $dr$  (рис.3).

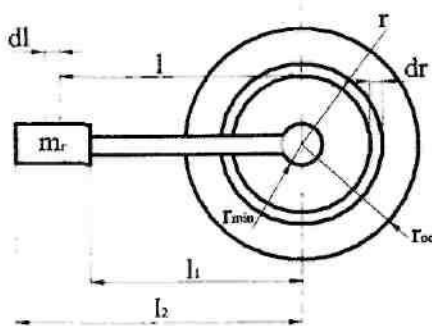


Рис. 3.

Масса этого кольца  $dm = 2\pi l_0 \rho dr$ . Масса всей основы на навое

$$m_H = 2\pi \cdot l_0 \rho \int_{r_{\min}}^{r_{oc}} r dr, \text{ или}$$

$$m_H = \pi \cdot l_0 \rho (r_{oc}^2 - r_{\min}^2). \quad (6)$$

Момент инерции выделенного кольца относительно оси, проходящей через точку  $O$ , — центр навои:

$$dJ = dmr^2 = 2\pi \cdot l_0 \rho r^3 dr.$$

Момент инерции всей основы на навое при радиусе намотки  $r_{oc}$  будет:

$$J_H = 2\pi l_0 \rho \int_{r_{\min}}^{r_{oc}} r^3 dr = \frac{\pi \cdot l_0 \rho}{2} (r_{oc}^4 - r_{\min}^4); \quad (7)$$

учитывая зависимость (6), получим:

$$J_H = \frac{m_H}{2} (r_{oc}^2 + r_{\min}^2). \quad (8)$$

Момент инерции элемента груза длиной  $dl$  на расстоянии  $l$  от точки  $O$

$$dJ = [(m_z)/(l_2 - l_1)] l^2 dl. \quad (9)$$

Момент инерции всего груза:

$$J_z = \frac{m_z}{l_2 - l_1} \int_{l_1}^{l_2} l^2 dl = \frac{m_z (l_2^3 - l_1^3)}{3(l_2 - l_1)}, \quad (10)$$

где  $m_z$  — масса груза.

В приближенных расчетах момент инерции груза относительно оси навои можно считать по формуле:  $J_z = m_z l_0^2$ , в этом случае пренебрегаем моментом инерции груза относительно его центра масс ввиду его незначительности по сравнению с общим моментом инерции. Ошибка при этом не превышает 5%.

Момент инерции всей тормозной системы будет:

$$J = J_H + J_z + J_{cm},$$

где  $J_{cm}$  — момент инерции навои без основы.

Определим, как должно изменяться

$l_0 = \frac{l_1 + l_2}{2}$  — расстояние от центра тяжести груза до оси вращения навои для обеспечения постоянного значения статической составляющей натяжения основы. Величина груза при этом должна оставаться неизменной.

Под  $S_{1cm}$  — статической составляющей понимаем такое натяжение сбегавшей с навои ветви основы, которое необходимо для равномерного сматывания основы с навои. Таким образом

$$S_{1cm} r_{oc} = m_z g l_0 + M_\phi, \quad (11)$$

где  $M_\phi$  — момент трения в опорах навои,  $g$  — ускорение свободного падения.

$$M_\phi = r_H \phi N, \quad (12)$$

где  $r_H$ ,  $\phi$  и  $N$  — радиус цапф навои, коэффициент трения и сила нормального давления в опорах навои.

Реакцию  $N$  найдем через ее проекции на координатные оси.

$$N_X = S_{1cm} \sin \alpha, \quad (13)$$

$$N_Y = (m_z + m + m_H)g - S_{1cm} \cos \alpha, \quad (14)$$

где  $m$  — масса навоя без основы.

Замечая, что  $N = \sqrt{N_X^2 + N_Y^2}$  и вводя обозначение

$$m_0 = m_z + m + m_H, \quad (15)$$

формулу [11] перепишем так:

$$S_{1cm} r_{oc} = m_z g l_\partial + r_H \phi \sqrt{S_{1cm}^2 \sin^2 \alpha + (m_0 g - S_{1cm} \cos \alpha)^2}, \quad (16)$$

откуда

$$l_\partial = \frac{S_{1cm} r_{oc} - r_H \phi \sqrt{S_{1cm}^2 \sin^2 \alpha + (m_0 g - S_{1cm} \cos \alpha)^2}}{m_z g}. \quad (17)$$

Выражение для  $S_{1cm}$  и  $l_\partial$  значительно упрощаются, если учесть, что угол  $\alpha$  остается близким к  $0$ , а  $N_Y \gg N_X$ , тогда

$$S_{1cm} r_{oc} = m_z g l_\partial + (m_0 g - S_{1cm} \cos \alpha) r_H \phi,$$

откуда

$$S_{1cm} = \frac{m_z g l_\partial + m_0 g r_H \phi}{r_{oc} + r_H \phi \cos \alpha}, \quad (18)$$

$$l_\partial = \frac{S_{1cm} (r_{oc} + r_H \phi \cos \alpha) - m_0 g r_H \phi}{m_z g}. \quad (19)$$

Для оценки инерционных характеристик тормоза и определения  $l_\partial$  — плеча груза при постоянной статической составляющей была составлена программа при следующих данных:

$m_z = 20$  кг,  $X = -0.125$  м,  $Y = 0.52$  м,  $\rho = 480$  кг/м<sup>3</sup>,  $\phi = 0.1$ ,  $r_H = 0.075$  м,  $l_0 = 1.4$  м,  $m_H = 40$  кг,  $r_{max} = 0.35$  м,  $r_{min} = 0.075$  м,  $r_c = 0.0625$  м.

Расчеты проводились при различных значениях  $S_{1cm}$  в пределах от 200 Н до 1000 Н. Результаты расчетов представлены в виде таблиц.

Таблица 1

Параметры		Г <sub>ос</sub> , М							
		0.075	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
$l_\partial$	м	0.535	0.533	0.528	0.517	0.501	0.479	0.451	0.415
$\alpha$	град	-12.768	-11.283	-8.364	-5.523	-2.778	-0.148	2.339	4.644
$m_z$	кг	0	9.236	35.626	72.517	120.072	178.128	246.741	325.909
$J_z$	кгм <sup>2</sup>	0	0.02	0.301	1.247	3.415	7.515	14.419	25.156

Таблица 2

Параметры		Г <sub>ос</sub> , М								S <sub>1cm</sub> , Н
		0.075	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	
$l_\partial$ , м	17	0.145	0.193	0.285	0.374	0.458	0.538	0.615	0.687	400
формуле 19		0.145	0.193	0.285	0.374	0.458	0.538	0.615	0.687	
$\delta$ , %		0.496	0.208	0.042	0.0084	0.0011	0	0.0003	0.0008	
$J_z$ , кгм <sup>2</sup>		0.419	0.743	1.628	2.792	4.195	5.794	7.553	9.436	
$l_\partial$ , м	17	0.225	0.3	0.446	0.585	0.721	0.852	0.979	1.103	600
формуле 19		0.229	0.303	0.446	0.585	0.721	0.852	0.979	1.103	
$\delta$ , %		2.164	0.732	0.094	0.016	0.0019	0	0.0005	0.0013	
$J_z$ , кгм <sup>2</sup>		1.008	1.806	3.972	6.851	10.388	14.519	19.182	24.316	
$l_\partial$ , м	17	0.296	0.401	0.605	0.797	0.983	1.166	1.344	1.518	800
формуле 19		0.313	0.412	0.607	0.797	0.983	1.166	1.344	1.518	
$\delta$ , %		5.534	2.739	0.257	0.028	0.003	0	0.0007	0.0017	
$J_z$ , кгм <sup>2</sup>		1.754	3.215	7.323	12.7	19.343	27.182	36.133	46.112	
$l_\partial$ , м	17	0.366	0.496	0.759	1.008	1.246	1.48	1.709	1.934	1000
формуле 19		0.397	0.522	0.767	1.009	1.246	1.48	1.709	1.934	
$\delta$ , %		8.021	4.856	1.031	0.056	0.0047	0	0.0009	0.0023	
$J_z$ , кгм <sup>2</sup>		2.673	4.929	11.534	20.33	31.058	43.783	58.407	74.822	

На рисунке 4 приведены графики изменения  $J$ ,  $J_H$ ,  $J_e$  в зависимости от радиуса намотки основы на навое при постоянной массе груза  $m_e = 40$  кг и  $S_{1cm} = 700$  Н,

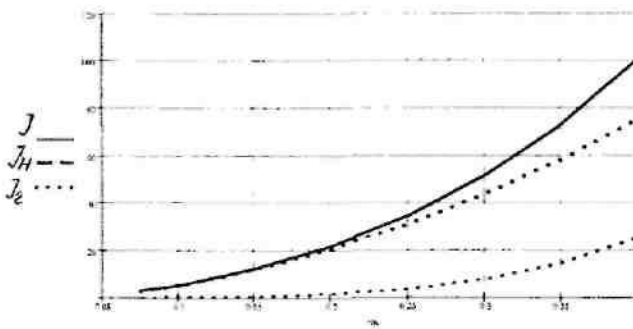


Рис. 4.

O.A.Savvin, K.B.Levin, A.M.Bashlakov

#### INERTIA CHARACTERISTICS OF NEW CONSTRUCTION MAIN LEVEL BRADE AND MAKING ITS STATIC COMPOUND OF WARF TENSION

УДК 677.051.4.001.57

#### РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВАЛИЧНОЙ КАРДОЧЕСАЛЬНОЙ МАШИНЫ

В.А. Гусев, В.В. Сигаичева, И.В. Морозова

Разработана диагностическая экспертная система кардочесальной машины ЧБВ РП и структурная схема согласованного управления ее регулируемым приводом на основе оценки основных параметров качества функционирования машины как сложной многосвязной динамической системы.

Широкое внедрение средств автоматики и микропроцессорной техники в чесальное оборудование требует дальнейшего развития известных и разработки новых теоретических и экспериментальных методов контроля и управления техническим состоянием (ТС) чесальных машин.

В работе авторами сделана первая попытка создания интеллектуальной автоматизированной системы ситуационного управления (ИАССУ) ТС кардочесальной машины ЧБВ РП, основанной на базе знаний (БЗ) с использованием нормативных сведений о машине и диагностических параметров ее текущего ТС [1,2].

Экспериментально установлено, что для этого класса оборудования существуют строгие соотносительные области частных показателей качества функционирования машин: разводки между рабочими органами, скорости барабанов и неровнота чесальной ленты на коротких отрезках. В таблице 1 приведены несколько расширенные диапазоны основных показателей качества машины ЧБВ РП (для разводки и скорости  $\pm 20\%$ , для неровноты ленты

#### ВЫВОДЫ

1. Момент инерции и масса тормозной системы являются величинами переменными, зависящими от радиуса намотки основы на навое. В нашем частном случае по мере уработки навоя общий момент инерции уменьшился более чем в 35 раз, а суммарная масса примерно в 6.5 раза (от 385.9 до 60 кг).
2. Для обеспечения постоянной величины статического натяжения основы плечо груза должно меняться в зависимости от радиуса намотки основы по закону близкому к линейному.
3. В приближенных расчетах при определении статической составляющей натяжения и плеча груза можно пользоваться упрощенными зависимостями [18] и [19]. Ошибка при этом не превышает 8.1%.

$\pm 4\%$ ), что облегчило в дальнейшем создание экспертной системы (ЭС).

Таблица 1

#### Диапазоны изменения показателей качества чесальной машины ЧБВ РП

Разводка К между ГБ-РВ1 (мм)	Скорость ГБ V (м/мин)	Коэффициент вариации $C_v$ (%)
0.18—0.22	327—400	8.07—8.7
0.27—0.33	417—510	12.05—13.05
0.36—0.44	560—685	14.5—15.7
0.45—0.55	850—1040	20.3—22.0

Для получения данных о значениях коэффициента вариации использовался микропроцессорный диагностический прибор контроля неровноты ленты ПКНЛ-1, в котором в качестве преобразователей применена оптопара, вмонтированная в лентоформирующую воронку вытяжного прибора машины [2]. В ЭС предлагается также использовать данные диагностического контроля механических узлов чесальной машины с помощью датчиков виброускорений, установленных в диагностических точках машины.



Показатели ТС узлов машины определяем по формуле

$$ДПК_i = \frac{ДП_i}{ДП_{0i}}, \quad (1)$$

где  $ДП_i$  — значение диагностического показателя, полученное с датчика;

$ДП_{0i} = 0.4$  — базовое значение показателя.

Если  $ДПК_i \leq 1.1$ , — состояние механических узлов в норме. В противном случае при  $ДПК_i \geq 1.1$  — ТС неудовлетворительное, и требуется управляющее воздействие для изменения настроечных параметров машины.

В качестве инструментальной среды ЭС использована русифицированная версия системы LEONARDO фирмы Creative Logic Ltd — КОРИФЕЙ [3].

Модель представления знаний в системе КОРИФЕЙ является продукционно-фреймовой. БЗ строится с использованием правил-продукций, простых и сложных объектов. В системе предусмотрен стандартный интерфейс для организации взаимодействия с пользователем в режиме консультаций. Обработка ситуационных данных ведется по разработанным алгоритмам с использованием БД, на основе которых был составлен набор основных продукционных правил работы ЭС.

1) ЕСЛИ  $ДПК_i > 1.1$ , ТО: требуется проверка механического состояния узлов.

2) ЕСЛИ  $ДПК_i < 1.1$  и при заданных значениях параметров  $K, V, C_v$  не превышает базовых (табличных) значений, ТО состояние механических узлов в норме, работа чесальной машины не требует вмешательства.

3) ЕСЛИ  $ДПК_i < 1.1$  и при заданных значениях параметров  $K, V, C_v$  превышает базовые (табличные) значения, ТО состояние механических узлов в норме, но работа чесальной машины требует вмешательства (изменения настроечных параметров).

Алгоритм ЭС для ЧБВ РП представлен на рис. 1. На основе вышеприведенных основных правил и данных значений изменения основных механико-технологических и технологических параметров (см. табл. 1) была написана БЗ диагностической ЭС применительно к чесальной машине ЧБВ РП (см. рис. 2а).

Использование в БЗ процедурных объектов (proc1 и proc2) позволяет осуществить доступ к внешним файлам *diagn.txt* и *var.txt*, содержащим данные о значениях коэффициента неровноты чесальной ленты и технического состояния узлов чесальной машины, полученные с микропроцессорного стыкуемого с ЭВМ прибора ПКЛН-1 и датчиков броскорений.

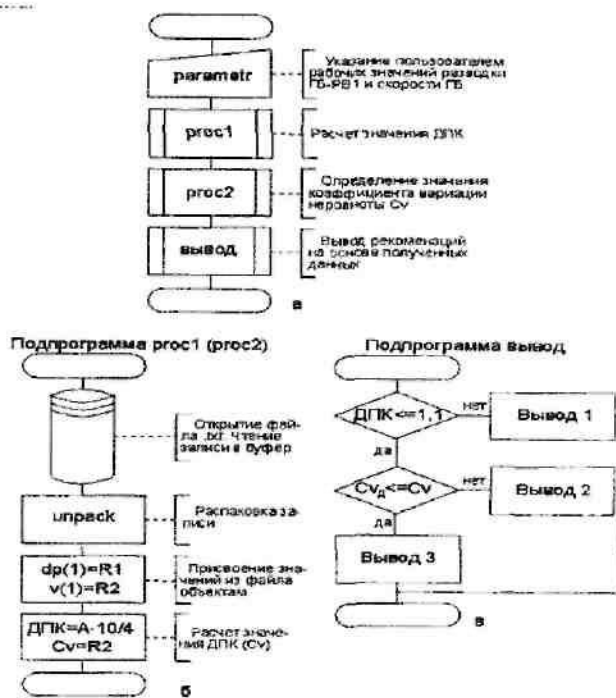


Рис.1. Алгоритм диагностической ЭС чесальной машины ЧБВ РП

а — алгоритм ЭС в общем виде;  
 б — алгоритм подпрограммы proc1 (proc2);  
 в — алгоритм подпрограммы «Вывод»

Работа с внешними файлами в системе КОРИФЕЙ поддерживается командами *opendir*, *readdir* и *writedir*. Эти команды используются совместно с функциями *pack*, *unpack* и слотом *Layout*: фрейма объекта. На рис. 2б и 2в приведены фрагменты ЭС заполнения слотов объекта А и объекта «Вывод». Слот *Conclusion* заполняется в соответствии с правилами, составленными на этапе формализации задачи с использованием значений основных показателей работы чесальной машины ЧБВ РП (см. табл. 1). Данный слот позволяет задать формат выходного сообщения, выдаваемого пользователю в конце консультации. Вывод рекомендаций о необходимых действиях (наладка, регулирование машины и т.п.) происходит в ходе консультации. ЭС просит указать пользователя рабочие параметры настройки чесальной машины; процедура *proc1* осуществляет расчет показателя ДПК<sub>г</sub>, характеризующего ТС узлов чесальной машины; процедура *proc2* извлекает из внешнего файла *var.txt* значение коэффициента вариации неровноты чесальной ленты по лилейной плотности и присваивает его объекту *Cv*; на основе полученных данных ЭС, используя слот *Conclusion* объекта "вывод", обеспечивает условный вывод заключения по схеме, рассмотренной ранее.

В качестве базовой структуры при построении ИАССУ для управления процессом стабилизации

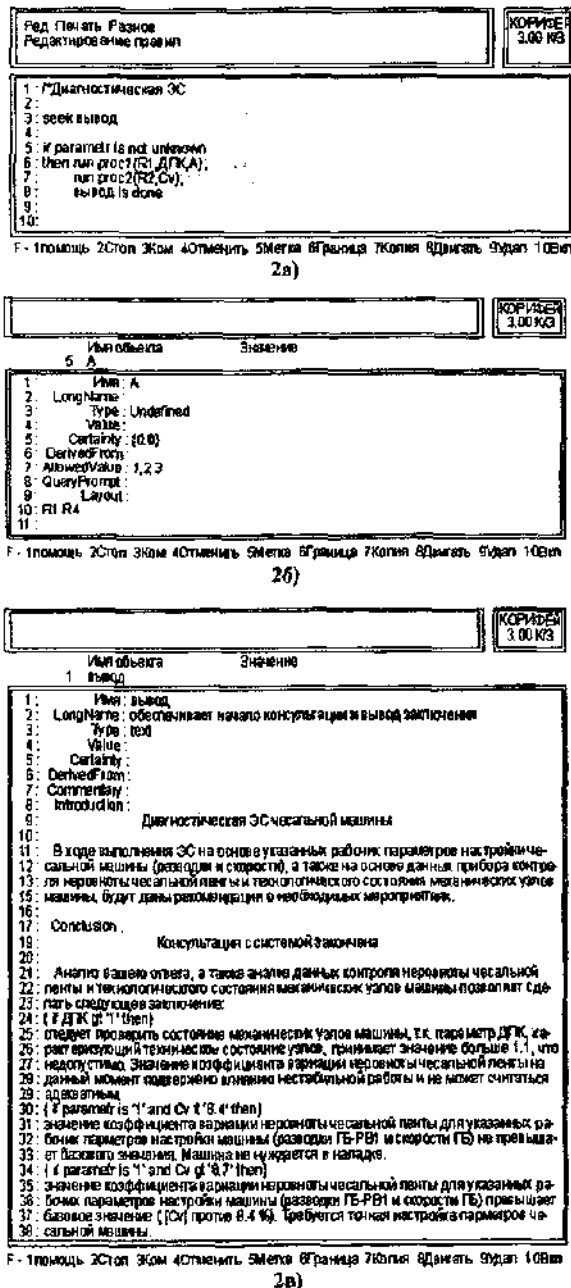


Рис.2 Интерфейс системы КОРИФЕЙ

- 2а) — главный набор правил (БЗ) ЭС;
- 2б) — заполнение слотов объекта А, обеспечивающего доступ к файлам;
- 2в) — заполнение слотов объекта "Вывод"

ТС часальной машины ЧБВ РП в работе используется структура многомашинного технологического агрегата [4]. На рис.3 приведена функциональная схема машины ЧБВ РП с четырьмя приводными устройствами, включающими 4 электродвигателя постоянного тока и силовые преобразователи  $\Pi_{1,2,3,4}$  с контурами управления током и скоростью (угловым по-

ложением) электродвигателей. Внешние контуры, несущие информацию о ТС отдельных узлов системы, реализованы с использованием датчиков виброускорений  $ДВУ_{1,2,3,4}$  и датчика контроля коротковолновой неровности ленты  $ДКНЛ$ .  $i_{1,2,3,4}$  — механические передачи привода;  $V_{1,2,3,4}$  — линейные скорости рабочих органов;  $V_{зад} = \sum V_i$  — заданный суммарный уровень скорости волокнистого потока в машине;  $ДП_{i(i=1,2,3)}$  — действительное значение компонентного диагностического показателя, оценивающего уровень вибраций узла;  $ДП_{6(i=1,2,3)}$  — заданное значение компонентного диагностического показателя.

На рис.4 в качестве примера приведен контур регулирования скорости приемного барабана, преобразованный к виду, удобному для использования в составе многосвязных структур [4]. При этом введены следующие обозначения:

$H_{pe}(s), H_d(s)$  — передаточные функции регулятора скорости и электромеханического преобразователя контура;

$J$  — приведенный момент инерции электропривода;

$\rho_2 = R_2 / A_2$  — радиус приведения;

$R_2$  — радиус приемного барабана;

$i_2$  — передаточное отношение передач в приводе;

$\Omega_{зад}$  — заданная частота вращения приемного барабана;

$\Omega_2$  — частота вращения электродвигателя;

$h_{\lambda}(s) = h_{\omega\lambda}(s) \rho_2$  — передаточная функция устройства;

$H_{\rho\lambda}(s) = H_{pe}(s) H_d(s) / Js$ ;

$h_{\omega\lambda}(s) = \Omega_2(s) / \Omega_{зад}(s)$ ;

$m_{\lambda}(s) = \rho_2 [1 - h_{\omega\lambda}(s)] / Js h_{\omega\lambda}(s)$ ;

$s$  — аргумент Лапласа;

$t_{\lambda}(s) = x_{\lambda}(s) / [V_{\lambda}(s) - V_1(s)]$ , где  $x_{\lambda}$  — вспомогательная координата;

$\omega_{21}(s) = ДП_1(s) / ДП_2(s)$ .

При таком подходе к часальной машине, как к сложной, многосвязной динамической системе, могут быть получены передаточные матрицы, отражающие технологические, механические и электрические взаимосвязи локальных приводных устройств, что позволит значительно расширить БЗ ЭС за счет введения дополнительных процедурных объектов (proc3, proc4 и т.д., см. рис.1). Эти объекты будут отражать влияние скоростей смежных приводных устройств на уровень вибраций, силовых связей приводных устройств и рабочих органов через волокнистый материал, взаимное влияние вибраций рабочих органов машины в зоне обработки волокнистого слоя на качество выходного продукта. **ВЫВОДЫ**

1. Разработан вариант исследовательского прототипа диагностической экспертной системы часальной машины ЧБВ РП, реализованной в виде алгоритмов и специального программного обеспечения в инструментальной среде КОРИФЕЙ.

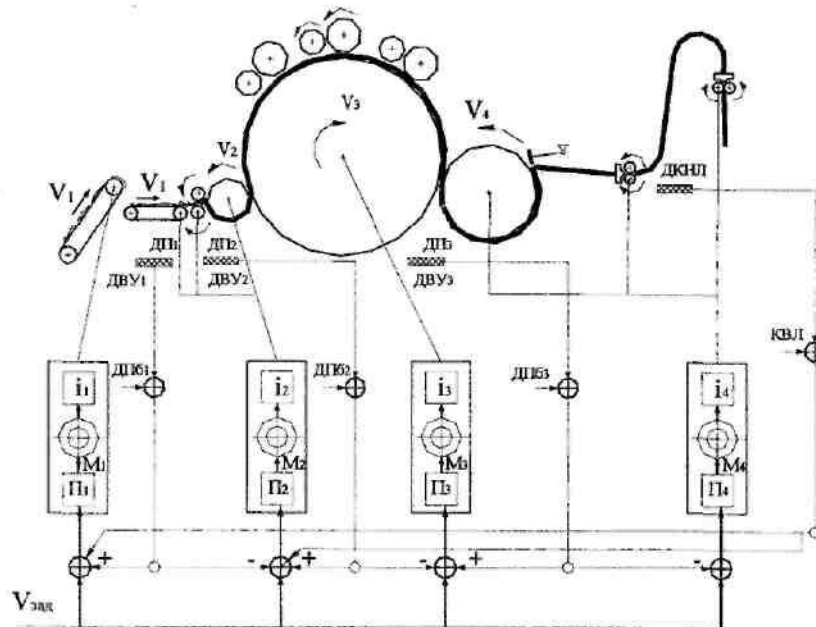


Рис. 3. Функциональная схема чесальной машины ЧВБ РП

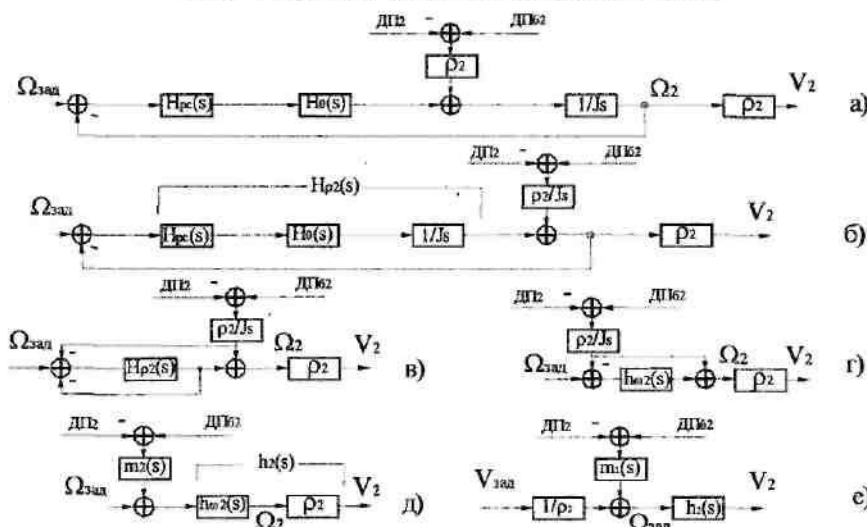


Рис. 4. Исходная структурная схема контура регулирования скорости приемного барабана ЧВБ РП и порядок её преобразования к виду, удобному для использования в составе многосвязных структур

2. Разработана структурная схема согласованного управления регулируемым приводом чесальной ма-

шины ЧВБ РП с учетом технологических, механических и электрических взаимосвязей системы.

### Литература

1. Гусев В.А. Моделирование динамики основных рабочих органов валичной кардочесальной машины // Вестник КГТУ. — 2002. — №5.
2. Гусев В.А. Обеспечение стабильности технического состояния кардочесальных машин. — Кострома: КГТУ, 2001.
3. Блинов А.Н., Воронов М.А. Разработка экспертных систем в инструментальной среде: Учебное пособие. — СПб: СПбГУД, 1998.
4. Тарарыкин С.В., Тютиков В.В. Системы координирующего управления взаимосвязанными электроприводами/ Иван. гос. ун-т. — Иваново, 2000. — 212 с.

V.A.Gusev, V.V.Segacheva, I.V.Morozova

ELABORATION OF CONTROL AUTOMATIZATION SYSTEM AND ROLLER CARD-CORMED MACHINE CONDITION STABILIZATION

УДК 677.072.49

## НЕСИММЕТРИЧНЫЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ КРУТИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

И.А. Делекторская, А.А. Телицын

В работе предложена схема несимметричного АКУ для формирования самокрученого продукта из разнородных компонентов.

Все известные аэродинамические крутильные устройства (АКУ), реализующие в промышленных объемах процесс формирования самокрученной структуры, выполнены по схеме, которая может быть определена классификационным признаком «симметричная». Это означает, что длины зон кручения одиночных компонентов, образующих после соединения самокрученную структуру, одинаковы. В том случае, когда одиночные компоненты однородны по своему составу и линейной плотности, и поэтому при воздействии на них одинаковых крутящих моментов за единицу времени они приобретают равное число кручений, такое конструктивное решение представляется вполне логичным.

На рис.1 показана схема формирования самокрученной структуры в симметричном крутильном устройстве.

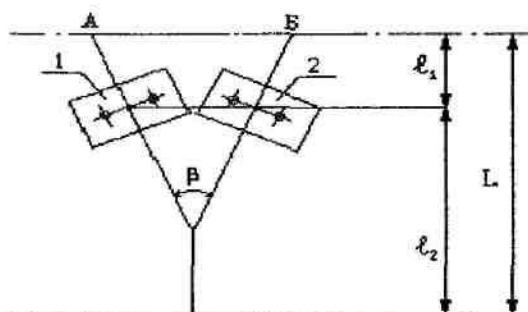


Рис.1.

Здесь 1 и 2 — выюрки знакопеременной крутки с двумя сопловыми каналами;

$L = \ell_1 + \ell_2$  — расстояние между зажимами подающей и отводящей пар «цилиндр—нажимной валик», определяемое как общая длина зоны кручения и формирования;

$\ell_1$  — длина первой зоны кручения одиночного компонента (А или Б);

$\ell_2$  — длина второй зоны кручения одиночного компонента.

При приложении одинаковых по величине знакопеременных крутящих моментов к однородным компонентам А и Б, абсолютные величины их круток во второй зоне кручения будут равны:  $|K_{A2}| = |K_{B2}|$ . Если же крутильное устройство планируется использовать для формирования пряжи или композитных нитей из разнородных компонентов [1], весьма продуктивно, на наш взгляд, может быть использован принцип несимметричности.

Рассмотрим схему формирования самокрученной структуры в несимметричном крутильном устройстве (рис.2).

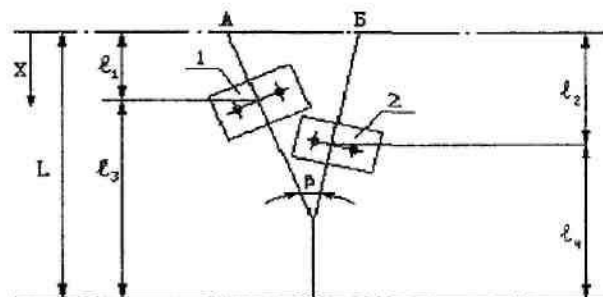


Рис.2.

Для достижения максимальной наглядности опишем процесс для случая, когда интенсивность кручения не зависит от уровня крутки уже сообщенной компоненту, что по предельной классификации [2] соответствует кручению в механическом крутильном устройстве (МКУ).

С учетом допущений, принятых для МКУ в [2], уравнения баланса числа кручений компонентов А и Б в зонах длиной  $\ell_1$ ;  $\ell_2$ ;  $\ell_3$ ;  $\ell_4$  запишутся следующим образом. Для компонента А:

$$\ell_1 \frac{dK_{A1}(x)}{dx} + K_{A1}(x) = \frac{n(x)}{V}; \quad (1)$$

$$\ell_3 \frac{dK_{A3}(x)}{dx} + K_{A3}(x) = -\frac{n(x)}{V}. \quad (2)$$

Для компонента Б:

$$\ell_2 \frac{dK_{B2}(x)}{dx} + K_{B2}(x) = \frac{n(x)}{V}; \quad (3)$$

$$\ell_4 \frac{dK_{B4}(x)}{dx} + K_{B4}(x) = -\frac{n(x)}{V}. \quad (4)$$

Здесь:  $K_{A1}$  и  $K_{A3}$  — крутка компонента А соответственно в зонах длиной  $\ell_1$  и  $\ell_3$ ;

$K_{B2}$  и  $K_{B4}$  — крутка компонента Б соответственно в зонах длиной  $\ell_2$  и  $\ell_4$ ;

$n$  — интенсивность кручения выюрка;

$V$  — линейная скорость движения компонентов.

Нас интересуют в первую очередь крутки одиночных компонентов в зонах длиной  $\ell_3$  и  $\ell_4$ , так как именно они определяют уровень крутки сдвоенной самокрученной структуры.

Решение уравнений (1—4) относительно  $K_{A3}$  и  $K_{B4}$  имеет вид:

$$\bar{K}_{A3}(t) = -\frac{2\gamma_3}{\gamma_3 - 1} \left\{ \frac{\exp(-\alpha_3 \bar{t})}{[1 + \exp(-\alpha_3)]} - \frac{\exp(-\alpha_3 \gamma_3 \bar{t})}{[1 + \exp(-\alpha_3 \gamma_3)]} \right\} \quad (5)$$

$$\bar{K}_{B4}(t) = -\frac{2\gamma_4}{\gamma_4 - 1} \left\{ \frac{\exp(-\alpha_4 \bar{t})}{[1 + \exp(-\alpha_4)]} - \frac{\exp(-\alpha_4 \gamma_4 \bar{t})}{[1 + \exp(-\alpha_4 \gamma_4)]} \right\} \quad (6)$$

Здесь  $\gamma_3 = \frac{\ell_1}{\ell_3}$ ;  $\gamma_4 = \frac{\ell_2}{\ell_4}$ ;  $\alpha_3 = \frac{t_k}{\ell_1}$ ;  $\alpha_4 = \frac{t_k}{\ell_2}$ .

$\bar{t}$  — длина рассматриваемого участка компонента (аналог текущей координаты «х» в выражениях 1,2,3,4 согласно терминологии, принятой в [3]);

$t_k$  — длина полупериода крутки в самокрученной структуре.

Величины  $\bar{K}_{A3}(t)$  и  $\bar{K}_{B4}(t)$  представляют собой нормированные значения круток компонентов А и Б соответственно в зонах длиной  $\ell_3$  и  $\ell_4$ , и по их величине можно судить об относительном уровне крутки реального продукта в этих зонах.

Для оценки возможностей несимметричного АКУ нами была выполнена разработка одного из возможных вариантов блока вихревых камер для условий модернизации серийной прядильной самокруточной машины марки ПСК-225-ЛО.

В этой разработке значения величин, входящих в выражения (5) и (6), составили:

$\gamma_3 = 0,524$ ;  $\gamma_4 = 1,13$ ;  $\alpha_3 = 1,64$ ;  $\alpha_4 = 1,06$ .

Величины  $\bar{K}_{A3}(t)$  и  $\bar{K}_{B4}(t)$  определялись в конце первого полупериода крутки при  $\bar{t} = t_k$ . При

этом длина полупериода крутки принималась равной 90 мм (наиболее часто встречающееся на практике значение).

Произведенные расчеты показывают, что соотношение  $\frac{|\bar{K}_{B4}(t)|}{|\bar{K}_{A3}(t)|}$  составило для заданных условий величину, равную 2,2.

Таким образом, применение крутильного устройства, выполненного по несимметричной схеме, позволяет весьма существенно влиять на крутильную способность левого и правого вьюрков за счет регулирования длин первых и вторых зон кручения. На степень «несимметричности» главным образом будут влиять линейная плотность компонентов и их жесткость на кручение.

При этом конструкция левого и правого вьюрка, а также рабочее давление сжатого воздуха могут остаться неизменными.

В процессе разработки был достигнут еще один немаловажный эффект: за счет несимметричного расположения вьюрков удалось существенно уменьшить значение угла  $\beta$  (см. рис.2), что при использовании в качестве компонентов А и Б готовых нитей позволяет более полно использовать первичную крутку компонентов при формировании сдвоенной структуры и уменьшить длину «нулевых зон». Данный результат получен в ходе проведения промышленного эксперимента и будет проанализирован в последующих публикациях.

#### ВЫВОДЫ

1. Вероятной областью применения несимметричных АКУ могут стать технологии формирования самокрученного продукта из разнородных компонентов.
2. Применение АКУ, выполненных по несимметричной схеме, позволяет существенно уменьшить значение угла  $\beta$  между соединяемыми компонентами.

#### Литература

1. Телицын А.А., Миндовский С.К., Филатова Н.И. О новой концепции развития самокруточного прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1995. — №4.
2. П.М. Мовшович. Самокруточное прядение. — М.: Легпромиздат, 1985.
3. Т.И. Дюканова Разработка технологии получения самокрученной пряжи способом совмещенного формирования и кручения: Дис. ... к.т.н./ КТИ. — Кострома, 1989.

I.A. Delektorskaja, A.A. Telizin  
ASYMMETRICAL AERODYNAMIC TWIST EQUIPMENT

УДК 678.052

## ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТНОГО РАСЧЕТА РОГУЛЕК

Б.П. Балабаев, А.П. Соркин

В данной статье предложен алгоритм автоматизированного определения размеров поперечных сечений ветвей рогульки на этапе проектирования. Его применение позволяет проектировать более высокоскоростные рогульки для ровничных машин.

К рогулке ровничной машины предъявляются высокие и порой противоречивые требования. Методика, предложенная в [1], позволяет определять размеры балансной ветви, исходя только из условия динамической сбалансированности. Ниже предложен алгоритм определения размеров как балансной, так и рабочей ветвей рогульки при одновременном учете условий прочности, жесткости и динамической сбалансированности.

На рис.1 представлена упрощенная блок-схема основного алгоритма. Блоки 1 — 4 выполняет человек вручную, а блоки 5 — 7 выполняет ЭВМ. В блоке 1 необходимо выбрать параметры, подлежащие автоматизированному определению (оптимизации), и составить алгоритмы построения расчетной модели рогульки, исходя из выбранного набора параметров. В блоке 2 необходимо задать набор ограничений на значения параметров с целью не превышения заданных конструктивных размеров рогульки и сохранения рациональной аэродинамической формы ветвей. В простейшем случае набор этих ограничений можно представить в виде:

$$\begin{cases} a_{11}p_1 + a_{12}p_2 + \dots + a_{1n}p_n \geq b_1, \\ a_{21}p_1 + a_{22}p_2 + \dots + a_{2n}p_n \geq b_2, \\ \dots \\ a_{m1}p_1 + a_{m2}p_2 + \dots + a_{mn}p_n \geq b_m, \end{cases}$$

где  $p_1 \dots p_n$  — параметры,

$a_{11} \dots a_{nm}, b_1 \dots b_m$  — const.

В блоке 3 необходимо задать максимально допустимые напряжения в ветвях рогульки (если рогулька состоит из различных материалов, то для каждого материала в отдельности), деформацию ветвей и дисбаланс. Дисбаланс в данном алгоритме приводится к двум плоскостям опор рогульки, а не лапки, как в [1]. Это обстоятельство позволяет в процессе работы алгоритма непосредственно вычислять реакции в опорах рогульки и контролировать их выход за допустимые пределы.

В блоке 4 должны задаваться начальные значения параметров (можно взять размеры реально существующей рогульки). Блок 6 и 7 схематично представляют алгоритм оптимизации. В блоке 7 решается вопрос о прекращении итераций и завершении процесса. В качестве базового алгоритма оптимизации был выбран метод наискорейшего спуска, а для учета граничных условий — метод штрафных функций.

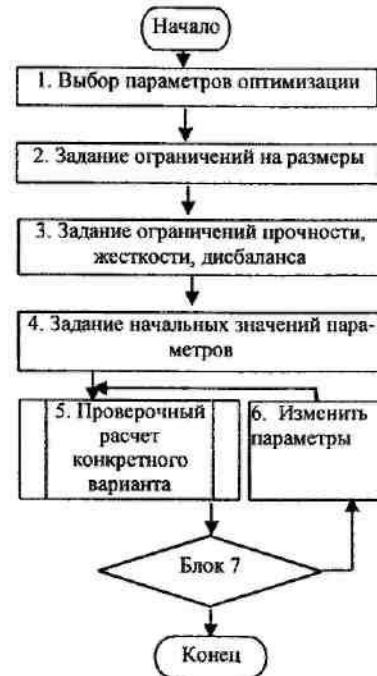


Рис.1. Упрощенная блок-схема основного алгоритма



Рис.2. Упрощенная блок-схема алгоритма проверочного расчета рогульки

В блоке 5 происходит проверочный расчет рогульки. Упрощенная блок-схема данного алгоритма приведена на рис.2.

Особенностями данного алгоритма являются повторный расчет сил (5.2 и 5.6) для определения дополнительных дисбалансов, вызванных деформацией ветвей, и цикл расчета рабочей ветви для нескольких положений лапки.

Для проверки алгоритма в качестве прототипа была выбрана навесная рогулька РП-140, и на ее основе разработана подвесная рогулька, имеющая

на 30% большую предельную частоту вращения, чем прототип, при прочих равных условиях.

По сравнению с обобщенной методикой расчета [1] разработанный алгоритм требует больших вычислительных ресурсов. Однако этот недостаток компенсируется постоянным ростом производительности современных вычислительных машин.

Выводы: разработанный алгоритм позволяет с использованием современных ЭВМ проектировать более высокоскоростные рогульки.

#### Литература

1. Бутовский М.М. Разработка обобщенной методики расчета рогулек ровничных машин и путей снижения нагрузок на опоры рогульчатых веретен: Дис. ... канд.техн.наук. — Ташкент, 1986. — 250с.

P.S.Balabaev, A.P. Sorkin

#### THE GENERALIZED ALGORITHM OF AUTOMATIZED DESIGN FLYER CALCULATION

УДК 677.052.71

#### ОЦЕНКА ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЫПУСКНОГО ЦИЛИНДРА ВЫТЯЖНОГО ПРИБОРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Е.П.Погонщикова, С.Н.Титов

В статье оценена возможность возникновения изгибных колебаний выпускного цилиндра с консольным расположением рифленых тумбочек путем сопоставления их собственных частот с частотами возмущающих воздействий.

Для реализации ассортиментных возможностей самокруточного прядения в докторской диссертации А.А.Телицына [1] была предложена многофункциональная прядильная машина (МФМ). Одной из отличительных особенностей представленной МФМ является техническое решение привода вытяжного прибора, защищенного патентом РФ [2] и обеспечивающего передачу вращения к рабочим валам при помощи червячных передач. Главным преимуществом данного технического решения является двухстороннее консольное расположение цилиндров вытяжного прибора, существенно облегчающее его техническое обслуживание и ремонт.

В предложенном конструктивном решении [2] выпускной цилиндр (рис. 1) представляет собой вал-червяк 1, расположенный в двух шарикоподшипниковых опорах, на свободных концах которого закреплены рифленые тумбочки 2. Цилиндр получает вращение от электродвигателя машины с помощью плоскоременной передачи через шкив 3, расположенный между тумбочкой и подшипниковой опорой. Червячное колесо 4 передает движение на тихоходные валы машины.

Для самокруточного прядения характерны высокие скорости выпуска (от 250 м/мин при выработке пряжи — до 400 м/мин при формировании композитных нитей) и, соответственно, высокие

частоты вращения выпускного цилиндра вытяжного прибора (до  $53 \text{ с}^{-1}$ ). Учитывая, что консольное расположение тумбочек существенно снижает изгибную жесткость цилиндра по сравнению с традиционным решением, необходимо провести расчет конструкции не только на прочность и жесткость, но и на возможность возникновения резонансных явлений. Целью такого расчета является определение собственных частот выпускного цилиндра и сравнение их с частотами возмущающих воздействий.

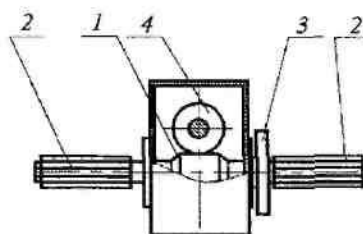


Рис.1. Конструкция выпускного цилиндра

На первом этапе выпускной цилиндр представляем невесомым линейно упругим валом с четырьмя сосредоточенными массами, которые размещаем в центрах масс тумбочек, шкива и червяка. Аналогичная модель рассмотрена для веретена [3]. При очевидной простоте такая модель, по сравне-

нию с системой с распределенными параметрами, дает заниженные (до двух раз) частоты собственных колебаний. Поэтому, если наименьшая собственная частота после первого приближения не будет превышать максимальную частоту возмущающих воздействий более чем вдвое, переходим к линейной модели с распределенными параметрами, где учтем распределение масс и моментов инерции сечений по длине вала. В случае совпадения хотя бы одной из частот возмущающих воздействий с одной из резонансных зон ( $\pm 40\%$  от собственной частоты) модель должна быть уточнена путем добавления в нее диссипативных свойств нажимных валиков, ремня, смазки в червячной передаче, после чего должны быть выданы рекомендации по изменению конкретных конструктивных параметров узла с целью исключения резонансных явлений.

Однако игнорировать первый этап и простейшую модель мы не имеем права, так как в случае получения положительного результата выводы могут быть достаточно глобальными, позволяя конструктору создавать модификации узла в большом диапазоне варьирования конструктивных параметров.

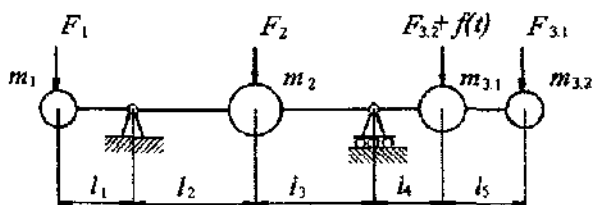


Рис. 2. Расчетная схема выпускного цилиндра

В такой простейшей модели (рис. 2) на вал действуют:

- центробежные инерционные силы  $F_1, F_{3.1}$ , возникающие из-за вращения несбалансированных масс [3];
- кинематическое возмущающее воздействие  $F_2$ , возникающее из-за неточности работы червячного колеса;
- сила натяжения ветвей ремня  $F_{3.2}$  и импульсное воздействие участка склейки ремня  $f(t)$  (рис. 3) [4].

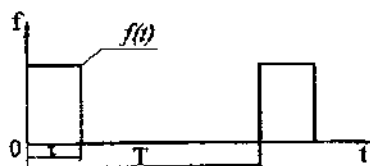


Рис. 3. Импульсное воздействие участка склейки ремня на шкив

Для приближенного определения нижней собственной частоты рассматриваемой колебательной системы воспользуемся формулами, применяемыми для невесомого вала с одной сосредоточенной массой. Представив, что вал (рис. 2) имеет только одну сосредоточенную массу, определим угловую частоту свободных колебаний по формуле [5]:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\Delta ct}}, \quad (1)$$

где  $\Delta ct$  — прогиб вала при статическом действии веса груза  $G$ , м. Величина прогиба определяется методами теории сопротивления материалов [5].

Последовательно прикладывая к невесомому валу силы  $G_1$  ( $G_1 = m_1g$ ),  $G_2$  ( $G_2 = m_2g$ ),  $G_3$  ( $G_3 = m_{3.1}g$ ),  $G_4$  ( $G_4 = m_{3.2}g$ ), получим значения прогибов  $\Delta ct_1, \Delta ct_2, \Delta ct_3, \Delta ct_4$  и, воспользовавшись формулой (1), угловые частоты свободных колебаний  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ . Общую критическую угловую частоту  $\omega_0$  невесомого вала, имеющего одновременно все массы, можно приближенно определить по методу Дункерля [3]:

$$\frac{1}{\omega_0^2} = \frac{1}{\omega_1^2} + \frac{1}{\omega_2^2} + \frac{1}{\omega_3^2} + \frac{1}{\omega_4^2}. \quad (2)$$

Наименьшая собственная частота  $f$  определяется по формуле [5]:

$$f = \frac{\omega_0}{2\pi}. \quad (3)$$

Найденное значение наименьшей собственной частоты необходимо сравнить с частотами возмущающих воздействий:

- $p_1$  — частота возмущающих воздействий  $F_1 \sin p_1 t, F_{3.1} \sin p_1 t$ , появляющихся при вращении несбалансированных масс (рифленых тумбочек);
- $p_2$  — частота кинематического воздействия  $F_2 \sin p_2 t$ ;
- $p_3$  — частота возмущающего воздействия  $F_{3.2} \sin p_3 t$ , характеризующего колебания натяжения ветвей ремня;
- $p_4$  — основная частота импульсного воздействия участка склейки ремня  $f(t)$ .

Частоты  $p_1, p_2, p_3, p_4$  определяются по следующим формулам:

$$p_1 = \frac{V}{30D}, \quad (4)$$

где  $V$  — скорость выпуска, м/мин;  
 $D$  — диаметр рифленой тумбочки, м.



$$p_2 = \frac{p_1}{i}, \quad (5)$$

где  $i$  — передаточное отношение червячной передачи.

$$p_3 = \sqrt{\frac{Cr}{m}}, \quad (6)$$

где  $Cr$  — продольная жесткость ремня, Н/м;  
 $m$  — приведенная масса колебательной системы, кг.

$$p_4 = \frac{2\pi}{T}, \quad (7)$$

где  $T$  — период (рис.3), с;

$$T = \frac{60L}{V_1}, \quad (8)$$

где  $V_1$  — скорость движения ремня, м/мин;  
 $L$  — длина ремня, м.

$$V_1 = \frac{D_1}{D} V, \quad (9)$$

где  $D_1$  — диаметр шкива, м.

В таблице (табл. 1) приведены результаты расчета наименьшей собственной частоты и частот возмущающих воздействий при следующих исходных данных:

а) параметры вала: диаметр вала  $d = 0,02$  м, длины участков вала  $l_1 = 0,081$  м,  $l_2 = 0,039$  м,  $l_3 = 0,045$  м,  $l_4 = 0,036$  м,  $l_5 = 0,069$  м, модуль упругости материала вала  $E = 2,04 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>;

б) параметры рифленых тумбочек:  $D = 0,04$  м, масса тумбочки 0,846 кг;

в) параметры червячной передачи:  $i = 5$ , масса червяка 0,806 кг;

д) параметры ременной передачи:  $D_1 = 0,08$  м, масса шкива 0,75 кг,  $Cr = 5,042 \cdot 10^3$  Н/м,  $L = 2,55$  м.

Результаты расчета показывают, что низшая частота свободных колебаний на 2 порядка превышает рабочие частоты. Таким образом, в предложенном диапазоне конструктивных размеров выпускной цилиндр обладает достаточной жесткостью, и возможность возникновения резонанса отсутствует.

#### ВЫВОДЫ

1. Впервые проведен расчет на изгибные колебания выпускного цилиндра с консольным расположением рифленых тумбочек.
2. Полученное значение низшей частоты свободных колебаний на 2 порядка превышает рабочие частоты, поэтому в принятом диапазоне конструктивных размеров возможность возникновения резонанса отсутствует.

Таблица 1

Результаты расчета низшей собственной частоты и частот возмущающих воздействий

Скорость выпуска, м/мин	Частоты возмущающих воздействий, с <sup>-1</sup>				Собственные частоты изгибных колебаний						
	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$\omega \cdot 10^3$ рад/с					$f$	
V					$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	$\omega_4$	$\omega_5$		
250	33,2	6,6	11,5	3,3	9,6	35,7	38,0	7,5	5,7		918,2
400	53,1	10,6		5,2							

#### Литература

1. Телицын А.А. Развитие технологии процесса самокручения текстильных материалов и создания оборудования для их реализации: Дис... докт. техн. наук. — Кострома, 2000. — 288 с.
2. Пат. 2068889 РФ, МПК D 01 H 1/22. Привод вытяжного прибора текстильной машины/ А.А.Телицын, В.Г.Высварко, Н.И.Филатова, Т.Н.Телицына (РФ). — №93015424/12; Заявл. 24.03.93; Опубл. 10.11.96.
3. Расчет и конструирование машин прядильного производства / Под общ. ред. А.И.Макарова. — 2-е изд., перераб. — М.: Машиностроение, 1981. — 464с.
4. Передачи к крутильно-мотальным механизмам текстильных машин/ Н.А.Георгиевский, С.Г.Петров, В.Н.Аносов, Я.И.Коритыцкий. — М.: Легкая индустрия, 1979. — 224 с.
5. Справочник по сопротивлению материалов/ Г.С.Писаренко, С.Г.Петров, А.П.Яковлев, В.В.Матвеев / Отв. ред. Г.С.Писаренко. — Киев: Наук. думка, 1988. — 736 с.

E.P.Pogonshikova, S.N.Titov

ESTIMATION OF MULTIFUNCTIONAL SPINNING MACHINE EXHAUST SET EXHAUST CYLINDER BEND VIBRATION

УДК 677.058

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КУЛАЧКОВЫХ ВАЛИКОВ БАТАННЫХ КОРОБОК СТАНКОВ СТБ

В.В. Данилов

Рассматриваются особенности износа кулачковых валиков батанных коробок станков СТБ и метод восстановления их работоспособности путем шлифования в ремонтный размер.

Кулачковый валик в батанной коробке при взаимодействии с роликами двуплечного рычага обеспечивает заданную кинематику движения батана при пролете прокладчика и прибое уточной нити. На валике находятся два соосных дисковых кулачка А и Б, профиль которых должен обеспечивать геометрическое замыкание при вращении. Нормативно-технической документацией установлено, что вращение валика в коробке должно происходить без заеданий, а допустимый суммарный зазор между кулачками и роликами не должен превышать 0,06 мм. В процессе эксплуатации станков вследствие износа рабочих поверхностей зазор возрастает, что приводит к снижению точности позиционирования батана, нарушению технологического процесса и отказам. В ремонтном производстве ткацких цехов увеличение зазора компенсируют установкой роликов большего диаметра, что может восстановить работоспособность батанной коробки при условии равномерного износа рабочих поверхностей кулачков. Однако неравномерный характер нагрузки за один рабочий цикл обуславливает и неравномерный характер радиального износа кулачков.

Проведены замеры износа рабочих поверхностей кулачковых валиков в ткацком производстве БКЛМ (г. Кострома). У кулачков А и Б контролировались основные размеры  $A_1, A_2, B_1, B_2$  и текущие радиусы для кулачковых валиков, отработанных из эксплуатации вследствие предельного износа (рис.1).

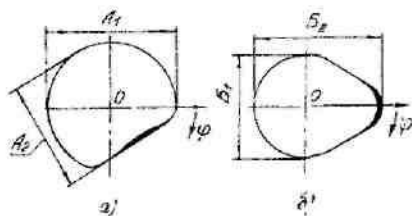


Рис. 1. Износ кулачкового валика:  
а) кулачок А, б) кулачок Б

Замеры показали, что износ на участках постоянного радиуса (при выстое батана), практически отсутствует, размеры  $A_1, B_1$  соответствуют технической документации. Для кулачка А характерно как наличие заметной зоны износа в районе углов  $\varphi=30-75^\circ$  в пределах до 0,25 мм, так и увеличение размера  $A_2$

до 0,3 мм выше нормативного. Последнее объясняется наличием следов молекулярного схватывания материала кулачка и ролика, следы которого отчетливо просматриваются на поверхности. Причина этого может заключаться в том, что для ликвидации зазора в коробке при ремонте в нее устанавливаются ролики с чрезмерным натягом, а также при нарушении нормальной смазки. Следствием этого является заклинивание роликов на оси, качение ролика заменяется скольжением. На кулачке Б следов схватывания не наблюдается, у всех имеет место примерно одинаковый износ в зоне, показанной на рис.1, величиной 0,2 — 0,35 мм.

Кулачковый валик — одна из наиболее дорогостоящих деталей станка СТБ. Это высокоточная деталь весом более 13 кг, со сложным профилем и многоступенчатой термической обработкой, изготовленная из качественной легированной стали. Нарушения технологического процесса при работе с изношенными валиками и значительные финансовые затраты при их замене делают задачу восстановления их работоспособности весьма актуальной.

Было предложено восстанавливать геометрию рабочих поверхностей кулачков методом снятия слоя материала эквидистантно исходному профилю. Учитывая величину износа, термообработку поверхности (закалка ТВЧ HRC 50...55) и ее геометрию, наиболее целесообразным является способ круглого шлифования по копиру. Для реализации данного способа разработан специализированный копирувально-шлифовальный станок, схема которого приведена на рис.2,а.

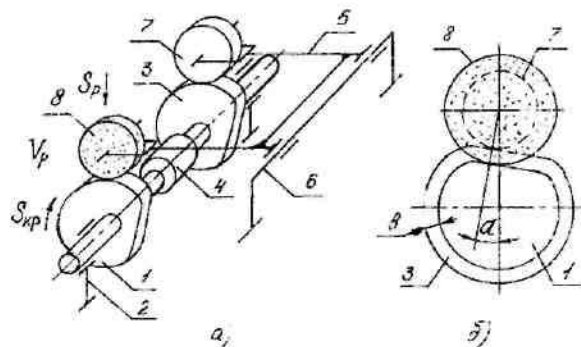


Рис. 2. Схема шлифования кулачковых валиков:  
а) принципиальная схема копирувально-шлифовального станка,  
б) схема обработки кулачка.

Изношенный кулачковый валок 1 устанавливается в подшипниковых опорах 2 на одной оси с неизношенным (эталонным) валком 3, являющимся копиром, и соединяется с ним жесткой муфтой 4. Им придается вращение со скоростью круговой подачи  $S_{кр}$ . На неподвижной оси 6 установлен копирующий суппорт 5, опирающийся на валок 3 копирующим роликом 7 и имеющий шлифовальный круг 8, вращающийся со скоростью резания  $V_p$ . Шлифовальный круг имеет механизм радиальной подачи  $S_p$ . Данная схема обработки накладывает определенные ограничения на размеры шлифовального круга (рис. 2, б). Для точного получения эквидистантного профиля в конце процесса шлифования ось шлифовального круга должна совместиться с осью копирующего ролика, а диаметр шлифовального круга должен быть больше диаметра ролика на величину снимаемого припуска  $b$ , который, в свою очередь, в идеальном случае должен быть равен величине максимального износа кулачка.

Поскольку шлифовальный круг изнашивается в процессе обработки, необходимо устанавливать допустимые пределы изменения его диаметра, исходя из необходимой точности профиля. Расчеты показывают, что отклонение не должно превышать величины

$$\frac{\Delta k}{1 - \cos \alpha_{\max}}, \quad (1)$$

где  $\Delta k$  — допуск на профиль кулачка, мм;  
 $\alpha_{\max}$  — максимальный угол наклона нормали профиля в точке касания.

В настоящее время опытная партия кулачковых валков, отшлифованных в ремонтный размер по описанной технологии, проходит производственные испытания на БКЛМ. Величина снятого припуска составила до 0,3 мм, при этом использованы ролики ремонтных размеров увеличенного радиуса на 0,35—0,40 мм.

V.V. Danilov  
RECONSTRUCTION OF STB LOOM SLAY BOX CAM EFFICIENCY

УДК 677.052.484.4:621.3.019.3

РАСЧЕТ НОРМ РАСХОДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МАШИН

В.П. Каванишник

В работе приводятся методы расчета — прогноза норм расхода запасных частей для проектируемых машин. На основе средних ресурсов деталей-аналогов можно определить ожидаемую потребность в замене деталей в зависимости от срока службы каждой машины, находящейся в смешанном по возрасту машинном парке эксплуатируемой техники.

Рассмотрим методику на примере детали — «ремень тангенциального привода роторов» пневмомеханических прядильных машин ППМ-120-А1М и ППМ-120-МС, эксплуатируемых на АО «Кохлома».

Характеристики потоков замен детали меняются в каждом последующем ремонтном цикле работы машины. Поэтому необходимо знать в первом приближении число ремонтных циклов за весь срок службы машины до ее списания. Число ремонтных циклов определялось по формуле [1]:

$$\Omega' = \frac{8760 \cdot T_a \cdot K_u}{T_{p-epk}} \leq \Omega,$$

где  $T_a$  — средний срок службы машины до списания (10 лет);

$K_u$  — коэффициент использования машины в течение года ( $K_u = 0,467$ );

$T_{p-epk}$  — средний ресурс до первого капитального ремонта, час ( $T_{p-epk} = 6300$ ).

Число замен детали можно вычислить по формуле, учитывающей весь срок службы машины:

$$F' = \frac{T_{p-epk} \cdot k_j \cdot \Omega'}{T_{p-ep}} - 1 \leq F,$$

где  $k_j$  — коэффициент использования детали ( $k_j = 1$ );

$T_{p-ep}$  — средний ресурс детали ( $T_{p-ep} = 8 \text{ мес} = 4000 \text{ час}$ ).

Среднее число замен деталей в каждом ремонтном цикле:

$$Y = \frac{F' + 1}{\Omega'}$$

Срок службы детали до ее первой замены:

$$t^{(1)} = \frac{T_{p-ep}}{8760 \cdot k_u \cdot k_j}$$

Так как  $Y = 2 > 1$ , то для определения потока замен воспользуемся формулой [1]:

$$t^{(n)} = t_{\Sigma} + t_y,$$

где  $t_{\Sigma}$  — суммарный срок службы машины (к началу данного ремонтного цикла) с замененной деталью;

$$t_{\Sigma} = t^{(1)} \cdot Y \cdot S_R,$$

где  $S_R$  — суммарное сокращение предыдущих ремонтных циклов;

$$S_R = \frac{1 - C^{R-1}}{1 - C},$$

где  $C$  — коэффициент сокращения каждого последующего ремонтного цикла;  $C = 0,8—0,95$ .  
 $R$  — порядковый номер ремонтного цикла;

$t_y$  — срок замены ремня в каждом ремонтном цикле;

$$t_y = t^{(1)} \cdot B_R \cdot C^{R-1},$$

где  $B_R$  — коэффициент периодичности замены (условный порядковый номер замены детали в каждом ремонтном цикле);

$$B_R = f_j - (R - 1) \cdot Y,$$

где  $f_j$  — номера замен детали.

При	$R = 1$	$0 < f_j \leq 2$	$f_j = 1; 2;$
	$R = 2$	$2 < f_j \leq 4$	$f_j = 3; 4;$
	$R = 3$	$4 < f_j \leq 6$	$f_j = 5; 6;$
		.....	
	$R = 6$	$10 < f_j \leq 11$	$f_j = 11.$

Результаты расчета потока замен детали с учетом принятых обозначений сведены в таблицу.

Таблица 1

Значения потока замен детали

$R_i$	$f_j$	$B_R$	$S_R$	Суммарное сокращение ремонтных циклов, $A_R$	Срок службы машины к началу $i$ -го ремонтного цикла, $t_{\Sigma}$	$t_y$	Поток замен детали, $t^{(n)}$ , год
1	1	1	0	0	0	0,977	0,977
	2	2	0	0	0	1,954	1,954
2	3	1	1	2	1,954	0,879	2,833
	4	2	1	2	1,954	1,758	3,712
3	5	1	1,9	3,8	3,712	0,791	4,503
	6	2	1,9	3,8	3,712	1,582	5,294
4	7	1	2,71	5,42	5,294	0,712	6,006
	8	2	2,71	5,42	5,294	1,424	6,718
5	9	1	3,4	6,8	6,718	0,641	7,359
	10	2	3,4	6,8	6,718	1,282	8
6	11	1	4,1	8,2	8	0,577	8,577

Таким образом, за 10 лет эксплуатации машины до ее списания ремень тангенциального привода будет заменяться 11 раз, первая замена через 0,977 года, последняя — через 8,577 года.

Для определения ежегодной потребности в запасных ремнях необходимо учитывать не только средние значения периодов замен, но и их характеристику разброса значений возможных замен относительно средних периодов. Величины среднего квадратического отклонения продолжительности работы машины до каждой очередной замены:

$$\sigma_j^{(n)} = \sigma_j^{(1)} \sqrt{f_j},$$

где  $\sigma_j^{(1)}$  — продолжительность работы машины до первой замены данной детали ( $\sigma^{(1)} = 0,25$ ).

Ежегодную потребность в запасных деталях для одной машины подсчитывали с учетом возможного распределения срока замены детали. Ввиду

многофакторного влияния на сроки постановки машины в ремонт для замены данной детали можно считать, что наиболее обоснованным является нормальное распределение этих сроков. Ежегодную потребность (в долях единицы) рассчитывают путем интегрирования кривой распределения срока очередной замены детали в пределах  $m$ -го года эксплуатации машины:

$$\Delta\Phi_{m,j}^{(f_j)} = \frac{1}{\sigma_j^{(f_j)} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{m-1}^m e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{t-t_j^{(f_j)}}{\sigma_j^{(f_j)}} \right)^2} \cdot dt,$$

где  $m$  — год эксплуатации машины (1—10);

$t_j^{(n)}$  — поток замен детали;

$\sigma_j^{(n)}$  — среднее квадратическое отклонение продолжительности работы машины до каждой очередной замены детали.

$$\frac{t-t_j^{(f_j)}}{\sigma_j^{(f_j)}} = Z,$$

где Z — квантиль нормированной случайной величины t (срока службы детали до очередной замены).

По таблице интегралов вероятностей  $\Phi_z$  определяли значения ежегодной долевой потребности как разность интегралов вероятностей:

$$\Delta\Phi_{m,j}^{(f_j)} = \Phi\left(\frac{m-t_j^{(f_j)}}{\sigma_j^{(f_j)}}\right) - \Phi\left(\frac{m-1-t_j^{(f_j)}}{\sigma_j^{(f_j)}}\right).$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Ежегодная потребность в долях единицы в запасных деталях на одну машину

f <sub>j</sub>	t <sub>j</sub> <sup>(f<sub>j</sub>)</sup> , год	σ <sub>j</sub> <sup>(f<sub>j</sub>)</sup> , год	m, год	Z <sub>m,j</sub> <sup>(f<sub>j</sub>)</sup>	Φ <sub>m,j</sub> <sup>(f<sub>j</sub>)</sup>	ΔΦ <sub>m,j</sub> <sup>(f<sub>j</sub>)</sup>	Потребность на весь парк машин
							ΔΦ <sub>m</sub> <sup>(f<sub>j</sub>)</sup>
1	0,977	0,25	1	0,09	0,5359	0,5359	39
			2	4,09	1	0,4641	34
			3	8,09	1	0	0
			4	12,09	1	0	0
			5	16,09	1	0	0
			6	20,09	1	0	0
			7	24,09	1	0	0
			8	28,09	1	0	0
			9	32,09	1	0	0
			10	36,09	1	0	0
2	1,954	0,35	1	-2,73	0,0031	0,0031	0
			2	0,13	0,5517	0,5486	40
			3	2,99	0,9986	0,4469	33
			4	5,85	1	0,0014	0
			5	8,93	1	0	0
			6	11,79	1	0	0
			7	14,87	1	0	0
			8	17,5	1	0	0
			9	20,36	1	0	0
			10	23,2	1	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...
11	8,577	0,83	1	-8,7	0	0	0
			2	-7,5	0	0	0
			3	-6,29	0	0	0
			4	-5,09	0	0	0
			5	-4,31	0	0	0
			6	-3,1	0,001	0,001	0
			7	-1,9	0,0287	0,0277	2
			8	-0,7	0,242	0,2133	16
			9	0,51	0,695	0,453	33
			10	1,71	0,9563	0,2613	19

Таблица 3

Ежегодная потребность в замене ремня тангенциального привода

Номер замены детали f <sub>j</sub>	Год эксплуатации машины									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	39	34	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	40	33	-	-	-	-	-	-	-
3	-	2	46	25	-	-	-	-	-	-
4	-	-	7	47	19	-	-	-	-	-
5	-	-	-	13	46	14	-	-	-	-
6	-	-	-	1	22	41	9	-	-	-
7	-	-	-	-	5	32	32	4	-	-
8	-	-	-	-	1	11	36	23	2	-
9	-	-	-	-	-	3	20	36	13	1
10	-	-	-	-	-	-	7	29	29	8
11	-	-	-	-	-	-	2	16	33	19
Итого	39	76	86	86	93	101	106	108	77	28

Из таблицы 2 следует, что потребность в очередной замене распределена на несколько лет эксплуатации машины. Например, одиннадцатая замена со средним сроком 8,577 года для парка из 73 машин произойдет на седьмом году эксплуатации для двух машин, на восьмом — 16 машин, на девятом — 33 машины, а для девятнадцати машин одиннадцатая замена произойдет лишь в десятом году их эксплуатации.

Ежегодная потребность в ремне тангенциального привода по всем номерам замен в пределах

$m$ -го года эксплуатации машины определяется суммой по всем заменам по формуле:

$$\Delta\Phi_m = \sum_{f_j=1}^{F_j} \Delta\Phi_m^{(f_j)},$$

где  $\Delta\Phi_m^{(f_j)}$  — ежегодная потребность в запасных деталях, шт.

Результаты расчета сведены в таблицу 3.

#### Литература

1. Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. Справочник по расчету надежности машины на стадии проектирования. — Москва: Машиностроение, 1986.

V.P. Kalashnik

#### CULCULATION OF SPARE PARTS EXPENSE NORMS IN MACHINE DESIGNING

УДК 677.057.121.5

#### О ЗАХВАТЕ И САМОТОРМОЖЕНИИ В ВАЛКОВЫХ МЕХАНИЗМАХ

Л.Г. Городисский, Г.К. Кузнецов

Проводится сравнение двух возможных случаев поведения обрабатываемого материала при подаче в пару валков — захвата и самоторможения. Рассматривается механика проводки неравномерного по толщине слоя через пару валков.

Впервые явление невозможности захвата полосы валками названо «самоторможением» в работе [1]. Хотя явление захвата полосы валками и формулировка условий захвата широко известны [2, 3, 4], противоположному состоянию внимания вообще не уделялось. Самоторможение в валковых механизмах может иметь место в двух случаях. Во первых, это нежелательное торможение полосы в связи с прохождением неровностей в прокатываемом материале или при наличии в нем случайных жестких включений (пробуксовка), т.е. при нарушении условий захвата. Во вторых, это конструктивное состояние, при котором контактирующая с поверхностью валков деталь гарантированно не должна быть захвачена валковой парой.

Для валковых механизмов известно условие захвата полосы валками [2]:

$$f > \operatorname{tg} \alpha.$$

При противоположном направлении знака (<) неравенство определяет область самоторможения (здесь  $f$  — коэффициент трения скольжения,  $\alpha$  — угол захвата полосы валками). Таким образом, эти два состояния разделены границей

$$f = \operatorname{tg} \alpha,$$

которую и следует определить при изучении того и другого состояний.

В традиционном понимании явления самоторможения движение объекта невозможно при действии сил определенного направления любой величины. Простейшими примерами этого явления могут быть наклонная плоскость и винтовая пара [5, 6]. Здесь движение по наклонной плоскости под действием вертикальной силы или движение винта под действием осевой силы невозможно. В валковых механизмах это состояние может быть преодолено с помощью силы, направленной в сторону движения. Этот случай в механике валков носит название принудительного захвата [2]. Принудительный захват может быть осуществлен с помощью силы «внешней» по отношению к системе валки—полоса и силы внутренней для этой системы. Внутренней силой для машин текстильной и легкой промышленности является сила трения валка и прокатываемого материала, приложенная к участку материала, находящемуся перед утолщением. Рассмотрим случай прохождения материала с утолщением через пару валков с деформируемым покрытием (рис. 1) при симметричной схеме взаимодействия валков с материалом. Кроме того, введем следующие допущения:

1. Утолщение в виде порога симметрично относительно направления движения.
2. Полоса жесткая, поверхность валка деформируемая, контакт в точке  $A$  при проходе утолщения не нарушается, хотя бы в начальный период.
3. Трением качения можно пренебречь.

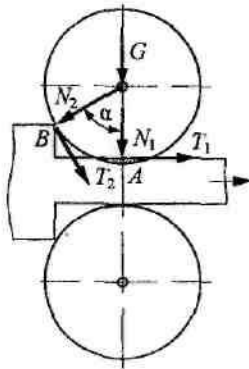


Рис. 1.

Пренебрегая динамическими эффектами, составим уравнение статики для момента входа утолщения в зев пары валков:

$$T_1 + T_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha = 0$$

Знак  $>$ , поставленный вместо знака равенства, будет соответствовать успешному прохождению утолщения, т.е. захвату материала, знак  $<$  соответственно — самоторможению полосы. Решение этого уравнения позволит определить условия захвата и границу между захватом и самоторможением в условиях приложения внутренней принуждающей силы. Считая, что в точках A и B трение предельное, то

$$T_1 = fN_1; \quad T_2 = fN_2.$$

При этом условии получим статически неопределенное равенство:

$$fN_1 + fN_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha = 0.$$

Для получения решения необходимо знать соотношение между  $N_1$  и  $N_2$ .

Действительно, в начале входа утолщения  $N_2 = 0$  и  $N_1 = G$ . В развитии явления эти значения изменяются — первое возрастает, второе убывает. Предположим, что при сохранении контакта в точке A на определенной стадии процесса втягивания полосы эти величины сравниваются, т.е.

$$N_1 = N_2.$$

Подставляя в равенство, получим:

$$f + f \cos \alpha - \sin \alpha = 0.$$

После преобразований  $f = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha}$  или  $f = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ .

При нормальном захвате  $f > \operatorname{tg} \alpha$  и угол захвата должен быть меньше угла трения  $\varphi$

$$\alpha < \varphi \quad (f = \operatorname{tg} \varphi).$$

В рассмотренном случае принудительного захвата он должен быть менее двух углов трения.

Если в процессе втягивания неровности в зев пары валков контакт в точке A нарушается, то дальнейшее развитие явления (захват или самоторможение) определяет текущее значение угла захвата в момент нарушения контакта в точке A.

При практическом решении вопросов обеспечения захвата или самоторможения следует, в том и другом случае, обеспечить запас, гарантирующий либо надежное прохождение материала в валках независимо от возможных случайных влияний, либо надежное самоторможение [7].

Захват материала может проходить под действием силы внешнего принуждения, которая в принципе может достигать сколько угодно большого значения. Однако, при подвижной оси одного из валков пары величина этой силы ограничивается условиями трения в цапфе подвижного валка, а также геометрией валка и полосы. При неподвижных осях обоих валков граница преодоления самоторможения ограничена также и деформативными факторами.

При несимметричной схеме взаимодействия (привод валков, коэффициенты трения, геометрия полосы) требуется проведение дополнительного анализа [8, 9].

Рассмотренный анализ может служить основой для расчета устройств уплотнения в роликовых затворах и валковых пар при проводке неравномерной полосы.

#### ВЫВОДЫ

1. Явление возможности и невозможности захвата полосы валками следует учитывать при конструировании валковых механизмов и при подготовке материала к обработке в валках.
2. Принудительный захват для преодоления самоторможения может осуществляться с помощью внешних и внутренних сил системы. При принудительном захвате с помощью трения предельный угол захвата в первом приближении в два раза больше, чем такой угол при естественном захвате.
3. Возможности принудительного захвата ограничены геометрическими и фрикционными условиями.

#### Литература

1. Л.Г. Городисский, Г.К. Кузнецов. «Самоторможение» в валковых механизмах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2002. — № 3.

2. А.П. Грудев. Теория прокатки. — М.: Металлургия, 1988.
3. Ю.Г. Фомин и др. Основы теории, конструкция и расчет валковых машин. Часть 1. — Иваново, 1999.
4. Г.К. Кузнецов. Условие втягивания и движения в валках деформируемого слоя волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1986. — № 4.
5. А.Ф. Крайнев. Словарь-справочник по механизмам. — М.: Машиностроение, 1987.
6. Н.И. Левитский. Теория механизмов и машин. — М.: Наука, 1979.
7. А.П. Саввин. Запас самоторможения, как способ оценки надежности самотормозящих механизмов // Вестник машиностроения. — 1960. — № 7.
8. Г.К. Кузнецов. Об условиях захвата слоя при свободном верхнем валке отжимной пары // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1964. — № 2.
9. Г.К. Кузнецов, Т.Х. Синошева. Об условиях захвата материала в валковых парах текстильных машин. — Деп. ЦНИИТЭИлегпром 09.07. 82, № 596лп — Д 82.

L.G. Gorodissky, G.K. Kusnetsov  
ABOUT CATCHING AND SELF-BRAKING OF ROLLER MECHANISMS

УДК 621.828.3:621.01

**КИНЕМАТИКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ  
С ВРАЩАТЕЛЬНЫМИ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ КИНЕМАТИЧЕСКИМИ ПАРАМИ**

В.А. Мартышенко

Рассматривается класс задач об определении положений звеньев пространственных рычажных механизмов. Предложена модель обобщенного пространственного звена в виде трехэлементного модуля — ТЭМ, для которого получены два вида тензорных уравнений, устанавливающих связи между узловыми линейными и угловыми координатами и геометрическими и кинематическими параметрами ТЭМ. На основе уравнений ТЭМ и топологии структуры механизма формируются уравнения для механизмов произвольного вида.

Наиболее сложной задачей кинематического анализа пространственных рычажных механизмов является определение положения звеньев механизма, так как относится к классу нелинейных задач. Существуют многочисленные методы решения по определению положения звеньев пространственных рычажных механизмов. Статья не позволяет даже бегло перечислить многочисленные основные публикации по этому вопросу, ограничимся только ссылкой на достаточно подробный обзор этих работ [1].

Наибольший интерес представляют машинные методы решения этих задач. Данная статья содержит обобщение ранее выполненных исследований для плоских рычажных механизмов на область пространственных рычажных механизмов [2,3]. Кроме того, ставилась цель — проведение исследований задач кинематики, кинестатики и динамики рычажных механизмов на основе единого методологического подхода.

В качестве обобщенного звена пространственного рычажного механизма рассмотрим трехэлементный модуль 1234 (рис. 1), элементы 12, 23 и 34 имеют соответственно длины  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$ . Элементы 12 и 34, жестко соединенные в узлах 2 и 3 с элементом 23, расположены в параллельных плоскостях, перпендикулярных оси элемента 12. Таким образом, оси элементов 12 и 34 являются перекрещивающимися прямыми с углом  $\alpha$ . Для обобщенного звена

принято, что длина  $l_2$  и угол  $\alpha$  являются постоянными параметрами звена, не изменяющимися при произвольной ориентации его в пространстве.

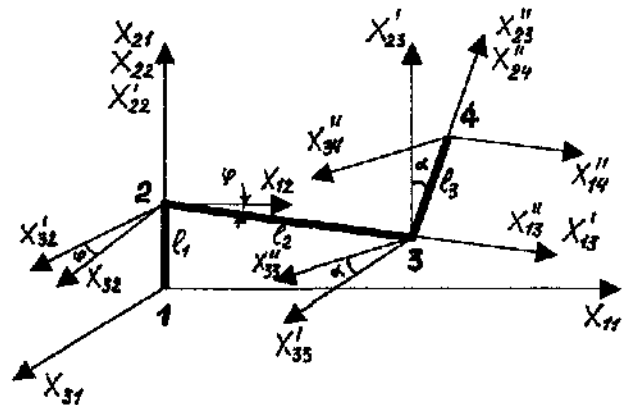


Рис. 1.

Обобщенное звено узлами 1 и 4 соединяется с другими обобщенными звеньями пространственного механизма с помощью цилиндрических (цилиндрическая пара имеет две степени свободы — угловое перемещение относительно оси кинематической пары и линейное перемещение вдоль оси кинематической пары) или вращательных (вращательная кинематическая пара имеет только одну степень свободы — угловое перемещение относительно оси



кинематической пары) кинематических пар. Длины элементов 12 и 34 при вращательных кинематических парах принимаются постоянными (в том числе могут быть и нулевыми), при цилиндрических кинематических парах принимаются переменными, определяемыми из анализа положения звеньев механизма в пространстве. Таким образом, оси элементов 12 и 34 представляют собой оси относительного вращения связанных с этим звеном инцидентных звеньев.

Рассмотрим трехэлементный модуль (ТЭМ) пространственного рычажного механизма 1234 в декартовой системе координат  $X_1 X_2 X_3$ .

Совместим элемент 12 с осью  $X_2$  и узел 1 с началом координат. Кроме того, введем еще ряд координат с двумя нижними индексами и верхним индексом. Первый индекс принимает значения 1, 2 и 3, что означает взаимную перпендикулярность трехгранника осей. Второй индекс принимает значения узла, совпадающего с началом координат трехгранника. Если через один и тот же узел проходит не одна система координат, то для их отличия друг от друга введем верхний штриховой индекс.

Через узел 1 проведем трехгранник  $X_{11}X_{21}X_{31}$ , полностью совпадающий с трехгранником  $X_1 X_2 X_3$ .

Через узел 2 проведем трехгранник  $X_{12}X_{22}X_{32}$ , полученный путем жесткого поступательного переноса трехгранника  $X_{11}X_{21}X_{31}$  из узла 1 в узел 2. Так как ось 12 является осью вращения обобщенного звена, то элемент 23 расположен произвольно в плоскости осей  $X_{12} X_{32}$ . Для определенности введем угол  $\varphi$  ориентации элемента 23 в этой плоскости. В процессе анализа механизма угол  $\varphi$  принимается переменным, подлежащим определению.

Через узел 2 проведем еще трехгранник  $X'_{12}X'_{22}X'_{32}$ , полученный путем жесткого поворота трехгранника  $X_{12}X_{22}X_{32}$  относительно оси  $X_{22}$  на угол  $\varphi$ .

Через узел 3 проведем трехгранник  $X'_{13}X'_{23}X'_{33}$ , полученный путем жесткого поступательного переноса трехгранника  $X'_{12}X'_{22}X'_{32}$  из узла 2 в узел 3. Так как ось 34 является осью вращения обобщенного звена, то элемент 34 расположен в плоскости осей  $X'_{23}X'_{33}$  под углом скрещивания  $\alpha$  к оси  $X'_{23}$ .

Через узел 3 проведем трехгранник  $X''_{13}X''_{23}X''_{33}$ , полученный путем жесткого поворота трехгранника  $X'_{13}X'_{23}X'_{33}$  относительно оси  $X'_{23}$  на угол  $\alpha$ .

Через узел 4 проведем трехгранник  $X''_{14}X''_{24}X''_{34}$ , полученный путем жесткого поступательного переноса трехгранника  $X''_{13}X''_{23}X''_{33}$  из узла 3 в узел 4.

Построим уравнения, связывающие координаты узлов 1 и 4, геометрические параметры  $l_1, l_2, l_3$  и углы ориентации  $\varphi$  и  $\alpha$ .

Применяя формулы линейных преобразований при последовательном переходе от системы координат  $X_{11} X_{21} X_{31}$  к системе  $X''_{14} X''_{24} X''_{34}$ , получаем уравнение состояния положения обобщенного звена пространственного механизма:

$$B^{(i)} L^{(i)} = -E X^{(i)}_1 + A^{(i)} X^{(i)}_4, \tag{1}$$

где  $X^{(i)}_1 = [X^{(i)}_{11} X^{(i)}_{21} X^{(i)}_{31}]^T$  — вектор координат узла 1 в системе координат  $X_{11} X_{21} X_{31}$ ;  
 $X^{(i)}_4 = [X''_{14} X''_{24} X''_{34}]^T$  — вектор координат узла 4 в системе координат  $X''_{14} X''_{24} X''_{34}$ ;  
 $L^{(i)} = [l^{(i)}_1 l^{(i)}_2 l^{(i)}_3]^T$  — вектор длин элементов обобщенного звена;

$E$  — единичная матрица третьего порядка;

ненулевые элементы матрицы  $B^{(i)}$ :

$$b_{12} = \cos\varphi^{(i)}; b_{13} = \sin\varphi^{(i)} \sin\alpha^{(i)};$$

$$b_{21} = 1; b_{23} = \cos\alpha^{(i)};$$

$$b_{32} = \sin\varphi^{(i)}; b_{33} = -\cos\varphi^{(i)} \sin\alpha^{(i)};$$

ненулевые элементы матрицы  $A^{(i)}$ :

$$a_{11} = \cos\varphi^{(i)}; a_{12} = \sin\varphi^{(i)} \sin\alpha^{(i)}; a_{13} = -\sin\varphi^{(i)} \cos\alpha^{(i)};$$

$$a_{22} = \cos\alpha^{(i)}; a_{23} = \sin\alpha^{(i)};$$

$$a_{31} = \sin\varphi^{(i)}; a_{32} = -\cos\varphi^{(i)} \sin\alpha^{(i)}; a_{33} = \cos\varphi^{(i)} \cos\alpha^{(i)}.$$

Физически матричное уравнение (1) представляет собой уравнение проекций на координатные оси ломаной пространственной линии 1234, причем часть координат узлов выражена в системе координат  $X_{11} X_{21} X_{31}$ , а другая часть координат узлов — в системе  $X''_{14} X''_{24} X''_{34}$ .

Для плоского механизма уравнения типа (1) достаточно для решения задачи о положении звеньев механизма, так как остальные уравнения выполняются тождественно. Однако для пространственных механизмов уравнение (1) должно быть дополнено уравнением положения углов механизма.

Введем ортогональную декартовую систему углов  $\Phi_{11}\Phi_{21}\Phi_{31}$  (рис. 2).

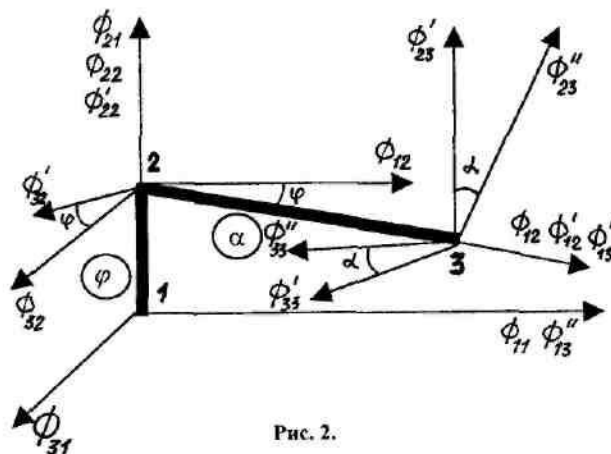


Рис. 2.

Прямая 12 обобщенного пространственного звена является его осью вращения. Элемент 23 при вращении вокруг оси  $X_2$  имеет переменный угол ориен-

тации  $\varphi$  относительно оси  $X_{12}$ . Этот угол представим в виде вектора 12 (рис.2), отложенного по оси  $\Phi_{21}$  в системе координат  $\Phi_{11}\Phi_{21}\Phi_{31}$ .

Через точку 2 проведем трехгранник осей  $\Phi_{12}\Phi_{22}\Phi_{32}$ , полученный путем жесткого переноса трехгранника  $\Phi_{11}\Phi_{21}\Phi_{31}$  из точки 1 в точку 2.

Через точку 2 проведем еще трехгранник  $\Phi_{12}\Phi_{22}\Phi_{32}$ , полученный путем жесткого поворота трехгранника  $\Phi_{12}\Phi_{22}\Phi_{32}$  относительно оси  $\Phi_{22}$  на угол  $\varphi$ .

По оси  $\Phi_{12}$  отложим вектор 23, равный углу скрещивания  $\alpha$  элементов 12 и 34 обобщенного пространственного звена.

Через точку 3 проведем трехгранник  $\Phi_{13}\Phi_{23}\Phi_{33}$ , полученный путем жесткого поступательного переноса трехгранника  $\Phi_{12}\Phi_{22}\Phi_{32}$  из точки 2 в точку 3.

Через точку 3 проведем трехгранник  $\Phi_{13}\Phi_{23}\Phi_{33}$ , полученный путем жесткого поворота трехгранника  $\Phi_{13}\Phi_{23}\Phi_{33}$  относительно оси  $\Phi_{13}$  на угол  $\alpha$ .

Построим уравнения, связывающие координаты углов для точки 1 в системе координат  $\Phi_{11}\Phi_{21}\Phi_{31}$  и для точки 3 в системе координат  $\Phi_{13}\Phi_{23}\Phi_{33}$  и геометрические параметры ломаной линии 123, определяемые длинами векторов 12 и 23 и углами  $\varphi$  и  $\alpha$ .

Применяя формулы линейных преобразований при последовательном переходе от системы координат  $\Phi_{11}\Phi_{21}\Phi_{31}$  к системе  $\Phi_{13}\Phi_{23}\Phi_{33}$ , получаем уравнение состояния положения углов обобщенного звена пространственного механизма:

$$T^{(0)} = -A^E F_1^{(0)} + E F_3^{(0)}, \quad (2)$$

где  $T^{(0)} = [\alpha, \varphi \cos \alpha, \varphi \sin \alpha]^T$ ;

$$F_1^{(0)} = [\Phi_{11}, \Phi_{21}, \Phi_{31}]^T;$$

$$F_3^{(0)} = [\Phi_{13}, \Phi_{23}, \Phi_{33}]^T;$$

$E$  — единичная матрица третьего порядка; ненулевые элементы матрицы  $C^{(0)}$ :

$$a_{11}^T = \cos \varphi; \quad a_{13}^T = \sin \varphi;$$

$$a_{21}^T = \sin \varphi \sin \alpha; \quad a_{22}^T = \cos \alpha; \quad a_{23}^T = -\cos \varphi \sin \alpha;$$

$$a_{31}^T = -\sin \varphi \cos \alpha; \quad a_{32}^T = \sin \alpha; \quad a_{33}^T = \cos \varphi \cos \alpha.$$

Уравнения (1) и (2) совместно являются основой для исследования кинематического анализа пространственных рычажных механизмов произвольной структуры при наличии вращательных и цилиндрических кинематических пар.

Пусть имеем  $n$  — модульный пространственный механизм. Расчленим механизм на  $n$  изолированных друг от друга модулей ТЭМ. Состояние изолированных ТЭМ примем за физическую систему координат (система 1). В этой физической системе координат для каждого ТЭМ имеем уравнения состояния положения в виде (1) и (2). Объединяя для

всех ТЭМ в системе 1 уравнения состояния положений, получаем матричные уравнения более высокого порядка в виде:

$$B^* L^* = -E^* X^*_1 + A^* X^*_4$$

$$T^* = -A^{*T} F^*_1 + E^* F^*_3, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{где } L^* &= [L^{(1)}, L^{(2)}, \dots, L^{(n)}]^T; \\ X^*_1 &= [X_1^{(1)}, X_1^{(2)}, \dots, X_1^{(n)}]^T; \\ X^*_4 &= [X_4^{(1)}, X_4^{(2)}, \dots, X_4^{(n)}]^T; \\ F^*_1 &= [F_1^{(1)}, F_1^{(2)}, \dots, F_1^{(n)}]^T; \\ F^*_3 &= [F_3^{(1)}, F_3^{(2)}, \dots, F_3^{(n)}]^T; \\ T^* &= [T^{(1)}, T^{(2)}, \dots, T^{(n)}]^T; \\ E^* &= \text{diag} \{E^{(1)}, E^{(2)}, \dots, E^{(n)}\}; \\ B^* &= \text{diag} \{B^{(1)}, B^{(2)}, \dots, B^{(n)}\}; \\ A^* &= \text{diag} \{A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(n)}\}. \end{aligned}$$

Объединенные в один пространственный механизм ТЭМ образуют другую физическую систему координат (систему 2). В системе 2 введем независимую нумерацию узлов от 1 до  $n+1$ , нумерацию ТЭМ, а также системы математических осей координат  $X_1 X_2 X_3$  и  $O_1 O_2 O_3$ .

В системе 2 для описания координат узлов вводим в рассмотрение векторы:

$$X = [X_{11}, X_{21}, X_{31}, X_{12}, X_{22}, X_{32}, \dots, X_{1n}, X_{2n}, X_{3n}]^T;$$

$$F = [F_{11}, F_{21}, F_{31}, F_{12}, F_{22}, F_{32}, \dots, F_{1n}, F_{2n}, F_{3n}]^T.$$

Установим линейные соотношения между компонентами векторов в разных физических системах координат:

$$X^*_1 = C_1 X; \quad X^*_4 = C_2 X;$$

$$F^*_1 = D_1 F; \quad F^*_3 = D_2 X. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (3), имеем:

$$B^* L^* = (-E^* C_1 + A^* C_2) X;$$

$$T^* = (-A^{*T} D_1 + E^* D_2) F.$$

Или

$$B^* L^* = A_1 X;$$

$$T^* = A_2 F, \quad (5)$$

$$\text{где } A_1 = -E^* C_1 + A^* C_2;$$

$$A_2 = -A^{*T} D_1 + E^* D_2.$$

Уравнения (5) являются самой общей формой представления для задач данного класса, так как содержат все параметры, характеризующие данное явление, — длины элементов всех ТЭМ, координаты всех подвижных и неподвижных узлов в различных математических системах координат, углы ориента-

ции всех элементов в различных математических системах координат. Решение уравнений (5) для различных положений входного звена позволяет определить абсолютные и относительные линейные перемещения узлов и абсолютные и относительные угловые перемещения звеньев механизма.

Уравнения (5) получены для пространственного рычажного механизма произвольной структуры, включая механизмы открытой или замкнутой структуры, одноконтурные или многоконтурные.

Формирование уравнений (5) может быть выполнено достаточно просто логическими операциями на основе описания топологии структуры механизма как сетевой модели и уравнений (1) и (2), характеризующих положение ТЭМ в пространстве. Это позволяет разработать эффективный универсальный алгоритм автоматизированного формирования уравнений для исследования положений звеньев пространственного механизма произвольной структуры.

Так как уравнения (5) содержат все переменные, характеризующие данное явление, то размерность уравнений может быть высокой. Учитывая нелинейный характер уравнений, можно утверждать о наличии значительных трудностей, возникающих при их решении. Поэтому для повышения эффективности решения уравнений целесообразно понизить их порядок. Добиться этого можно, исключая из уравнений координаты подвижных узлов и сохраняя только в качестве переменных углы ориентации звеньев. После нахождения углов ориентации на втором этапе решения находятся координаты подвижных узлов.

Рассмотрим в качестве примера четырехзвездчатый пространственный механизм ВЦЦЦ, содержащий одну вращательную и три цилиндрические кинематические пары (рис. 3).

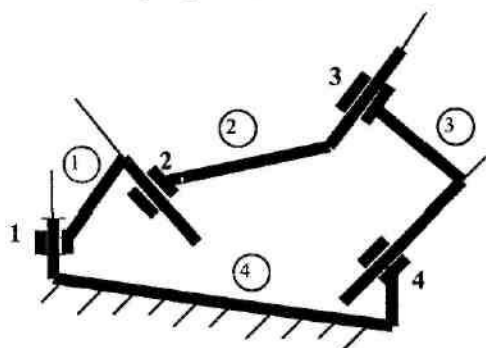


Рис. 3.

Пронумеруем независимо узлы системы, соответствующие кинематическим парам, и ТЭМ системы.

Положение звеньев пространственного механизма описывается системой матричных уравнений:

$$\begin{aligned} V_1 L_1 &= A_1 X_1 - X_2; \\ V_2 L_2 &= A_2 X_2 - X_3; \\ V_3 L_3 &= A_3 X_3 - X_4; \\ V_4 L_4 &= -X_1 + A_4 X_4. \end{aligned} \quad (6)$$

Положение углов механизма также описывается системой матричных уравнений:

$$\begin{aligned} T_1 &= -A_1 F_1 + F_2; \\ T_2 &= -A_2 F_2 + F_3; \\ T_3 &= -A_3 F_3 + F_4; \\ T_4 &= F_1 - A_4 F_4. \end{aligned} \quad (7)$$

Исключая из системы уравнений (6) координаты подвижных узлов  $X_2$ ,  $X_3$  и  $X_4$ , имеем:

$$(E - A_4 A_3 A_2 A_1) X_1 = V_4 L_4 + A_4 (V_3 L_3 + A_3 (V_2 L_2 + A_2 V_1 L_1)). \quad (8)$$

Так как система координат геометрических осей может быть выбрана произвольно, то вектор  $X_1$  можно принять нулевым, и уравнение (8) становится однородным.

Аналогично преобразуем и систему уравнений (7):

$$F_1 = T_3 + A_4 (T_3 + A_3 (T_2 + A_2 (T_1 + A_1 T_1))). \quad (9)$$

Уравнения (8) и (9) совместно образуют систему 6 уравнений. Незвестными являются углы взаимного поворота элементов  $I_2^{(0)}$  второго, третьего и четвертого ТЭМ и длины  $I_3^{(0)}$  этих же ТЭМ.

Таким образом, количество искомого неизвестных полностью соответствует количеству разрешающих уравнений.

#### ВЫВОДЫ

Предложена модель обобщенного пространственного звена в виде трехэлементного модуля-ТЭМ, и получены уравнения состояния положения ТЭМ пространственного механизма, на основе которых с использованием топологических свойств структуры пространственных механизмов автоматизированно формируются уравнения для пространственных механизмов произвольного вида.

## Литература

1. Диментберг Ф.М. Теория пространственных шарнирных механизмов. — М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. литературы, 1982. — 335 с.
2. Мартышенко В.А. Уравнения состояния кинематического анализа рычажных механизмов // Изв. вузов. Машиностроение. — М., 1982. — № 10. — С.48.
3. Мартышенко В.А. Уравнения состояния кинематического анализа пространственных рычажных механизмов // Изв. вузов. Машиностроение. — М., 1985. — № 9. — С. 34—40.

V.A.Martyshenko

## KINEMATICS OF SPATIAL LEVEL MECHANISMS WITH ROTARY AND CYLINDRICAL KINEMATIC PAIRS

УДК 621.83.3

## ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ С ВОГНУТЫМ ПРОФИЛЕМ ВИТКОВ ЧЕРВЯКА ДЛЯ ПРИВОДА ВЫТЯЖНОГО ПРИБОРА УНИВЕРСАЛЬНОЙ САМОКРУТОЧНОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

С.К. Миндовский, Г.М. Горячкин, Н.И. Филатова

Для привода вытяжного прибора самокруточной прядильной машины на четыре выпуска вместо обычных червячных передач с эвольвентными профилями типа Z1 для повышения износостойкости и нагрузочной способности предлагается использовать еще мало изученные червячные передачи с вогнутыми профилями витков червяка типа ZT.

Кафедра ДМ и ПТУ КГТУ в течение нескольких лет проводит работы под руководством профессора А.А. Телицына по проектированию и испытанию универсальных самокруточных машин УСМ-125-Р с вытяжным прибором высокой вытяжки. В отличие от ранее спроектированных Костромским СКБТМ машин ПСК-225-ШГ, в новой машине привод вытяжного прибора выполнен не громоздкой и шумной цепочкой цилиндрических зубчатых колес, а малогабаритными червячными передачами с передаточным числом  $U = 5 \dots 10$  и числом заходов червяка  $Z_1 = 2 \dots 4$ . На конструкцию привода нами получен патент [1]. Испытания машины показали, что долговечность зубьев червячных колес не более одного года ее работы. Увеличить износостойкость зубьев можно за счет увеличения размеров передачи. Но это практически невозможно из-за жесткого ограничения минимальной величины разводки между рифцилиндрами.

Для увеличения износостойкости и нагрузочной способности червячных колес нами предлагаются почти не применявшиеся до сих пор передачи с вогнутыми профилями витков червяка типа ZT, которые работают по аналогии с цилиндрическими передачами с зацеплением М.Л. Новикова. На рис. 1 показаны профили зубьев червячного колеса и витков червяка.

В этих передачах контакт между витками червяка и зубьями колеса не линейный, а по довольно большим площадкам, радиусы кривизны которых в десятки раз больше, чем в обычных передачах типа Z1. При этом создаются благоприятные условия для жидкостной смазки по всей ширине зацепления.

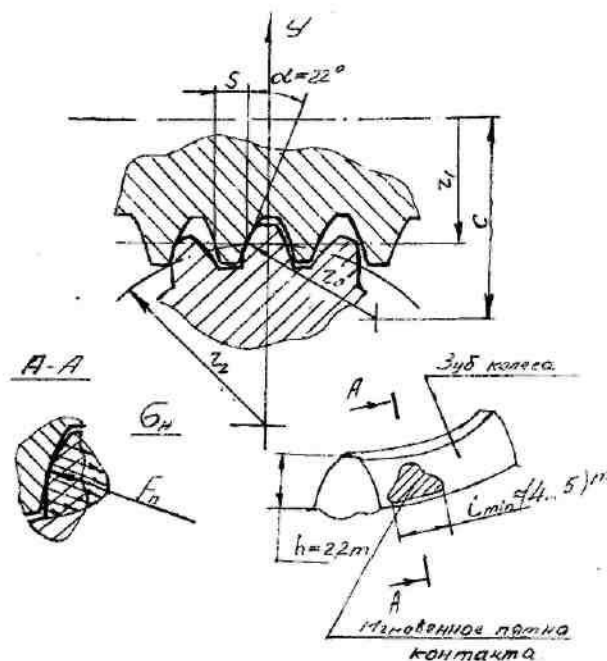


Рис. 1.

Чтобы при нарезании избежать подрезания зубьев колеса, зацепление должно быть скорректированным, коэффициент коррекции  $X = 1,2 \dots 1,4$ .

Утонение витков червяка по делительному цилиндру должно быть меньше 0,5t, где t — шаг зацепления. Рекомендуется

$$S = (1,1 \dots 1,3)m.$$

Координата центра радиуса профиля зуба

$$c = r_1 + r_0 \cdot \sin \alpha ; \tag{1}$$

$$r_0 = \frac{r_1}{1 - \sin \alpha} , \quad r_1 = \frac{d_1}{2} . \tag{2}$$

В такой передаче мгновенный контакт между зубьями колеса и витками червяка, при условии точного изготовления профилей, осуществляется по довольно большим площадкам, скользящим с одной стороны зуба к другой.

На рис.2а показана линия контакта между витками червяка и зубьями колеса в обычной эвольвентной червячной передаче Z1. Угол контакта линии зацепления в большинстве точек  $\gamma$  близок  $0^\circ$  и лишь в отдельных точках, находящихся в зоне выхода червяка из зацепления, достигает  $40...50^\circ$ .

На рис.2б показаны линии зацепления передачи типа ZГ в зависимости от угла поворота червяка. На входе и выходе зубьев колеса из зацепления с червяком угол  $\gamma$  близок  $90^\circ$ . Из теории червячных передач известно, что, чем больше зоны относительно больших  $\gamma$ , тем ближе условия работы к режиму жидкостного трения и, следовательно, тем больше износостойкость передачи и ее коэффициент полезного действия.

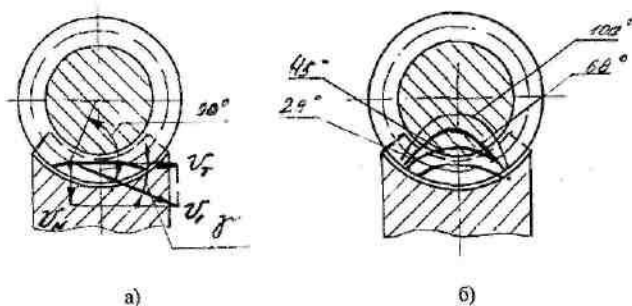


Рис. 2.  
а) линия зацепления в передаче Z1;  
б) линии зацепления в передаче ZГ

Приближенно считают сжатие витка червяка с зубом колеса в передачах типа ZГ равным сжатию двух цилиндров (выпуклого и вогнутого) с параллельными осями. При этом, основной геометрической характеристикой контактной прочности будет произведение  $\rho_{np} \cdot L$ , где  $\rho_{np}$  — приведенный радиус кривизны контактирующих тел,  $L$  — длина линии касания (рис.3).

Принимают радиус одного из цилиндров равным радиусу кривизны профиля осевого сечения червяка, а радиус второго — радиусу кривизны зуба колеса в сечении главной плоскостью.

Согласно уравнению Эйлера-Савари, устанавливающему связь между радиусами кривизны взаимоогibaемых кривых, имеем выражение [2]:

$$\rho = \frac{r_0(R \cdot r_0 \cdot \sin \alpha + l(r_0 - l))}{(r_0 - l)^2} , \tag{3}$$

где  $r_0$  — радиус образующей окружности (рис.1);  
 $R$  — радиус начального цилиндра колеса;  
 $\alpha$  — осевой угол зацепления;  
 $l$  — расстояние от полюса зацепления передачи до точки контакта, в котором определяется  $\rho_{np}$ .

$$\sin \alpha = \frac{C - r_2}{r_0} \quad (\text{см. рис.1}) . \tag{4}$$

Зацепление характеризуется большой неравномерностью распределения  $\rho_{np}$  по высоте и ширине зубьев колес. Наибольшее  $\rho_{np}$  в средней торцевой плоскости вблизи вершин зубьев. При этом, в большинстве точек контакта  $\rho_{np}$  в десятки раз больше, чем у обычных эвольвентных передач.

В расчетах удобно принимать  $\rho_{np}$  в безразмерной форме относительно модуля передачи.

$$\rho_{np} = \bar{\rho}_{np} \cdot m . \tag{5}$$

На рис.3 показаны графики  $\bar{\rho}_{np}$  в зависимости от высоты  $y$  и ширины витков червяка для передачи с  $m = 2$  мм,  $a_w = 40$  мм,  $U = 10$ ,  $q = 20$ . Пунктирной линией показан  $\bar{\rho}_{np}$  для эвольвентной передачи с этими же параметрами.

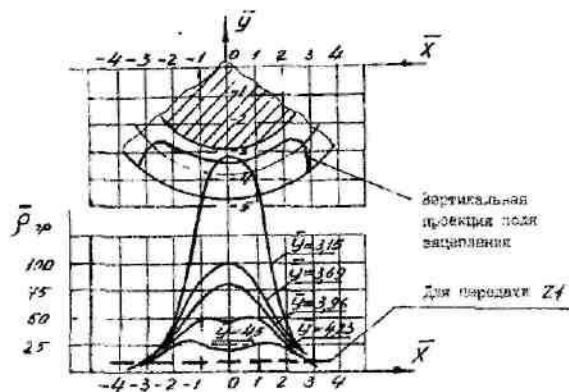


Рис. 3.

По методике, разработанной в научно-исследовательском институте редукторостроения (НИИ редуктор, г. Киев) под руководством профессора И.С. Кривенко [3], нами рассчитана нагрузочная способность передачи ZГ в сравнении с обычной червячной передачей Z1 (ГОСТ 19036-94) для следующих геометрических параметров:

- 1 вариант:  $m = 2,0$  мм,  $q = 20$ ,  $a_w = 40$  мм.
- 2 вариант:  $m = 2,5$  мм,  $q = 20$ ,  $a_w = 50$  мм.

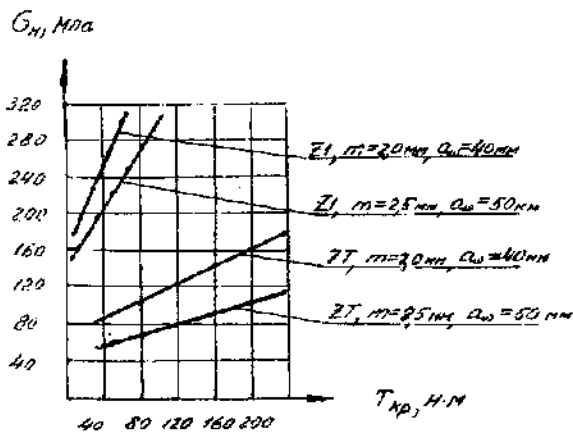


Рис. 4.

Результаты расчетов показаны на графиках на рис. 4. По данным расчетов нагрузочная способность передачи ZT в 2,5...3 раза больше передачи Z1. При этом, если для эвольвентных передач контактные напряжения  $\sigma_n$  не зависят от модуля  $m$ , то в передачах ZT они уменьшаются с увеличением  $m$ . По данным немецкой фирмы "Flender", которая занимается исследованиями передач "Cavex" с 1950 г., реальная их нагрузочная способность значительно меньше и составляет примерно 1,4...1,6 от передачи Z1 [4]. Предварительно это можно объяснить тем,

что в передачах с контактом зубьев не по линии, а по сравнительно большим площадкам допустимые средние контактные напряжения  $\sigma_n$  с учетом их неравномерного распределения следует принимать раза в два меньше в сравнении с передачами Z1.

Из выполненной работы были сделаны следующие выводы:

1. Передачи типа ZT обладают значительно большей нагрузочной способностью и износостойкостью зубьев в сравнении с обычными червячными передачами.

2. Опытных сведений о контактной выносливости передач ZT в литературе почти нет. Необычность привода вытяжного прибора по предложенной схеме в очень малых передаточных отношениях передач  $U = 5...10$  и малых межосевых расстояниях  $a_w = 40...50$  мм.

3. Определить точно несущую способность передач типа ZT теоретически из-за отсутствия разработанной и проверенной на практике гидродинамической теории смазки для червячного зацепления пока невозможно.

4. Требуется экспериментальная проверка у исследуемых передач площади пятна контакта ( $L_{min}$ ), радиусов кривизны зацепления  $\rho_{np}$  и износостойкости передачи в зависимости от скорости скольжения и нагрузки.

#### Литература

1. Привод вытяжного прибора высокоскоростной текстильной машины / Телицын А.А., Миндовский С.К., Горячкин Г.М., Филатова Н.И. (РФ): Патент № 2155248 от 27 августа 2000 г.
2. Кривенко И.С. Исследование червячных передач с новой геометрией зацепления // Зубчатые и червячные передачи / Под ред. Н.И. Колчина. — Л.: Машгиз, 1959.
3. ВНИИ редуктор. Передачи червячные с червяком типа ZT. Расчеты на прочность: Методические рекомендации. — 1984.
4. Каталог немецкой фирмы Flender. — 1980.

#### S.K. Mindovsky, G.M. Goryatchkin, N.Y. Filatova WORMED GEARS WITH WORM WIND CONCAVE PROFILE FOR MULTIPURPOSE AUTO-TWISTING SPINNER EXHAUSTING DEVICE DRIVE

УДК 621.824.004:677.05

#### ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОВАЛКОВОГО МЕХАНИЗМА НА КОЛЕБАНИЯ НАГРУЗКИ В ЗОНЕ КОНТАКТА

В.С.Петровский

Рассмотрены случайные колебания системы, состоящей из последовательно соединенных отжимных валков. Для трехвалковой системы получены передаточные функции, позволяющие рассчитывать допустимые колебания нагрузки или по допустимой нагрузке рассчитывать допуски валковых механизмов.

Многовалковые механизмы применяются для отжима, пропитки и отделки тканей в расправленном состоянии и входят в состав отжимных устройств, плюсовых, каландров и т.п. Одним из основ-

ных требований, предъявляемым к этим механизмам, является равномерность интенсивности нагрузки как вдоль образующей валков, так и в сечениях, перпендикулярных их оси. Приведенные в

литературе динамические модели многовалковых модулей [1, 2] позволяют определять линейные колебания валков, вызванные воздействием биения валка или шва на текстильном материале. Для нахождения распределения динамической нагрузки вдоль образующей необходимо учитывать угловые колебания валка.

Рассмотрим колебание многовалковой системы, обобщенная схема которой изображена на рис. 1. Каждый из валков, например  $i$ -ый, кроме вращения вокруг собственной оси с постоянной угловой скоростью  $\omega_i$ , имеет еще две степени свободы: переме-

шение вдоль оси  $z_i$  и поворот вокруг оси  $y_i$ . Валки связаны между собой и с остовом упруговязкими элементами. Положение каждого из валков определяется двумя независимыми обобщенными координатами: перемещением  $z_i$  геометрического центра валка от положения статического равновесия и поворотом валка вокруг оси  $y_i$  на угол  $\theta_i$ .

Под действием возмущающих сил, вызванных дисбалансами и погрешностями изготовления валка, каждый из валков совершает малые колебания с двумя степенями свободы.

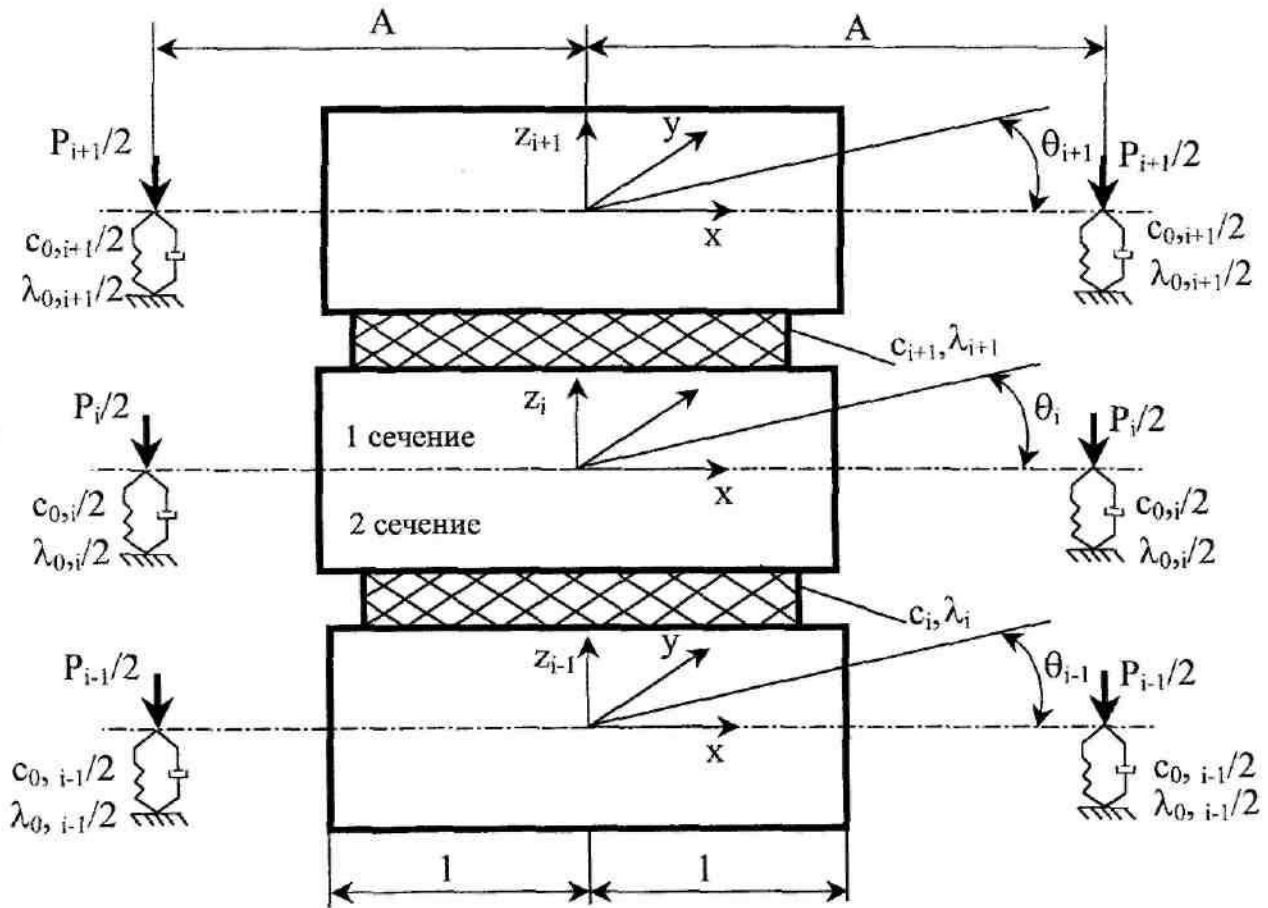


Рис. 1. Многовалковая система

При этих условиях расчетная схема  $i$ -го валка отличается от расчетной схемы двухвалкового механизма [3] только обобщенными силами, действующими со стороны верхнего  $i$ -го валка. Тогда дифференциальные уравнения малых колебаний  $i$ -го валка будут иметь вид аналогичный [3 (4)]:

$$m_i \ddot{z}_i - m_i e_i \omega_i^2 \sin \omega_i t = Q_{zi};$$

$$J_{bi} \ddot{\theta}_i + (J_{ai} - J_{bi}) \delta_i \omega_i^2 \sin(\omega_i t - \varepsilon) = Q_{\theta i},$$

(1)

где  $m_i$ ,  $J_{ab}$ ,  $J_{bi}$  — масса и моменты инерции  $i$ -го валка относительно главных центральных осей инерции;  $e_i$ ,  $\delta_i$  — статический и динамический дисбаланс  $i$ -го валка;  $\omega_i$  — угловая скорость  $i$ -го валка;  $\varepsilon$  — сдвиг фазы динамического дисбаланса (двугранный угол, образованный плоскостями, проведенными через геометрическую ось и центр масс, геометрическую ось и главную ось инерции валка);  $Q_{zi}$ ,  $Q_{\theta i}$  — обобщенные силы.

На валок действуют возмущающие силы, вызванные погрешностями, распределенная нагрузка со стороны верхнего  $q_{i+1}$  и нижнего  $q_i$  валков, усилие на опорах валка  $P_i$  и вес валка  $m_i g$ , тогда обобщенные силы

$$Q_{zi} = \int_{-l}^l q_i dx - \int_{-l}^l q_{i+1} dx - c_{0i} z_i - \lambda_{0i} \dot{z}_i - m_i g - P_i + 2l q_{0i} - 2l q_{0(i+1)};$$

$$Q_{\theta i} = \int_{-l}^l q_i x dx - \int_{-l}^l q_{i+1} x dx - c_{0i} A^2 \theta_i - \lambda_{0i} A^2 \dot{\theta}_i$$

(2)

где  $c_{0i}$ ,  $\lambda_{0i}$  — коэффициенты жесткости и вязкости  $i$ -ой опоры;

$q_i$  — отклонение интенсивности нагрузки от номинального значения  $q_{0i}$ .

Если погрешности механизма малы, то отклонение интенсивности нагрузки от номинального значения между  $i$ -ым и  $(i-1)$ -ым валками

$$q_i = c_i (h_i - (\theta_i - \theta_{i-1})x - (z_i - z_{i-1})) + \lambda_i (\dot{h}_i - (\dot{\theta}_i - \dot{\theta}_{i-1})x - (\dot{z}_i - \dot{z}_{i-1})),$$

(3)

где  $h_i$ ,  $\dot{h}_i$  — величина и скорость деформации эластичного покрытия, вызванные погрешностями  $i$ -го и  $(i-1)$ -го валков;

$c_i$ ,  $\lambda_i$  — коэффициенты жесткости и вязкости стыка  $i$ -го и  $(i-1)$ -го валков от совместного действия эластичного покрытия и обрабатываемого материала.

Для многовалковой системы необходимо учитывать не только величину погрешности, но и ее фазу.

$$h_i = \Delta \rho_{i,2} + \Delta \rho_{i-1,1} - \Delta \mu_{i,2} - \Delta \mu_{i-1,1},$$

(4)

где  $\Delta \rho$ ,  $\Delta \mu$  — погрешность радиуса и межосевого расстояния. Индексы обозначают номер валка и сечения 1 — ( $\pi/2$ ), 2 — ( $-\pi/2$ ).

Подставив полученные значения из (4), (3) и (2) в (1) и, проинтегрировав, получим систему дифференциальных уравнений для  $i$ -го валка:

$$m_i \ddot{z}_i + \dot{z}_i \lambda_{zi} - 2l(\dot{z}_{i-1} \lambda_i + \dot{z}_{i+1} \lambda_{i+1}) + z_i c_{zi} - 2l(z_{i-1} c_i + z_{i+1} c_{i+1}) = F_z(t)_i;$$

(5)

$$J_{bi} \ddot{\theta}_i + \dot{\theta}_i \lambda_{\theta i} - \frac{2}{3} l^3 (\dot{\theta}_{i-1} \lambda_i + \dot{\theta}_{i+1} \lambda_{i+1}) + \theta_i c_{\theta i} - \frac{2}{3} l^3 (\theta_{i-1} c_i + \theta_{i+1} c_{i+1}) = F_{\theta}(t)_i,$$

$$\text{где } \lambda_{zi} = \lambda_{0i} + 2l(\lambda_i + \lambda_{i+1}), \lambda_{\theta i} = \lambda_{0i} A^2 + \frac{2}{3} l^3 (\lambda_i + \lambda_{i+1}),$$

$$c_{zi} = c_{0i} + 2l(c_i + c_{i+1}), c_{\theta i} = c_{0i} A^2 + \frac{2}{3} l^3 (c_i + c_{i+1}).$$

Возмущающие силы в уравнении (5) вызваны погрешностями и дисбалансами.

$$F_z(t)_i = \int_{-l}^l (c_i h_i + \lambda_i \dot{h}_i - c_{i+1} h_{i+1} - \lambda_{i+1} \dot{h}_{i+1}) dx + m_i e_i \omega_i^2 \sin \omega_i t;$$

(6)

$$F_{\theta}(t)_i = \int_{-l}^l (c_i h_i + \lambda_i \dot{h}_i - c_{i+1} h_{i+1} - \lambda_{i+1} \dot{h}_{i+1}) x dx + (J_{bi} - J_{ai}) \delta_i \omega_i^2 \sin(\omega_i - \varepsilon).$$

Рассмотрим колебание трехвалкового модуля, схема которого представлена на рис. 2. Пусть зоны контакта  $i$  и  $i+1$  обладают одинаковыми вязко-упругими свойствами, а коэффициенты вязкости и упругости опор равны, тогда  $c_{0i} = c_0$ ,  $\lambda_{0i} = \lambda_0$ ,  $c_i = c$ ,  $\lambda_i = \lambda$ ,  $c_{2i} = c_2$ ,  $\lambda_{2i} = \lambda_2$ ,  $c_{\theta i} = c_{\theta}$ ,  $\lambda_{\theta i} = \lambda_{\theta}$ . Нижний валок жестко связан с остовом. Тогда из (5) получим систему дифференциальных уравнений:

$$m_2 \ddot{z}_2 + \lambda_{2,2} \dot{z}_2 - 2l \lambda \dot{z}_3 + c_{2,2} z_2 - 2l c z_3 = F_z(t)_2;$$

$$m_3 \ddot{z}_3 + \lambda_{2,3} \dot{z}_3 - 2l \lambda \dot{z}_2 + c_{2,3} z_3 - 2l c z_2 = F_z(t)_3;$$

$$J_{b,2} \ddot{\theta}_2 + \lambda_{\theta,2} \dot{\theta}_2 - \frac{2}{3} l^3 \lambda \dot{\theta}_3 + c_{\theta,2} \theta_2 - \frac{2}{3} l^3 c \theta_3 = F_{\theta}(t)_2;$$

$$J_{b,3} \ddot{\theta}_3 + \lambda_{\theta,3} \dot{\theta}_3 - \frac{2}{3} l^3 \lambda \dot{\theta}_2 + c_{\theta,3} \theta_3 - \frac{2}{3} l^3 c \theta_2 = F_{\theta}(t)_3.$$

(7)

Представим погрешности нагрузки и перемещение в комплексном виде с учетом фазы:

$$\Delta = f(x) \bar{\Delta} \exp(i\alpha x + \gamma);$$

$$h = \bar{h} \exp(i\alpha x + \gamma);$$

$$z = \bar{z} \exp(i\alpha x + \gamma);$$

(8)

$$\theta = \bar{\theta} \exp(i\alpha x + \gamma);$$

$$q = \bar{q} \exp(i\alpha x + \gamma),$$

где  $\bar{\Delta}$ ,  $\bar{h}$ ,  $\bar{z}$ ,  $\bar{\theta}$ ,  $\bar{q}$  — комплексные амплитуды (наприм.,  $\bar{z} = z \exp(-i\varphi)$ );

$\gamma$  — фаза;

$\varphi$  — отставание по фазе.



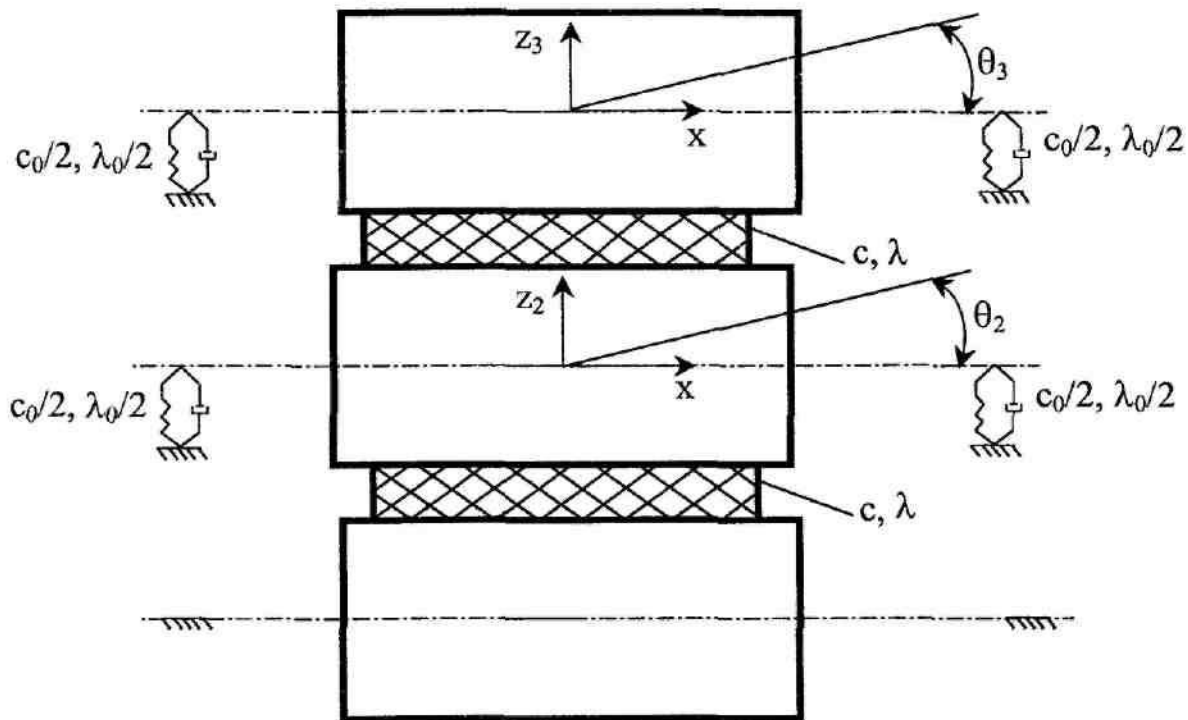


Рис.2. Трехзвальный модуль

Подставляя значения переменных и их производных из (8) в (7), сокращая на  $\exp(i\omega t + \gamma)$ , после преобразования получим:

$$\begin{aligned} \bar{z}_2 a_1 - \bar{z}_3 b_1 &= \bar{F}_{z,2}; & \bar{\theta}_2 a_3 - \bar{\theta}_3 b_3 &= \bar{F}_{\theta,2} \\ -\bar{z}_2 a_2 + \bar{z}_3 b_2 &= \bar{F}_{z,3}; & -\bar{\theta}_2 a_4 + \bar{\theta}_3 b_4 &= \bar{F}_{\theta,3} \end{aligned} \quad (9)$$

где  $k_0 = c_0 + i\omega\lambda_0$ ;

$$k = c + i\omega\lambda;$$

$$a_1 = k_0 + 4lk - m_2\omega^2;$$

$$b_2 = k_0 + 2lk - m_3\omega^2;$$

$$a_2 = b_1 = 2lk;$$

$$a_3 = A^2 k_0 + \frac{4}{3}l^3 k - J_{b2}\omega^2;$$

$$b_4 = A^2 k_0 + \frac{2}{3}l^3 k - J_{b3}\omega^2;$$

$$a_4 = b_3 = \frac{2}{3}l^3 k;$$

$$\bar{F}_{z2} = k \int_{-l}^l (\bar{h}_2 - \bar{h}_3) dx + m_2 \omega_2^2 e_2;$$

$$\bar{F}_{z3} = k \int_{-l}^l \bar{h}_3 dx + m_3 \omega_3^2 e_3; \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \bar{F}_{\theta 2} &= k \int_{-l}^l (\bar{h}_2 - \bar{h}_3) x dx + (J_{a2} - J_{b2}) \delta_2 \omega_2^2; \\ \bar{F}_{\theta 3} &= k \int_{-l}^l \bar{h}_3 x dx + (J_{a3} - J_{b3}) \delta_3 \omega_3^2. \end{aligned}$$

Интенсивность нагрузки в зоне контакта может быть определена из (3) подстановкой индексов:

$$\begin{aligned} q_2 &= c(h_2 - \theta_2 x - z_2) + \lambda(\dot{h}_2 - \dot{\theta}_2 x - \dot{z}_2) \\ q_3 &= c(h_3 - \theta_3 x + \theta_2 x - z_3 + z_2) + \\ &+ \lambda(\dot{h}_3 - \dot{\theta}_3 x + \dot{\theta}_2 x - \dot{z}_3 + \dot{z}_2). \end{aligned} \quad (11)$$

Подставляя из(8) в (11) получим комплексные передаточные функции интенсивности нагрузки

$$\begin{aligned} W_{q2,\Delta} &= k(W_{h2,\Delta} - W_{z2,\Delta} - W_{\theta2,\Delta} \cdot x) \\ W_{q3,\Delta} &= k(W_{h3,\Delta} - (W_{z3,\Delta} - W_{z2,\Delta}) - (W_{\theta3,\Delta} - W_{\theta2,\Delta})x), \end{aligned} \quad (12)$$

где  $W$  — комплексные передаточные функции, показывающие влияние погрешности  $\Delta$  на указанную в индексе переменную, например:

$$W_{q2,\Delta} = \frac{\bar{q}_2}{\Delta}.$$

В уравнении (12) передаточная функция  $W_{h\Delta} = 0$ , если измеряемая нагрузка и погрешность находятся в разных сечениях, и  $W_{h\Delta} = f(x)$ , если сечения совпадают. Комплексные передаточные функции перемещений находятся из решения системы уравнений (9):

$$\begin{aligned} W_{z2,\Delta} &= (W_{FZ2,\Delta} \cdot b_2 + W_{FZ3,\Delta} \cdot b_1) / \Delta_z, \\ W_{z3,\Delta} &= (W_{FZ3,\Delta} \cdot a_1 + W_{FZ2,\Delta} \cdot a_2) / \Delta_z, \\ W_{\theta 2,\Delta} &= (W_{F\theta 2,\Delta} \cdot b_4 + W_{F\theta 3,\Delta} \cdot b_3) / \Delta_\theta, \\ W_{\theta 3,\Delta} &= (W_{F\theta 3,\Delta} \cdot a_3 + W_{F\theta 2,\Delta} \cdot a_4) / \Delta_\theta, \end{aligned} \quad (13)$$

где  $\Delta_z = a_1 b_2 - a_2 b_1$ ;  $\Delta_\theta = a_3 b_4 - a_4 b_3$ .

Передаточные функции возмущающих сил, полученные из уравнений (10), представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы, биение второго валка оказывает влияние на две возмущающие силы, причем силы будут сдвинуты по фазе. В этом случае биение можно представить как две равные по модулю и сдвинутые по фазе погрешности, а дисперсию результирующей величины можно найти как сумму случайных функционально связанных величин. Остальные погрешности являются независимыми случайными величинами.

Таким образом, используя выведенные передаточные функции, можно по методике [3] рассчитать допустимые колебания нагрузки или по допустимой нагрузке рассчитать допуски валкового механизма.

Таблица 1

Погрешность	Жало	Валок	Передаточные функции			
			$W_{FZ2,\Delta}$	$W_{FZ3,\Delta}$	$W_{F\theta 2,\Delta}$	$W_{F\theta 3,\Delta}$
Биение вала	2	1, 2	$2kl$	0	0	0
	3	2, 3	$-2kl$	$2kl$	0	0
Статический дисбаланс		2	$m_2 \omega_2^2$	0	0	0
		3	0	$m_3 \omega_3^2$	0	0
Динамический дисбаланс		2	0	0	$(J_{a2} - J_{b2}) \omega_2^2$	0
		3	0	0	0	$(J_{a3} - J_{b3}) \omega_3^2$

#### Литература

1. Фомин Ю.Г. Основы теории, конструкция и расчет валковых машин. Часть 2. — Иваново, 1999. — 203 с.
2. Фомин Ю.Г. Разработка теоретических основ и средств повышения эффективности обработки тканей валковыми модулями отделочных машин: Автореферат дис... докт. техн. наук. — Иваново, 2001.
3. Петровский В.С. Влияние точности валкового механизма на колебания нагрузки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1995. — №4. — С. 73—76.

V.S.Petrovsky

#### INFLUENCE OF MULTIROLLED MECHANISM MANUFACTURE ERRORS ON LOAD FLUCTUATIONS IN CONTACT ZONE

УДК 677.052.4:531.391

#### РАСЧЕТНАЯ ФОРМУЛА КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВЬЮРКА

А.К. Наумов, А.Г. ШUTOва, Е.С. Хомяков

Использование аэродинамических крутильных устройств (АКУ) в процессах прядения представляет интерес с точки зрения снижения обрывности за счет отсутствия быстро движущихся узлов и деталей и значительного увеличения скорости прядения, за счет разделения процессов наматывания и кручения.

Основополагающим звеном в теории кручения волокнистого продукта в АКУ является определение величины крутящего момента аэродинамического вьюрка.

В общем случае крутящий момент, действующий на волокнистый продукт в рабочей камере АКУ, есть сумма момента силы трения воздушного потока при обтекании волокнистого продукта и крутящего момента лобового сопротивления.

Крутящий момент силы трения при обтекании текстильного волокнистого продукта определяется в соответствии с зависимостью, приведенной в работе [1], и является функцией частоты проскальзывания волокнистого продукта относительно "синхронной" частоты вращения воздушного вихря. Од-

нако, как показали эксперименты на измерительно-испытательном стенде на кафедре ТММ и ИТМ КГТУ, влияние этого момента на конечную величину крутки незначительно, и при проектных расчетах им можно пренебречь.

При рассмотрении реальной формы поверхности волокнистого продукта и траектории его движения можно сделать вывод, что воздушный поток действует не только как обтекающий, но и как воздушная струя, действующая на текстильный продукт, создавая момент силы лобового сопротивления. Величина этого момента равна:

$$M = 2 \int_0^{R_{np}} \int_0^{l_A} \vec{F} \times \vec{r} \, dr \cdot dl, \quad (1)$$

где  $R_{np}$  — наибольший радиус сечения волокнистого продукта с учетом его ворсистости, м;  
 $l_A$  — длина активной части вихревой камеры, м;  
 $F$  — удельная (на единицу площади поверхности текстильного продукта) аэродинамическая сила лобового сопротивления, Н/м<sup>2</sup>;  
 $r$  — расстояние от оси вьюрка до любой точки на поверхности волокнистого продукта, м;

Применяя теорию аэродинамических сил и моментов [2], а так же учитывая неравномерность поля скоростей в рабочей камере аэродинамического вьюрка [3], формулу (1) получим в виде:

$$M_0 = 4\pi^2 \cdot C_\phi \cdot \rho_0 \cdot \theta^2 \cdot l_A \cdot R_{np}^4 \cdot n_0^2, \quad (2)$$

где  $C_\phi$  — коэффициент лобового сопротивления волокнистого материала, (определяется экспериментально по стандартной методике [2]);

$\rho_0$  — плотность воздуха в вихревой камере кг/м<sup>3</sup>;  
 $\theta$  — коэффициент затухания воздушной струи по длине активной части вихревой камеры;  
 $n_0$  — частота вращения воздушного вихря (определяется расчетным путем на основании зависимости [3]).

Зависимость (2) показывает, что величина начального крутящего момента, действующего на волокнистый продукт в рабочей камере АКУ, пропорциональна квадрату частоты вращения воздушного вихря, причем коэффициент пропорциональности зависит от конструктивных и технологических параметров, что подтверждает результаты, полученные в работах [5] и [1]. Согласно [4] и [5], именно величина начального крутящего момента необходима для определения текущей величины крутки.

Анализ полученных зависимостей показывает, что увеличить крутящий момент АКУ возможно, в том числе за счет удлинения активной части вихревой камеры (предельная длина ограничена касанием крученого продукта стенок из-за его баллонирования), что подтверждается экспериментально.

#### ВЫВОДЫ

1. Получена расчетная формула крутящего момента аэродинамического вьюрка, учитывающая действие струи подающих сопел при неравномерном поле скоростей в рабочей камере АКУ, которая может быть использована для непосредственных расчетов.

2. Повышение крутильной способности АКУ может быть достигнуто увеличением длины активной части вихревой камеры, частоты вращения воздушного вихря и наибольшего радиуса сечения волокнистого продукта, что может быть достигнуто при дополнительной механической обработке мычки (сплющивание, разрыхление периферийных волокон и т.п.) перед кручением.

#### Литература

1. Наумов А.К., Моряков Е.В., Шутов Г.Н. Теоретический расчет крутящего момента аэродинамического вьюрка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1996. — №1.
2. Павлов Г.Г. Применение аэродинамики в технологических процессах текстильной промышленности. — М., 1972.
3. Наумов А.К., Моряков Е.В., Семенова А.Г., Шутов Г.Н. Теоретический расчет поля скоростей аэродинамического вьюрка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1996. — № 2.
4. Наумов А.К. Теоретическое определение временной характеристики кручения волокнистого продукта в измерительном устройстве аэродинамического вьюрка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1996. — № 6.
5. Мовшович П.М. Самокруточное прядение. — М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985. — 248с.

A.K.Naumov, A.G.Shutova, E.S.Homyakov

#### CALCULATION FORMULA OF AERODYNAMIC SCROLL TUBE TWISTED MOMENT

УДК 677.051.4.001

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И СМЕЩЕНИЙ ВНУТРИ ТРЕЩИНЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЭЛАСТИЧНОГО ПОКРЫТИЯ

В.В. Фарушкин

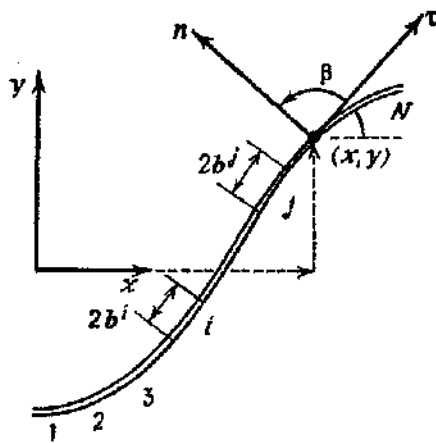
На основе численного метода разрывных смещений получена методика определения распределения напряжений и смещений внутри трещины произвольной формы.

На основе линейной механики разрушения Гриффита ранее получена математическая модель, позволяющая определять коэффициент интенсивности напряжений и компоненты тензора напряжений вблизи трещины, образованной на поверхности эластичного покрытия [1]. Однако на практике интерес вызывают задачи, при решении которых определяются распределение напряжений и смещения внутри трещины.

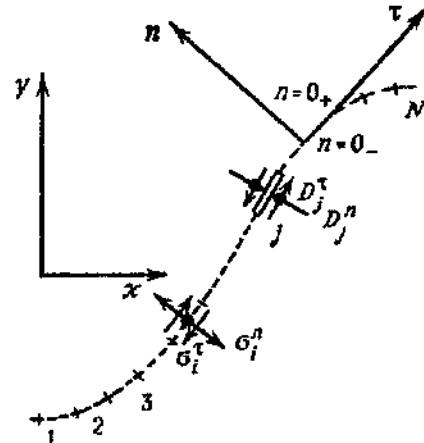
Для этого разделим трещину на  $N$  граничных отрезков (рис. 1а), примыкающих друг к другу. Длину характерного  $i$ -го граничного элемента, где  $1 \leq i \leq N$ , обозначим через  $2b^i$ . Если эти элементы малы, то они достаточно близко будут воспроизводить форму трещины. Местоположение и ориентация граничных отрезков определяются по отношению к общей системе координат  $x, y$ . Локальные ко-

ординаты центров граничных элементов  $n$  и  $\tau$  направлены соответственно перпендикулярно и по касательной к границе трещины, поэтому они изменяются вдоль границы от точки к точке. Представим трещину в виде двух поверхностей, фактически совпадающих друг с другом. Одна поверхность элемента трещины находится на положительной стороне оси  $n=0$  (обозначим ее через  $n=0_+$ ), а другая — на отрицательной (обозначим ее через  $n=0_-$ ).

Для определения смещений центров граничных элементов в глобальной системе координат  $x, y$  и напряжений на каждом из  $N$  граничных элементов применим метод граничных элементов, называемый методом разрывных смещений [2] и основанный на аналитическом решении задачи о бесконечной плоскости, смещения в которой терпят постоянный по величине разрыв в пределах конечного отрезка.



(а)



(б)

Рис. 1. Аппроксимация трещины элементарными разрывами смещений

На рис. 1б выделен элементарный разрыв смещения  $j$ -го отрезка трещины. Компоненты разрывов в этом элементе в направлениях  $\tau$  и  $n$  обозначены через  $D_j^\tau$  и  $D_j^n$  и равны:

$$D_j^\tau = \varepsilon_{j-}^\tau - \varepsilon_{j+}^\tau; \quad D_j^n = \varepsilon_{j-}^n - \varepsilon_{j+}^n,$$

где  $\varepsilon_j^\tau$  и  $\varepsilon_j^n$  — соответственно касательное ( $\tau$ ) и нормальное ( $n$ ) смещения  $j$ -го элемента трещины. Индексами  $+$  и  $-$  обозначены положительная и отрицательная поверхности трещины по отношению к локальной координате  $n$ .

Тогда смещения и напряжения в центре  $i$ -го граничного элемента можно выразить через компоненты разрыва смещения  $j$ -го элемента в общем случае от всех  $N$  элементов следующим образом [2]:

$$\varepsilon_i^\tau = \sum_{j=1}^N U_1 D_j^\tau + \sum_{j=1}^N U_2 D_j^n, \quad (1)$$

$$\varepsilon_i^n = \sum_{j=1}^N U_3 D_j^\tau + \sum_{j=1}^N U_4 D_j^n, \quad (2)$$

$$\sigma_i^{\zeta} = \sum_{j=1}^N U_5 D_j^{\zeta} + \sum_{j=1}^N U_6 D_j^{\eta}, \quad (3)$$

$$\sigma_i^{\eta} = \sum_{j=1}^N U_7 D_j^{\zeta} + \sum_{j=1}^N U_8 D_j^{\eta}. \quad (4)$$

В данных уравнениях граничные коэффициенты влияния  $U_1 - U_8$  определяются, исходя из преобразований локальных координат точки  $i$  относительно точки  $j$ , по формулам [2]:

$$U_1 = F_x(1-2\vartheta)\sin\alpha + 2F_y(1-\vartheta)\cos\alpha - Y(F_{xy}\sin\alpha + F_{xx}\cos\alpha);$$

$$U_2 = -F_x(1-2\vartheta)\cos\alpha + 2F_y(1-\vartheta)\sin\alpha - Y(F_{xy}\cos\alpha - F_{xx}\sin\alpha);$$

$$U_3 = F_x(1-2\vartheta)\cos\alpha - 2F_y(1-\vartheta)\sin\alpha - Y(F_{xy}\cos\alpha - F_{xx}\sin\alpha);$$

$$U_4 = F_x(1-2\vartheta)\sin\alpha + 2F_y(1-\vartheta)\cos\alpha + Y(F_{xy}\sin\alpha + F_{xx}\cos\alpha);$$

$$U_5 = 2G[-F_{xy}\sin 2\alpha - F_{xx}\cos 2\alpha - Y(F_{xyy}\sin 2\alpha - F_{yyy}\cos 2\alpha)];$$

$$U_6 = 2G[-Y(F_{xyy}\cos 2\alpha + F_{yyy}\sin 2\alpha)];$$

$$U_7 = 2G[2F_{xy}\sin^2 2\alpha + F_{xx}\sin 2\alpha - Y(F_{xyy}\cos 2\alpha + F_{yyy}\sin 2\alpha)];$$

$$U_8 = 2G[-F_{xx} + Y(F_{xyy}\sin 2\alpha - F_{yyy}\cos 2\alpha)],$$

где  $F_x, F_y, F_{xy}, F_{xx}, F_{xyy}, F_{yyy}$  — производные от функции интегрального решения задачи Кельвина [3]:

$$F_x(X, Y) = \frac{1}{4\pi(1-\vartheta)} \left( \ln \sqrt{(X-b)^2 + Y^2} - \ln \sqrt{(X+b)^2 + Y^2} \right);$$

$$F_y(X, Y) = -\frac{1}{4\pi(1-\vartheta)} \left( \arctan \frac{Y}{X-b} - \arctan \frac{Y}{X+b} \right);$$

$$F_{xy}(X, Y) = \frac{1}{4\pi(1-\vartheta)} \left( \frac{Y}{(X-b)^2 + Y^2} - \frac{Y}{(X+b)^2 + Y^2} \right);$$

$$F_{xx}(X, Y) = -F_{yy}(X, Y) = \frac{1}{4\pi(1-\vartheta)} \left( \frac{X-b}{(X-b)^2 + Y^2} - \frac{X+b}{(X+b)^2 + Y^2} \right);$$

$$F_{xyy}(X, Y) = \frac{1}{4\pi(1-\vartheta)} \left( \frac{(X-b)^2 - Y^2}{[(X-b)^2 + Y^2]^2} - \frac{(X+b)^2 - Y^2}{[(X+b)^2 + Y^2]^2} \right);$$

$$F_{yyy}(X, Y) = \frac{2Y}{4\pi(1-\vartheta)} \left( \frac{X-b}{[(X-b)^2 + Y^2]^2} - \frac{X+b}{[(X+b)^2 + Y^2]^2} \right);$$

$$X = (x_i - x_j) \cos \beta_j + (y_i - y_j) \sin \beta_j;$$

$$Y = (y_i - y_j) \cos \beta_j - (x_i - x_j) \sin \beta_j;$$

$\alpha = \beta_i - \beta_j$  — наклон  $i$ -го элемента относительно  $j$ -го элемента;

$G = \frac{E}{2(1+\vartheta)}$  — модуль сдвига;

$\vartheta$  — коэффициент Пуассона.

Распределение разрывов смещений вдоль трещины неизвестно. Поэтому для решения задачи необходимо знать либо распределение усилий, приложенных на контуре трещины, либо смещения. Далее, построив и решив систему соответствующих алгебраических уравнений (1)–(4), можно найти такие разрывы смещений, которые обеспечивают заданные граничные напряжения или смещения.

Применим метод разрывных смещений для случая зарождения трещины на поверхности эластичного покрытия в зоне формирования технологического продукта, в которой покрытие работает в условиях напряженно-деформированного состояния при максимальных нагрузках. Разделим трещину на  $S$  граничных элементов. Экспериментальные исследования процесса развития трещин на поверхности эластичных покрытий в производственных условиях [4] дают основания рассматривать трещину в нормальной плоскости. Считаем, что элементы настолько малы, что разрыв смещения в пределах каждого элемента постоянен. Тогда, рассматривая напряженно-деформированное состояние  $m$ -го поперечного сечения валика (рис. 2), где  $1 \leq m \leq S$ , можно найти элементарные разрывы смещений, определяемые смещениями граничных отрезков зоны контакта, методика расчета которых приведена в [5]. Это возможно, когда один "берег" трещины принадлежит  $k$ -му элементу границы покрытия, а другой —  $k+1$ -му (рис. 2), что обусловлено вращением нажимного

валика. Определив, таким образом, элементарные разрывы смещений для всех  $S$  поперечных сечений и вычислив граничные коэффициенты влияния  $U_1 \dots U_S$ , можно найти, используя уравнения (1)–(4), распределения напряжений внутри трещины.

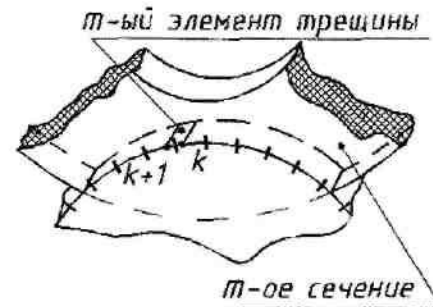


Рис. 2. Зона контакта при рассмотрении граничного элемента трещины

На основании предлагаемой методики разработан алгоритм и составлена программа для расчета распределения напряжений и смещений внутри трещины.

#### ВЫВОДЫ

На основе численного метода разрывных смещений получена методика определения распределения напряжений и смещений внутри трещины произвольной формы.

#### Литература

1. Фарукшин В.В., Проталинский С.Е. Механика развития трещин на поверхности эластичного покрытия нажимного валика // Вестник КГТУ. — Кострома, 2001. — № 3.
2. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела / Перев. с англ. — М.: Мир, 1987.
3. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. — М.: Наука, 1979.
4. Волчков О.М. Совершенствование методов расчета и проектирования эластичных покрытий нажимных валиков для прядильных машин мокрого прядения льна: Дис. ... канд. техн. наук. — Кострома, 2000.
5. Фарукшин В.В., Волчков О.М. Моделирование контактного взаимодействия элементов выпускной пары прядильной машины // Вестник КГТУ. — Кострома, 2000. — № 2.

V.V. Faroukshin

#### STRESS DISTRIBUTION AND DISPLACEMENT INSIDE CRACK ON ELASTIC COATING SURFACE

УДК 677.052.954:51

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗНАШИВАНИЯ РОЛИКА РОЛИКОВОГО НАТЯЖНОГО ПРИБОРА

Г.К.Букалов

При взаимодействии пряжи и ролика натяжного прибора [1] (см. рис. 1) происходит неравномерный износ цилиндрической нитеконтактирующей поверхности ролика, несмотря на то, что ширина контакта нити с рабочим органом в виде ролика

значительно меньше. В каждый момент времени положение нити на поверхности ролика является случайным, т.к. на нить действует много случайных факторов (колебания диаметра нити, неравномерность натяжения, вибрации ролика и т.д.), которые

приводят к тому, что положение нити на образующей ролика является также случайным. Т.е. взаимодействие пряжи с данным участком образующей поверхности ролика может быть, а может и не быть. Но если рассматривать взаимодействие пряжи с поверхностью ролика за достаточно большой промежуток времени, то необходимо рассматривать именно случайное распределение пряжи по ролику с некоторой плотностью вероятности (см. рис. 2). Полагаем, что закон распределения пряжи по ролику с течением времени не меняется, ролик вращается равномерно.

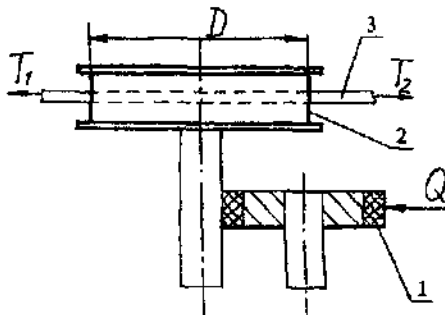


Рис.1. Схема роликотка нитетяжителя  
1 — ролик с эластичным покрытием;  
2 — ролик, контактирующий с нитью;  
3 — нить.

В ряде работ, выполненных в Костромском технологическом институте под руководством М.И. Худых, показано, что изнашивание нитепроводящих деталей носит в основном абразивный характер. Во время работы игольного барабана волокна огибают иглы подобно нитям, огибающим нитепроводники, поэтому для данного взаимодействия волокон можно применить закономерности, полученные при исследовании контактирования нитей с деталями.

Рассмотрим износ участка ролика. Участок имеет форму прямоугольника шириной  $dx$  и длиной  $\pi D$  (см. рис. 2). Износ участка ролика после взаимодействия с пряжей определяется зависимостью [2] (далее полагаем, что участки расположены по образующей равномерно, учитывается износ только от истирания):

Износ некоторого участка на образующей после взаимодействия с нитью длиной  $dL$  определится из [2]:

$$dU = k \cdot p \cdot dL, \quad (1)$$

где  $p$  — нормальное давление нити на данный участок ролика.

Полагаем, что  $p$  и  $L$  — случайные величины, распределенные по некоторому закону с постоянными параметрами. Можно утверждать, что най-

дется такая постоянная  $\bar{P}$ , которая отвечает следующим условиям:

$$0 < \bar{P} < P_{\max}; \quad \bar{P} = \text{const}; \quad (2)$$

где  $P_{\max}$  — наибольшее нормальное давление, возникающее при взаимодействии нити с роликом на данном участке.

$\bar{P}$  — постоянная величина, численно равная некоторому среднему давлению нити, возникающему при контакте нити с роликом на данном участке (в первом приближении полагаем постоянным по поверхности ролика) за значительный промежуток времени.

$$\bar{P} = \frac{\bar{F}}{\pi DB},$$

где  $\bar{F}$  — постоянная величина, численно равная некоторой средней силе нормального давления, возникающей при контакте нити с роликом на данном участке (в первом приближении полагаем постоянной по поверхности ролика) за значительный промежуток времени;

$B$  — ширина ролика.

С учетом условий (4.87) и после упрощений выражение для расчета износа участка ролика определится следующей зависимостью:

$$dU(x) = \frac{k\bar{F}dL(x)}{\pi DB}, \quad (3)$$

Из уравнения (3) следует, что величина износа участка ролика прямо пропорциональна длине нити, взаимодействующей с данным участком, и обратно пропорциональна диаметру ролика.

Общий износ ролика  $U_0$  определится из формулы (3) после преобразований:

$$U_0 = \int_0^B U(x) dx = \int_0^B \frac{kFL(x) dx}{\pi DB}. \quad (4)$$

Положим, график износа ролика по образующей имеет следующий вид (см. рис. 2). Ординаты графика на рис. 2 фактически представляют собой частоты  $G(x)$  попадания нити на данный участок, расположенный по ширине ролика, умноженный на некоторый коэффициент пропорциональности  $W_2$ :

$$U(x) = W_2 G(x), \quad (5)$$

где  $U(x)$  — величина износа ролика в данном участке на данном графике, мм;

$x$  — координата интервала (признак), мм.

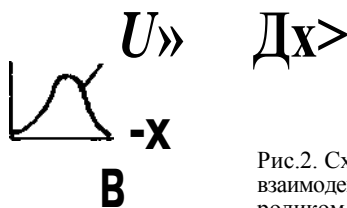
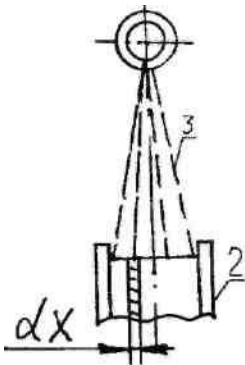


Рис.2. Схема взаимодействия нити с роликом

Значение коэффициента пропорциональности  $W_2$  можно определить из условия равенства единице площади под графиком частоты  $G(x)$  (график заменяем гистограммой) т.е.

$$\int_0^B G(x) dx = 1; \int_0^B u(x) dx = 1; W_2 = \int_0^B G(x) dx \quad (6)$$

Следовательно,  $W_2$  — общий износ ролика по образующей.

Полагаем, что нить распределяется по поверхности ролика случайным образом, и закон распределения нити и износа по поверхности ролика является нормальным, поэтому можно говорить о плотности вероятности попадания нити на данный участок ролика, которая определяется следующей зависимостью:

$$R(x) = \frac{e^{-x^2/2S^2}}{\sqrt{2\pi}S} \quad (7)$$

где  $X$  — математическое ожидание координаты нити на образующей ролика;  $S$  — среднее квадратическое отклонение координаты нити на образующей ролика;  $Z$  — коэффициент пропорциональности.

Из вышесказанного вытекает, что форма износа образующей ролика копирует картину распределения нити по рабочей поверхности ролика.

Литература

1. Энциклопедия машиностроения. Том. IV-13. Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности / Под ред. акад. Междун. акад. наук высшей школы И.А. Мартынова. — М.: Машиностроение, 1997.
2. Проников А.С. Надежность машин. — М.: Машиностроение, 1978.

G.K.Bukalov MATHEMATICAL MODEL OF ROLLER STRETCH DEVICE ROLL WEAR

**Подписка!**

Подписку на «Вестник Костромского государственного технологического университета» в России и странах Европы можно оформить через фирму «МК-ПЕРИОДИКА», Россия, 129110, Москва, ул. Гиляровского, 39. Тел.: (095) 284-50-08, 281-91-37, 281-33-22, 281-93-45, факс: (095) 281-37-98 E-mail: [info\(cu\)periodicals.ru](mailto:info(cu)periodicals.ru)



Подписной индекс 10543



## ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

УДК 621.923

### ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВА $\text{SrM925}$

С.И.Галанин, Е.П.Гришина, О.А.Иванова, Ю.Л.Нельмина

Костромской государственной технологической университет,  
Институт химии водных растворов, г. Иваново

Обладая уникальным набором декоративных и технологических свойств, серебро уже на протяжении многих веков занимает свою, особую нишу в ювелирной промышленности. На свойства сплава большое влияние оказывают механизмы внутренних процессов при его нагреве и кристаллизации, размер образующихся при этом зерен [1]. Основные зависимости структуры сплавов на основе серебра изучены достаточно подробно [2]. На их базе даны некоторые рекомендации по подбору режимов механической и термической обработки сплавов. Однако в настоящее время всё большее признание во многих отраслях промышленности завоевывает электрохимическая обработка металлов и сплавов, в частности, такая её разновидность, как электрохимическое полирование (ЭХП). При механическом полировании поверхность, сглаженная, но еще матовая после шлифования, выравнивается и доводится до глянцевого блеска с помощью мелкозернистого свободного или связанного абразива. ЭХП — более производительный процесс. Он позволяет эффективно сглаживать высоту микронеровностей поверхности и придавать блеск широкой гамме различных труднообрабатываемых механическим способом материалов, а также деталей и изделий с развитой сложнопрофильной поверхностью, оказывает благоприятное влияние на физико-химические свойства поверхности металла. Явные преимущества ЭХП заставляют глубже заняться вопросами влияния предварительной механической и термической обработки на свойства металлов и сплавов и их связь с электрохимической полируемостью поверхности. Наблюдая за структурой металла при различном темпе охлаждения, при различных видах деформации, выявляя различия и устанавливая их причину, можно избежать ошибок, лучше понять и технологически выгодно использовать предварительную подготовку изделий из сплава  $\text{SrM925}$  для получения качественной финишной поверхности в результате последующего процесса ЭХП.

Представленная работа посвящена изучению микроструктуры образцов из сплава  $\text{SrM925}$ , обработанных различными способами. Выбранные спо-

собы обработки идентичны применяемым в современном ювелирном производстве. Изучению электрохимической полируемости образцов будут посвящены последующие публикации.

Все ювелирные изделия можно разделить на следующие группы [3]:

- литые, не подвергаемые в последующем пайке;
- литые, подвергаемые в последующем пайке (например, изделия, спаиваемые из нескольких частей, кольца, паяемые «в размер»);
- изделия, подвергаемые в процессе изготовления отжигу (изделия, выполенные из штампованного металла, подвергнутого прокату через вальцы или протянутого через фильеры).

На основании анализа процессов термической и механической обработки выбиралась технология подготовки образцов (таблица 1).

Таблица 1

Технология подготовки образцов

№ пп	ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ОБРАЗЦОВ
1	Металл в расплавленном виде залив в изложницу с последующим охлаждением в воде
2	Литой образец подвергнут незначительной механической деформации (наклеп при ударах молотком)
3	Литой образец протянут через вальцы (толщина образца уменьшилась в 2 раза) с последующим отжигом и охлаждением в воде
4	Литой образец подвергнут отжигу при $t = 750^\circ\text{C}$ в течение 10—15 мин. в печи с окислительной средой с последующим охлаждением в воде
5	Литой образец подвергнут отжигу при $t = 750^\circ\text{C}$ в течение 10—15 минут в печи с окислительной средой с последующим охлаждением на воздухе
6	Литой образец подвергнут отжигу при $t = 750^\circ\text{C}$ в течение 10—15 минут в печи с окислительной средой с последующим медленным охлаждением вместе с печкой

Для выявления микроструктуры образцов они травилась в растворе следующего состава: 100 мл  $\text{H}_2\text{O}$ ; 0,2 г  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; 0,1 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , продолжительность травления (1—4) мин [4]. Микроструктура изучалась с помощью микроскопа ММУ-3У42 с увеличением 350. Микротвёрдость образцов определялась с помощью прибора ПМТ-3.

Сплав SrM925 в интервале температур 930—890°C затвердевает с образованием дендритной структуры [2]: к кристаллам  $\alpha$ -твердого раствора присоединяется медь в виде кристаллов  $\beta$ -твердого раствора. Так как в реальных условиях невозможно добиться достаточно резкого охлаждения нагретого металла, то в результате вокруг первичных кристаллов  $\alpha$ -твердого раствора кристаллизуется мелкозернистая вторичная эвтектическая структура (рис. 1). Размер зерна при этом незначительный (таблица 2).

Таблица 2  
Размер зерна сплава SrM925  
в зависимости от технологии подготовки образца

№ пп	Подготовка образца	Размер зерна, $\times 10^6$ м
1	Литой	5—10
2	Отжиг, закалка в воду	50—90
3	Продолжительный отжиг. Закалка в воду	150—200
4	Отжиг, охлаждение на воздухе	50—90

При рекристаллизационном отжиге, который проводится при температуре 750°C в течение 10—15 минут, происходит устранение отклонения от равновесного состояния, обусловленного способом получения заготовки (в нашем случае литьем). Структура становится более равномерной, размер зерен увеличивается. При резком охлаждении сплава после отжига кислород не успевает изменить микроструктуру металла из-за высокой теплопроводности воды. В результате границы зерен видны не очень четко (рис. 2). Тогда как при естественном охлаждении на воздухе кислород окисляет медь до закиси меди, которая выделяется по границам зерен, и поэтому микроструктура читается четче (рис. 3).

Исследования показали, что достаточно медленное охлаждение металла после отжига, например, вместе с печкой, необходимо производить в защитной среде, так как серебро имеет способность при повышенных температурах внедрять кислород в структуру в несвязанном виде. Кислород образует по краям слитка газовые полости, что снижает прочность и пластичность металла, еще он взаимодействует с медью с образованием закиси меди. Кроме того, в случае присутствия в воздухе соединений серы возможно их проникновение внутрь слитка и образование сернистых соединений серебра, резко ухудшающих декоративный вид сплава.

Как правило, в ювелирном производстве при отжиге металла редко используют печь с защитной средой (в основном такие печи используют достаточно крупные ювелирные фирмы), а пользуются газовой или бензиновой горелкой из-за экономии времени и труда. Но так как продолжительность

отжига газовой горелкой значительно меньше (около 1—2 минут), чем в печи, и нагрев неравномерный, особенно при большом объеме металла, структура металла не успевает преобразоваться. В результате на микрошлифе образца, обработанного в пламени горелки, так же, как и на микрошлифе литого образца, отчетливо читается дендритная структура. Такой непродолжительный отжиг позволяет лишь снять остаточные напряжения в металле, не изменяя при этом его микроструктуру.

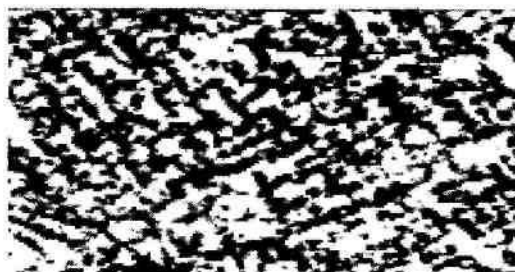


Рис. 1. Микроструктура литого сплава SrM925

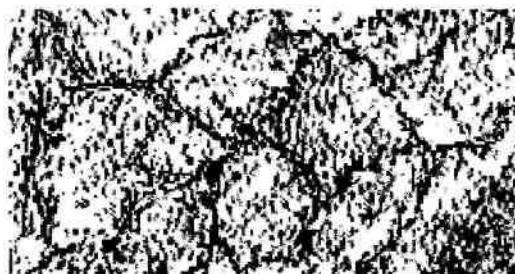


Рис. 2. Микроструктура литого сплава SrM925, подвергнутого отжигу с последующим охлаждением в воде



Рис. 3. Микроструктура литого сплава SrM925, подвергнутого отжигу с последующим охлаждением на воздухе

#### ВЫВОДЫ

1. Рекристаллизационный отжиг при температуре 750°C в печи приводит к образованию однородной структуры металла.
2. Микротвёрдость сплава SrM925 существенно зависит от режимов его охлаждения после отжига: например, при искусственном старении она

- возрастает в 2—2,5 раза по сравнению с резким охлаждением. Это связано с состоянием межзеренных границ, наличием или отсутствием на них эвтектики.
3. При увеличении скорости охлаждения увеличивается размер межзеренных границ за счет окисления меди до закиси меди, что приводит к значительному изменению микроструктуры сплава.
  3. После значительной механической деформации (штамповка, прокат, протягивание) недостаточно

отжиг в пламени газовой или бензиновой горелки; для получения однородной структуры требуется более равномерная, длительная и при больших температурах термическая обработка, например в печи.

4. Отжиг рекомендуется производить в печи с защитной средой (например, в печи «Соло») во избежание ухудшения структуры металла из-за проникновения вглубь слитка кислорода и соединений серы.

#### Литература

1. Мозберг Р.К. Материаловедение: Учебное пособие. — 2-е изд. — М.: ВШ, 1991. — 448с.
2. Металлы и сплавы для художественных изделий: Учебник для вузов/ Бошин С.Н., Куманин В.И., Ковалева Л.А., Гусев В.А., Белихов А.Б./ Под ред. проф. Куманина В.И. — Кострома: Изд-во КГТУ, 1997. — 259с.
3. Эрхард Бреполь. Теория и практика ювелирного дела. — Санкт-Петербург: Соло, 2000. — 528с.
4. Малышев В.М., Румянцев Д.В. Серебро. — 2-е изд. — М.: Металлургия, 1987. — 320с.

S.I.Galanin, E.P.Grishina, O.A.Ivanova, Yu.L.Nellmina  
**INFLUENCE MECHANICAL AND THERMAL AFFECT UPON  
 OF SILVER M925 ALLOY STRUCTURE PROPERTIES**

УДК 621.9.01

#### УПРАВЛЕНИЕ ФОРМОЙ И НАПРАВЛЕНИЕМ ДВИЖЕНИЯ СЛИВНОЙ СТРУЖКИ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

*С.В.Михайлов, Д.С.Скворцов*

*Изложен теоретический подход к оценке влияния технологических условий резания на формообразование стружки.*

Основным физическим содержанием резания металлов является процесс пластического деформирования срезаемого слоя в стружку. Связь процесса пластической деформации с формой и движением стружки до сих пор не раскрыта. Между тем, знание этого вопроса является необходимым условием создания теории управления сходом стружки. Практическим результатом теории может быть создание САПР режущих инструментов и технологических процессов с учетом получения благоприятной формы стружки.

Экспериментальные и теоретические исследования [1, 2] показывают, что причиной завивания стружки в спираль является неоднородная пластическая деформация сдвига по ширине и толщине срезаемого слоя. Стружка завивается в результате переменной усадки различных ее слоев. Причем основная часть стружки свою окончательную форму приобретает уже на выходе из зоны первичной пластической деформации. Модель зоны стружкообразования, учитывающая формирование стружки в спираль, показана на рис. 1.

На схеме условная поверхность сдвига представляет собой криволинейную форму с переменным углом наклона и переменной кривизной по ширине срезаемого слоя. Геометрические параметры

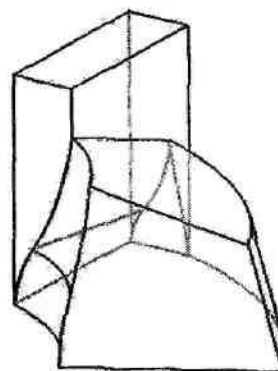


Рис.1. Модель зоны стружкообразования

первичной поверхности сдвигов тесно связаны с формой и направлением движения стружки. Согласно модели, сходящая с реза стружка в результате неоднородной пластической деформации может иметь три вращательных движения (рис 2) — вращения в плоскости касательной к передней поверхности инструмента  $XOY$  и в нормальных к ней двух секущих плоскостях  $ZOY$ ,  $ZOX$ . Завивание стружки в главной секущей плоскости зависит от степени неоднородности деформации по толщине срезаемого слоя  $a_1$ . Причиной завивания стружки в плоско-

сти передней поверхности инструмента является неравномерная усадка стружки по ширине срезаемого слоя  $b_1$ . Завивание стружки в плоскости ее поперечного сечения обеспечивается изменением степени неоднородности напряженно деформированного состояния зоны резания вдоль режущей кромки. Вращение  $\omega_s$  возникает при резании инструментом с криволинейной передней поверхностью. Помимо вращательных движений на форму и направление оси стружки существенное влияние оказывает угол схода стружки, значение которого зависит от геометрии сечения среза и угла  $\lambda$ . Частными случаями модели стружкообразования являются известная схема прямолинейного схода стружки с двухгранной плоскостью сдвига [3] и схема с переменным углом наклона главной условной поверхности сдвига [1], учитывающая завивание стружки в плоскости передней поверхности инструмента.

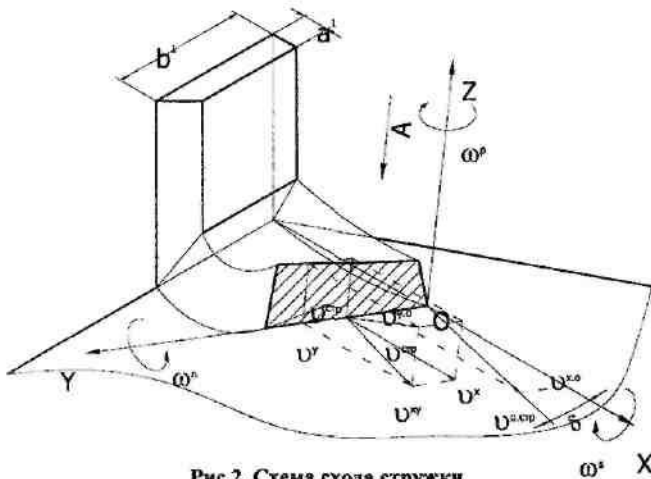


Рис.2. Схема схода стружки с криволинейной передней поверхности инструмента

Степень неоднородности сдвига и, следовательно, интенсивность завивания стружки в той или иной плоскости определяются контактными условиями взаимодействия стружки с резцом, которые в первую очередь зависят от физико-механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов, геометрии инструмента, режимов резания. Технологические факторы, оказывающие наибольшее влияние на формирование сливной стружки, показаны в виде схемы на рис. 3.

С целью определения влияния технологических условий обработки на форму стружки и направление ее движения разработана и реализована на компьютере пространственная модель схода стружки с резца для операций продольного точения, подрезки торцов, отрезки, растачивания. Входными параметрами модели являются значения угловых скоростей  $\omega_n$ ,  $\omega_p$ ,  $\omega_s$  и угол  $\delta_s$ . Выходными —

форма, размеры, направление схода стружки с резца и ее расположение относительно обрабатываемой детали.

С помощью программы составлен полный классификатор естественных форм и направлений движения сливных стружек. Фрагмент классификатора показан на рис. 4.

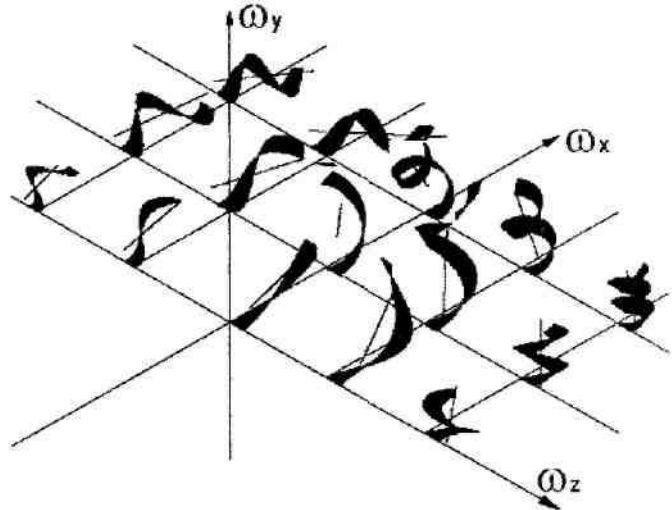


Рис.4. Фрагмент классификатора форм и направлений движения сливных стружек при  $\delta_s = 10^\circ$

В отличие от известных [4], данный классификатор охватывает весь спектр многочисленных форм стружек, которые могут быть получены на практике, в том числе при использовании инструментов со сложной передней поверхностью. Классификатор стружек предназначен для выработки рекомендаций по выбору конструкций инструментов и режимов резания с учетом формы стружки. Общая методика определения рациональных способов управления сходом стружки состоит в следующем. Для требуемой формы и направления движения стружки находят оптимальное сочетание трех вращательных движений  $\omega_n$ ,  $\omega_p$ ,  $\omega_s$  и угол схода  $\delta_s$ . Затем, с помощью схемы на рис. 3 выбирают параметры управления сходом стружки. Очевидно, что для эффективного поиска оптимальных условий резания, гарантирующих получение благоприятной формы стружки, требуется создание надежных расчетных зависимостей. В то же время для выбора направления поиска технологических условий обработки по критерию благоприятного схода стружки достаточно знать их качественное влияние на параметры стружкообразования. Выполнить качественную оценку влияния условий резания на формирование стружки позволяют известные в теории резания зависимости и общее представление физической природы завивания стружки, формализованное в виде графической модели на рис. 1.

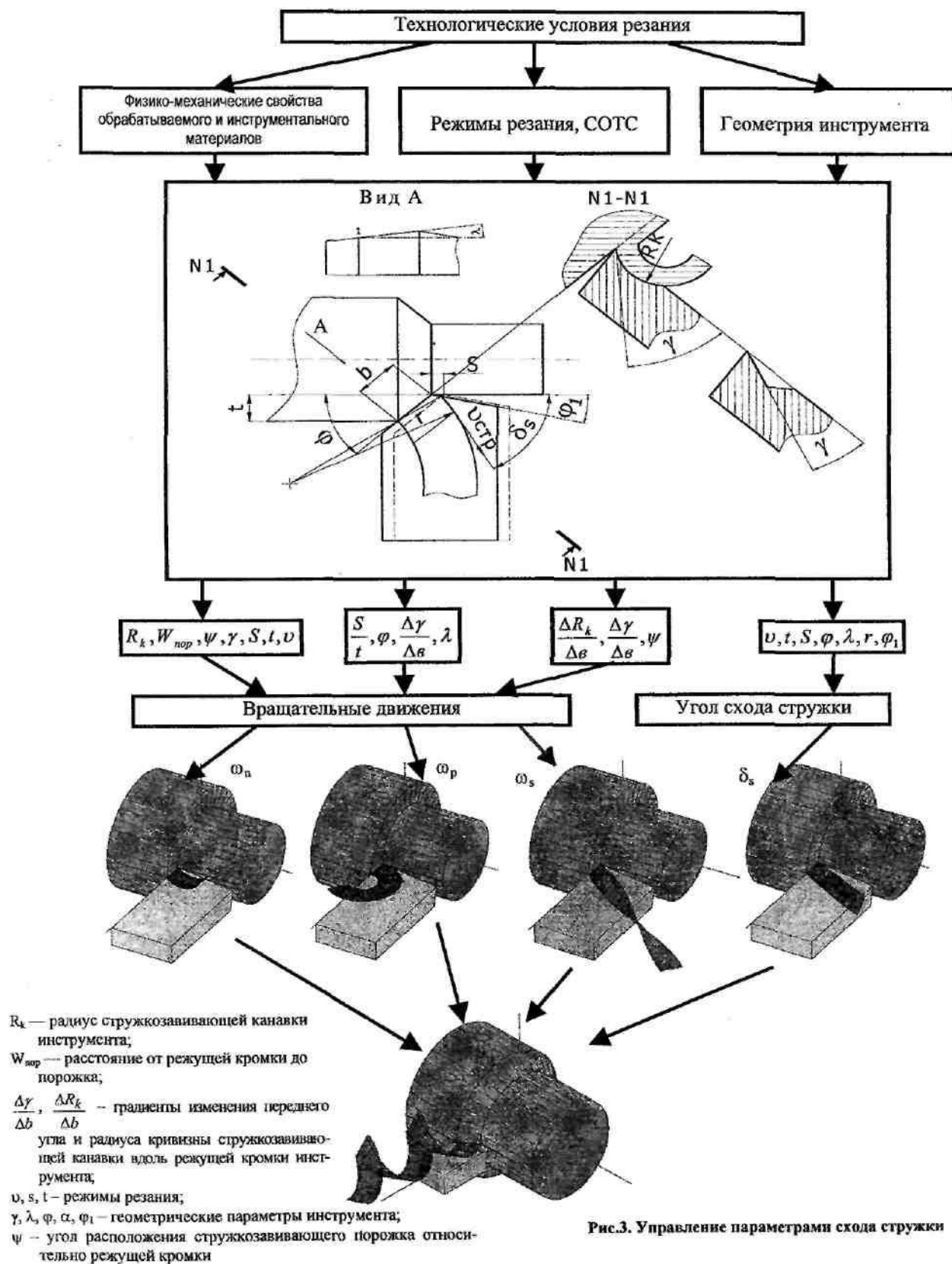


Рис.3. Управление параметрами схода стружки

Установлено, что завивание стружки в главной секущей плоскости, как результат неоднородной деформации по толщине срезаемого слоя, достигается путем создания на передней поверхности инструмента различного рода уступов, порожков и канавок постоянного профиля, расположенных вдоль режущей кромки. Расчетные зависимости радиуса кривизны стружки  $R_p$  и связанного с ним вращательного движения  $\omega_p$  получены в работе [5]. Интенсивность бокового завивания стружки в плоскости передней поверхности усиливается при создании переменного переднего угла вдоль режущей кромки  $\frac{\Delta\gamma}{\Delta b}$ , например как у сверл или резцов с винтовой передней поверхностью. При резании инструментом с плоской передней гранью величина  $\omega_p$  зависит от отношения  $s/t$ . Чем больше  $s/t$ , тем меньше  $R_p$  и,

следовательно, больше  $\omega_p$ . Завивание стружки в плоскости ее поперечного сечения возникает при изменении геометрических параметров стружкозавивающих поверхностей и передних углов инструмента вдоль режущей кромки. С ростом градиентов  $\frac{\Delta\gamma}{\Delta b}$ ,  $\frac{\Delta W}{\Delta b}$ ,  $\frac{\Delta R_k}{\Delta b}$  увеличивается  $\omega_p$ . Угол схода стружки зависит от соотношения  $s/t$ , радиуса при вершине  $r$ , угла наклона режущей кромки  $\lambda$ . Его значение с достаточной точностью можно определить расчетным путем [6].

Предложенный алгоритм поиска оптимальных условий управления сходом стружки может быть использован при разработке САПР ТП и РИ. Методику можно рекомендовать для создания классификатора режущих пластин со стружкозавивающими поверхностями.

#### Литература

1. Куфарев Г.Л., Окенов К.Б., Говорухин В.А. Стружкообразование и качество обработанной поверхности при несвободном резании. — Фрунзе: Мектеп, 1970. — 170 с.
2. Михайлов С.В., Чижов В.Н. Анализ существующих теорий и разработка новой физической модели завивания стружки // Математическое обеспечение операций механической обработки: Сб. научн. тр. / ЯПИ — Ярославль, 1988. — С. 59—65.
3. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. — 1956. — 364с.
4. Nakayama Kazuo. Chip Control in Metal Cutting// Japan Society of Precision Engineering: Bulletin, 18, N2. 1984. — S. 97—103. (Накаяма Кадзуо. Управление образованием и удалением стружки при обработке металлов резанием ВЦП №КЛ — 86470)
5. Силин С.С., Чижов В.Н., Михайлов С.В., Оптимизация токарных операций по критерию благоприятной формы стружки // Вестник верхневолжского отделения Академии технологических наук РФ. Высокие технологии в машиностроении и приборостроении. — Вып. 1. — 1994.
6. Козлов В.А. Структурно-параметрическая оптимизация процесса точения. — РГАТА, 2000. — 671с.

S.V.Mikhailov, D.S.Skvortzov

#### FOUR CHIP MOVEMENT FORM AND DIRECTION DURING METAL CUTTING

УДК 621.3

#### “КОНСЕРВАТИВНАЯ” МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

В.В.Романов

Излагается методика модернизации устройств ЧПУ путем замены только управляющей ЭВМ типа «Электроника-60» на IBM PC. При этом все функциональные модули УЧПУ сохраняются. Согласование разнотипных шин реализуется в основном программным методом с дополнительным устройством сопряжения минимальной сложности.

Некоторый рост промышленного производства пробудил интерес предприятий к станкам с числовым программным управлением, однако интерес этот в значительной степени сдерживается высокой стоимостью такого оборудования и отсутствием средств у большей части отечественных производителей. Наиболее доступным решением проблемы является модернизация станков путем замены старой системы ЧПУ на современную. Можно привести ряд аргументов, подтверждающих целесообраз-

ность именно такого подхода к решению проблемы: — прогресс электронной составляющей станков с ЧПУ по своим темпам существенно превосходит прогресс механической составляющей (так, если производительность вычислительных систем и емкость запоминающих устройств выросли за последние 10 лет в сотни раз, то размеры рабочих зон, обороты двигателей и точность позиционирования остались практически неизменными);

- замена станка часто связана со значительными дополнительными капитальными вложениями, такими как демонтаж станины, демонтаж старых и монтаж новых гидравлических, пневматических и электрических коммуникаций;
- современное машиностроительное предприятие имеет достаточно большие возможности по капитальному ремонту и даже улучшению состояния механических частей станков, в то время как ремонт электронных блоков с каждым годом становится все более трудоемким. Вообще, проблемы поддержания требуемого технического состояния и эффективной эксплуатации систем ЧПУ являются одними из наиболее острых у большинства современных предприятий. Связано это с целым рядом причин.

Во-первых, в 70-х—80-х годах, когда в основном формировался современный парк станков с ЧПУ, на предприятиях скопилась очень большая номенклатура таких систем (например, один цех Костромского завода КЗАЛ оснащен 15 станками 8 типов, которые управляются системами ЧПУ 12 типов). При этом системы ЧПУ имеют различную элементную базу, причем некоторые комплектующие уже сняты с производства (часто приобретение необходимого для ремонта элемента станка становится самостоятельной проблемой!).

Во-вторых, несмотря на наличие стандарта, определяющего порядок подготовки прикладных программ для станков с ЧПУ, практически каждая система имеет особенности программирования, в связи с чем технологическая подготовка не может быть унифицирована. Часто различия в программировании бывают существенными (так, в системах типа H22 и аналогичных перемещения программируются в импульсах шагового двигателя, в то время как в других системах используются координаты точки; значительно различаются форматы описания скоростей подачи и т.д.).

В-третьих, большинство из существующих систем ЧПУ построено на базе процессоров линии PDP-11, прекратившей свое существование. Соответственно программное обеспечение этой линии больше не поддерживается, и количество специалистов в этой области постоянно уменьшается.

Наконец, базовое программное обеспечение рассматриваемых систем записано на постоянном запоминающем устройстве, что практически исключает возможность его модернизации в условиях завода.

Но, несмотря на большое разнообразие станков, необходимых современной промышленности, есть все предпосылки для построения системы ЧПУ, содержащей единый набор аппаратных и программных модулей. Связано это, в первую очередь, с унификацией электрической части исполнительных и регистрирующих элементов станков. Практически

любой станок, независимо от функционального назначения, габаритов и завода-изготовителя, может быть описан упрощенной схемой, представленной на рис. 1.

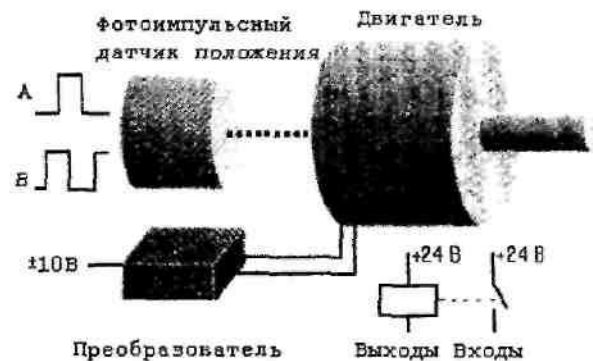


Рис.1. Упрощенная схема металлорежущего станка

На схеме показаны лишь те элементы станка, которые являются определяющими при выборе той или иной системы ЧПУ. К ним относятся:

- преобразователь, на вход которого от системы ЧПУ поступает аналоговый сигнал (как правило, в диапазоне от  $-10,24$  В до  $+10,24$  В), знак которого определяет направление, а величина — скорость вращения двигателя, связанного посредством червячной или другой передачи с подвижной частью станка (тип и характеристики двигателя не имеют определяющего значения при выборе системы ЧПУ);
- датчик положения, который выдает в ЧПУ два стандартных сигнала, позволяющих определить направление вращения двигателя и положение вала, а следовательно, и положение подвижной части станка (датчик может быть установлен на валу двигателя, на валу червячной передачи, на подвижной части станка; чаще всего используются фотоимпульсные датчики, хотя в более старых станках могут использоваться вращающиеся трансформаторы, резольверы и индуктосины);
- входы ЧПУ (или выходы станка), которые, как правило, имеют два состояния: 0 В и  $+24$  В — и связаны с теми элементами станка, состояние которых необходимо контролировать в процессе работы (микрореле, переключателями позиции подвижных элементов станка, датчиками давления воздуха, масла, жидкости гидравлической системы, контрольными контактами пусковых автоматов);
- выходы ЧПУ (или входы станка), через которые выполняется управление элементами станка (включение приводов, разрешение работы приводов, включение/выключение двигателей смазки, охлаждения, переключение ступеней главного привода, открывание/закрывание дверей, зажим/разжим инструмента и т.д.).

Из изложенного следует, что для модернизации большинства станков достаточно иметь систему ЧПУ, содержащую произвольный набор элементов пяти типов: цифро-аналоговый преобразователь, счетчик позиции, дискретный вход с гальванической развязкой, дискретный выход с гальванической развязкой, релейный выход. Адаптация конкретного набора элементов к конкретному станку может быть обеспечена программным способом.

Анализ коммерческих предложений ряда зарубежных фирм, таких как "Bosch", "Siemens", а также отечественных разработчиков (системы ДиаНа, CNC2000), показывает, что под модернизацией понимается полная замена электронной части станка, за исключением, возможно, электроприводов подач и главного движения. В качестве «платформы» нового УЧПУ предлагается промышленная рабочая станция AWS-825 или промышленное шасси IPC-6908, выпускаемые фирмой "Advantech". Все комплектующие — от ЦАП до энкодеров — также производится либо той же фирмой, либо "Octagon System" [1].

Ориентировочный расчет стоимости такой «прогрессивной, революционной» модернизации УЧПУ дает суммы порядка 5 тысяч долларов, не считая программного обеспечения. Ни одно костромское предприятие не откажется на такую замену.

На кафедре технологии машиностроения КГТУ разрабатывается концепция «консервативной» модернизации УЧПУ. Не отрицая морального и физического износа процессорного модуля (на

базе ЭВМ «Электроника-60»), специализированные модули станка (ЦАП, блоки оцифровки координат, блоки входных и выходных сигналов) можно считать вполне работоспособными. Более того, та же фирма Advantech не может предложить модуля связи и датчиками положения типа «вращающийся трансформатор», а большинство отечественных станков фрезерной группы оснащены именно такими.

В основе концепции нашей модернизации лежит моделирование, имитация логики работы предыдущего процессора (типа K1801BM1...3) со стороны новой ЭВМ типа IBM PC.

При этом существует принципиально два пути:

1. Полная имитация (при подключении ЭВМ IBM PC к тем же разъемам, что и в штатном варианте);
2. Упрощенная имитация (при подключении в позицию адаптера магистрали).

В первом случае поддерживается работа практически всех стандартных модулей устройства ЧПУ, в том числе и тех, которые морально устарели (блоки связи с перфоратором, фотосчитывателем, с ЭВМ верхнего ранга). Во втором случае поддерживается работа только тех блоков, которые входят в так называемую «станочную магистраль». Но это именно те, которые и нужны для выполнения станком своих технологических функций.

В обоих случаях согласование выполняется программно, с максимальным упрощением интерфейсов сопряжения. Структурная схема интерфейса для второго варианта представлена на рис.2.

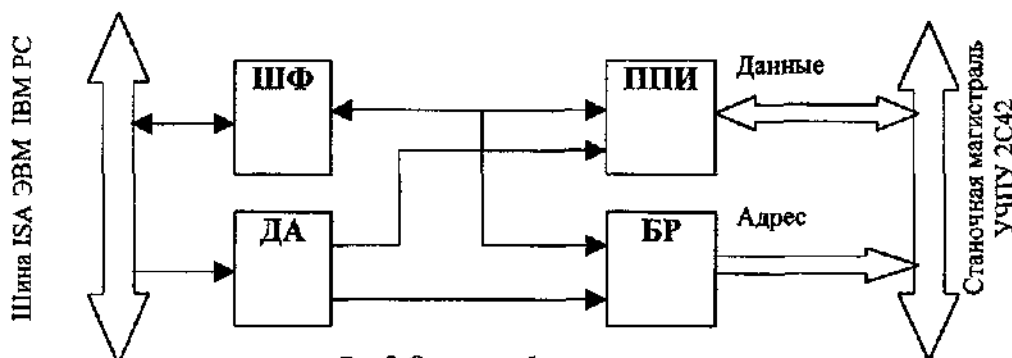


Рис. 2. Структура блока сопряжения

ШФ — шинный формирователь K555АП6 или K580BA86;  
 ДА — дешифратор адреса на микросхеме K556PT4;  
 ППИ — программируемый параллельный интерфейс K580BB55;  
 БР — буферный регистр K580IP82.

Структура интерфейсного модуля обусловлена набором информационных сигналов, передаваемых по станочной магистрали УЧПУ. Это 16 разрядов двунаправленной шины данных (реализована через порты А и В ППИ), 8 линий адреса, передаваемых через БР, а также сигналы сопровождения обмена ("Write", "Read" и т.д.), передаваемые через порт С ППИ. Анализ логики работы УЧПУ и временных диаграмм циклов "Ввод" и "Вывод" поз-

волил разработать оригинальные программы для IBM PC, полностью воспроизводящие поведение и задачи стандартного центрального процессора ЧПУ [2]. Благодаря этому была создана система управления нового уровня: функциональные модули типового УЧПУ; управляющий компьютер — IBM.

Разработанный способ модернизации УЧПУ путем замены только управляющего компьютера требует значительно меньше капитальных затрат, чем



«революционная» модернизация, и практически не уступает в надежности и быстродействии, так как базируется на стандартных апробированных

многолетней эксплуатацией модулей. Элементы данной схемы внедрены в службе ЧПУ отдела главного технолога КЗАЛ.

#### Литература

1. Емельянов С. Модернизация станков с ЧПУ // Современные технологии автоматизации. — 2001. — №3. — С.34—43.
2. Сосонкин В. Л. Программное управление технологическим оборудованием. — М.: Машиностроение, 1991. — 512 с.

V.V.Romanov

#### "CONSERVATIVE" MODERNIZATION OF COMPUTER NUMERICAL CONTROL DEVICES

 <p><b>УЧЕБНО-ДЕЛОВОЙ ЦЕНТР КОСТРОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА</b></p> <p><small>Россия, 156006 г. Кострома, пл. Советская, 2а, телефон/факс (0942) 31-75-79, e-mail: <a href="mailto:udc@kgtu.ru">udc@kgtu.ru</a> Лицензия МО РФ № 0320 от 17.01.2003. Гос. аккредитация: №0813 от 12.03.2003</small></p>	
<b>Ваш путь к успеху!</b>	
<b>Профессиональная переподготовка (510 час.)</b>	
<p><b>вечерняя форма:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- бухгалтерский учет и аудит,</li> <li>- маркетинг,</li> <li>- менеджмент в малом бизнесе,</li> <li>- гражданское и трудовое право.</li> </ul>	<p><b>сессионная форма:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- бухгалтерский учет и аудит,</li> <li>- маркетинг,</li> <li>- государственное и муниципальное управление,</li> <li>- финансовый менеджмент</li> </ul>
<p><b>Для бухгалтеров, не имеющих высшего образования –</b></p> <p>впервые организуется спецкурс (510 час.), объединяющий профессиональную переподготовку по бухгалтерскому учету и аудиту (диплом гос. образца) и курс обучения профессиональных бухгалтеров (аттестат профбухгалтера Минфина РФ).</p> <p><b>Вниманию жителей области!</b> Обучение на сессиях в Костроме (по 7-10 дней) в течение учебного года</p>	<p><b>Для руководителей высшего и среднего звена –</b></p> <p>обучение в «директорской» группе по программе «Экономика и управление предприятием» (510 час.)</p>
<p><b>Для коллективов фирм и специалистов –</b></p> <p>корпоративные тренинги, семинары, переподготовка и повышение квалификации по профилю специальностей КГТУ</p>	
	<p><b>Наши преимущества</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 лет работы в бизнес-образовании;</li> <li>- аккредитация в Минобразовании РФ, Институте профбухгалтеров РФ, Федеральной Комиссии по подготовке управленческих кадров;</li> <li>- преподаватели, имеющие опыт бизнес-консультирования и специалисты-практики;</li> <li>- диплом и документы о повышении квалификации государственного образца.</li> </ul>
<p><b>Число наших выпускников превысило 4500 человек. Присоединяйтесь!</b> <b>Тел. 31-75-79</b></p>	

# — АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ —

УДК 674. 038. 3: 681. 518. 52

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ФАНЕРЫ МЕТОДОМ ЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

*Е.В.Саликова, Б.А.Староверов, В.П.Чулков*

Рассматриваются вопросы автоматизации контроля качества фанеры с применением метода свободных колебаний. Проведенные эксперименты показали достаточную информативность предложенного метода.

При производстве фанеры возможно появление в ней внутренних дефектов (пузырей и вздутий), наличие которых в готовой продукции является недопустимым. Причины образования внутренних дефектов обусловлены в основном нарушениями технологического процесса производства фанеры и нестабильностью качества исходного сырья.

На отечественных предприятиях на фоне применения современных средств автоматизации на других участках производства фанеры контроль качества в подавляющем большинстве осуществляется вручную, на заключительной стадии производства. Ручной метод выявления внутренних дефектов заключается в простукивании листов и определении наличия брака «на слух». Такой метод достаточно эффективен, но имеет ряд принципиальных недостатков. Во-первых, он не позволяет локализовать вид и размер дефекта. Во-вторых, оценка качества фанеры субъективна, зависит от квалификации работника. В-третьих, работа контролера физически тяжелая и монотонная.

Наиболее распространенным методом автоматизированного неразрушающего контроля материалов и изделий является ультразвуковой. Этот метод успешно используется для контроля фанеры на зарубежных предприятиях. Идея метода достаточно проста. Во время транспортировки фанерный лист «просвечивается» с помощью источника ультразвука. Количество излучателей колеблется в пределах от 8 до 16. Приемники улавливают отраженный или прошедший сквозь фанеру ультразвук. Сравнивая продолжительность прохождения (или амплитуду колебаний) через контролируемое изделие с аналогичными характеристиками эталонного (бездефектного) образца, можно не только обнаружить дефект, но и оценить его величину и расположение [1]. Метод достаточно точен, технологичен, позволяет автоматизировать процесс определения качества фанеры. Результаты измерений можно использовать как для селективной разбраковки фанеры, так и для

автоматизированной корректировки технологических процессов изготовления фанеры. Однако данный метод также имеет существенные недостатки. Во-первых, для измерения требуются достаточно стабильные внешние условия (температура, качество поверхности фанеры, отсутствие конвекционных воздушных потоков и т.д.), что усложняет конструкцию измерительной установки. Во-вторых, реализация метода сравнительно дорога. В-третьих, такая система технически сложно вписывается в существующие технологические линии на отечественных предприятиях.

В связи с этим была поставлена задача создать автоматизированную установку для определения качества фанеры, основанную на методе возбуждения свободных колебаний [2].

Техническая реализация метода свободных колебаний проще. Система контроля может быть более мобильной, что делает возможной ее установку и после заключительного этапа производства и непосредственно после прессования. В последнем случае брак определяется на ранней стадии производства, что позволит исключить бракованные листы из дальнейшей обработки и получить, таким образом, дополнительный экономический эффект.

Схема экспериментальной установки для автоматизированного контроля качества фанеры методом свободных колебаний представлена на рис.1, где: БП — блок питания; СУ — система управления; УВМ — управляющая вычислительная машина; 1 — ударный механизм (шарик); 2 — микрофон; 3 — исследуемый лист фанеры; 4 — опора; 5 — электромагнитная защелка; 6 — держатель; 7 — направляющие (двухкоординатный механизм).

Управление работой установки осуществляется программой с помощью УВМ. Программа реализует следующий алгоритм работы. После команды «Пуск» электромагнитная защелка освобождает ударный механизм (шарик), который падает с фиксированной высоты и вызывает колебания листа

фанеры. Создающиеся при этом звуковые колебания фанеры фиксируются микрофоном. Усиленный звуковой сигнал подается на УВМ через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и записывается в виде графика затухающих колебаний в память машины.

Результаты измерений могут представляться в виде таблиц или графиков изменения звуковых колебаний во времени.

Для исследования были использованы стандартные листы фанеры 1525×1525мм толщиной 12мм, прошедшие контроль ОТК ручным способом.

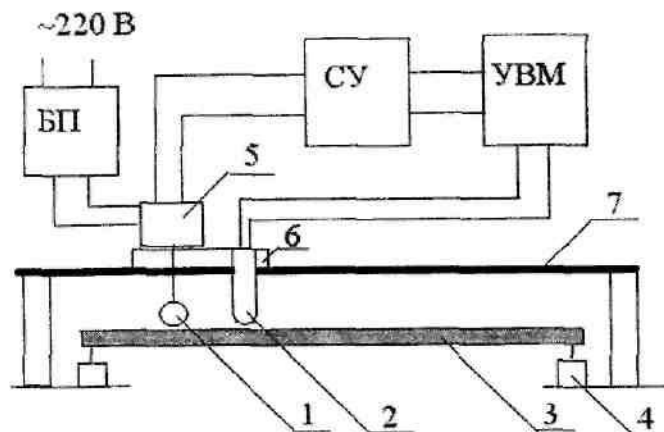
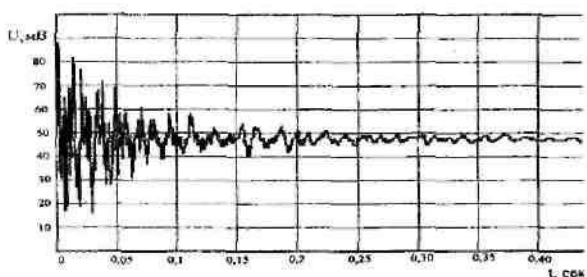
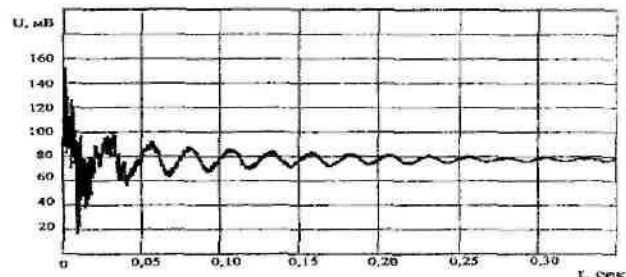


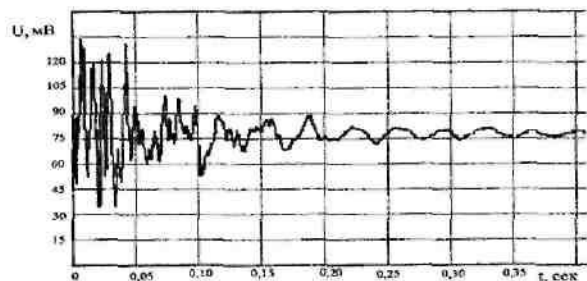
Рис.1. Схема экспериментальной установки для определения качества фанеры методом свободных колебаний



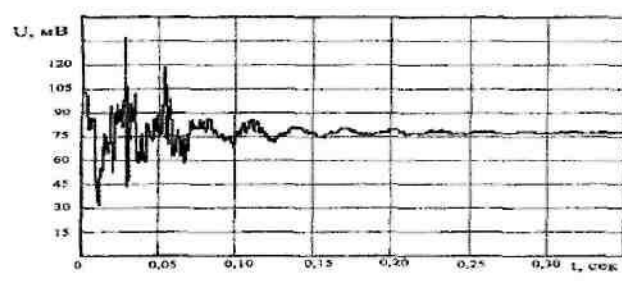
а)



а)



б)



б)

Рис. 2. Графики свободных колебаний:  
а) характерный для листа фанеры без брака;  
б) характерный для листа фанеры, имеющей дефект

Рис. 3. Графики свободных колебаний образца фанеры:  
а) не имеющего брака;  
б) имеющего неспроклеи по всей площади

Типичные графики звуковых колебаний представлены на рис.2. Из графиков видно, что в зависимости от качества исследуемой фанеры изменяются такие параметры, как частота, амплитуда и затухание колебательного процесса (рис. 2а, 2б). Это соответствует физическим процессам возбуждения и

затухания колебаний и при отсутствии, и при наличии дефектов в фанере.

На рисунке 3 представлены результаты испытаний образцов фанеры размером 500×500 мм. Эти графики также демонстрируют достаточно хорошую информативность результатов измерений. Для лока-

лизации дефектов испытуемые листы были разбиты на шестнадцать квадратов. Таким образом, каждый лист подвергался шестнадцати ударным воздействиям. Результаты статистической обработки экспериментов представлены на рис.4. Из графиков видно, что частотные области свободных колебаний качественных и дефектных листов достаточно хорошо различаются. Это свидетельствует, что на основе данной технологии можно практически реализовать автоматизированную установку для контроля качества фанеры на ранних стадиях производства.

Дальнейшие исследования направлены на повышение точности метода по определению видов и размеров дефектов фанеры.

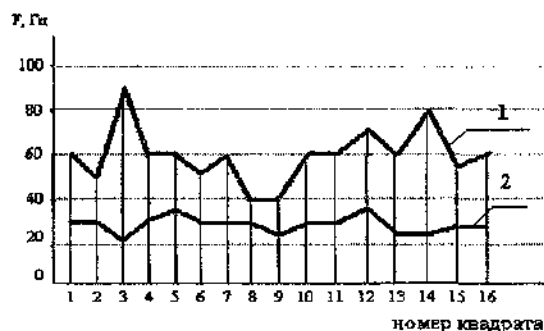


Рис. 4. Значения частоты в исследуемых квадратах листов фанеры: 1 — лист фанеры без брака; 2 — лист фанеры с браком.

#### Литература

1. Голубов И.А. Методы неразрушающего контроля древесных плит. — М.: Лесн. пром-сть, 1982.
2. Глаговский Б.А., Московенко И.Б. Низкочастотные акустические методы контроля в машиностроении — Л.: Машиностроение, 1977.

**E.V.Salikova, B.A.Staroverov, V.P.Chulkov**  
**PLYWOOD AUTOMATIC DIAGNOSTICS BY ACOUSTIC METHODS**

УДК 677.021: 62-523

### АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ СЛОЯ ЛЬНОТРЕСТЫ С ЦЕЛЮ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ПРИГОДНОСТИ К МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Ю.В. Дроздов

В статье рассмотрена структура и принцип действия системы контроля и оптимизации положения слоя на входе в мяльно-трепальный агрегат (МТА).

Исследование мяльно-трепального агрегата как объекта управления показало целесообразность разработки системы с использованием принципа компенсации возмущения[1]. Для оптимизации процесса получения длинного волокна была создана система микропроцессорного управления. Информационный

сигнал в системе формировался с помощью индуктивных датчиков, размещенных на входе в мяльно-трепальный агрегат.

Разработанная функциональная схема системы управления приведена на рис.1.

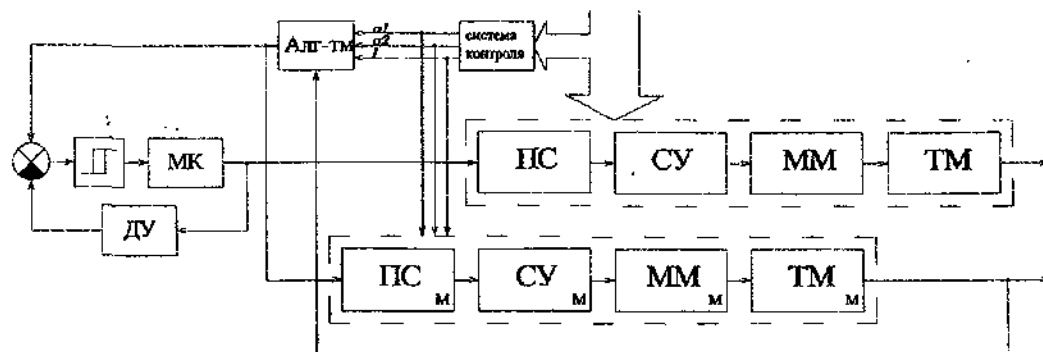


Рис.1. Функциональная схема управления положением слоя:  
СУ — слоусотоящий механизм; ММ — мяльная машина; ТМ — трепальная машина.

Характеристики слоя льнотресты, случайным образом изменяющиеся во времени, представляют собой вектор возмущающих воздействий  $U$ , влияющий на работу МТА.

С датчиков толщины слоя получаем совокупность информационных сигналов (вектор  $U^*$ ), поступаемых на анализирующее устройство. С помощью предложенного метода контроля по данной информации определяется средняя длина стеблей в слое и среднеквадратическое отклонение по вершинным и комлевым концам. Эти значения считаются возмущающими воздействиями в моделируемой работе МТА.

При разработке алгоритма управления предусмотрена фильтрация низкочастотных колебаний смещения слоя относительно оптимальной линии зажима на трепальной машине. Контроль величины смещения производится на входе в мьяльно-трепальный агрегат за счет определения толщины в нескольких точках по ширине слоя и последующей аппроксимации интегральной функцией нормального закона распределения. Алгоритм управления предполагает расчет средней длины стеблей и среднеквадратического отклонения по вершинным и комлевым концам [2].

С помощью алгоритма формируется управляющее воздействие, позволяющее переместить планку комлеподбивателя. При этом в режиме реального времени это воздействие обрабатывается и на модели слоеутоняющей и мьяльной машины. Предложенные модели позволяют оценить величину изменения исследуемых структурных параметров слоя в ходе указанных технологических операций. В случае изменения характера возмущающих воздействий производится анализ заложенных в программу алгоритмов управления и выбора оптимального из них по имеющемуся критерию оптимизации. Одновременно с этим производится выбор внутренних параметров алгоритма, наилучшим образом удовлетворяющих критерию оптимизации. Это позволяет

существенно снизить влияние неопределенности на качество управления, компенсируя недостаток информации при проектировании системы.

Управление осуществляется с помощью разработанного управляемого электропривода, механически соединенного с планкой комлеподбивателя. Контроль положения планки комлеподбивателя осуществляется через обратную связь путем формирования сигнала рассогласования, получаемого с датчика положения планки.

Микропроцессорная управляющая система выполняет прикладные функции, представляющие собой технологические этапы преобразования входной информации функциональной задачи в выходную:

- 1) ввод данных с индуктивных датчиков;
- 2) обработку данных;
- 3) хранение и изменение массивов данных;
- 4) вывод данных.

При вводе аналоговых сигналов фиксируется номер индуктивного датчика и кодовое значение уровня сигнала в момент ввода. Интенсивность ввода зависит от скорости изменения амплитуды аналогового сигнала индуктивного датчика, необходимой точности представления результата и количества датчиков.

При обработке данных на основе накопленной за определенный период времени информации, собираемой с датчиков, производятся вычисления оптимальной точки, соответствующей зажиму в трепальных барабанах, и выработка управляющих воздействий.

Система прошла лабораторные испытания, которые позволили установить, что система позволяет увеличить выход длинного волокна на 0,5—1%. При этом наиболее эффективные показатели работы наблюдаются при работе системы на короткостебельном сырье. Систему можно рекомендовать к применению на серийно выпускаемых мьяльно-трепальных агрегатах.

#### Литература

1. Дроздов Ю.В. О принципах создания системы цифрового управления положением слоя в процессе механической обработки льнотресты: Сборник научных трудов молодых ученых КГТУ. — Кострома: КГТУ, 2002. — Вып 3. — 184 с.
2. Дроздов Ю.В., Пашин Е.Л., Лапшин А.Б. Метод контроля параметров стеблей льна в движущемся слое // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. — 2002. — №2.

Yu.V.Drozdev

FLAX STOCK LAYER POSITION AUTOMATIC CONTROL AND OPTIMIZATION  
IN ORDER TO IMPROVE ITS SUITABILITY TO MECHANICAL PROCESSING

УДК 681.5

## БИБЛИОТЕКА КЛАССОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

*В.В. Олоничев, М.В. Олоничева*

Традиционно для численного моделирования динамических объектов используется следующий подход: система, включающая в себя объект, регулятор и, возможно, наблюдатель, представленная, как правило, в виде структурной схемы, преобразуется в систему дифференциальных уравнений. Эта система уравнений и является численной моделью, а численное моделирование заключается в интегрировании данной системы с использованием того или иного метода в зависимости от параметров объекта и постановки задачи. Данный подход является универсальным, позволяет осуществлять моделирование любой системы и поэтому достаточно широко распространен. Но данная методика содержит одно узкое место, а именно: преобразование представления объекта из структурной схемы в систему дифференциальных уравнений. Это преобразование не составляет проблемы лишь для систем, содержащих только линейные элементы. В этом случае для получения системы дифференциальных уравнений в пространстве состояний можно использовать математические пакеты MathCAD или MATLAB (Control System Toolbox)[1]. При наличии в системе нелинейных звеньев необходимо использовать специализированные пакеты, такие как МИК-АЛ. Но здесь при построении модели объекта пользователь ограничен набором динамических звеньев, заранее включенных в пакет. Данный набор звеньев может быть очень широким, но никогда не может быть всеобъемлющим. Для подключения нелинейных звеньев можно было бы поместить в такую систему интерпретатор. Но в этом случае система моделирования получается чрезмерно громоздкой и неудобной в использовании. Даже если имеется исходный текст системы моделирования, включение в набор элемента нового типа далеко не всегда просто и очевидно и может потребовать довольно существенной переработки программы. Поэтому в тех случаях, когда система содержит нетиповые элементы, приходится выполнять преобразование из структурной схемы в систему дифференциальных уравнений «вручную». Но такое преобразование занимает много времени и малоприспособно для учебного процесса или проектирования систем автоматического регулирования, когда приходится варьировать не только параметрами отдельных звеньев, но и структурой отдельных частей системы.

Данная проблема может быть решена при помощи объектно-ориентированного проектирования системы для численного моделирования динамических объектов. Предлагается следующая иерархия классов для представления модели динамического

объекта в виде структурной схемы. В основе иерархии находится абстрактный класс TCell, играющий две роли. С одной стороны, его интерфейс имеет чисто виртуальную функцию Fc, связывающую вход и выход звена структурной схемы и предназначенную для перекрытия в производных классах, реализующих конкретные динамические звенья. С другой стороны, этот базовый класс содержит статический метод Run, управляющий движением во временной области всей моделируемой системы в целом и реализующий в том или ином виде один из методов интегрирования системы дифференциальных уравнений, а также статические поля: текущее модельное время time и массив указателей cells на объекты — динамические звенья моделируемой структурной схемы. Для осуществления связей между звеньями системы каждый объект имеет указатель inlist на списковую структуру Input, включающую в себя объекты, выходы которых подключены к входу данного объекта.

Базовый класс имеет три абстрактных производных класса: динамическое звено TDynamic, статическое звено Tstatic и входной сигнал TActive. От них производятся конкретные звенья: интегрирующее TInt, апериодическое TApreg, пропорциональное TPror, реле с гистерезисом TRele, реле с зоной нечувствительности TZone, ступенчатое воздействие TSrs. UML-диаграмма данной модели представлена на рис. 1. Объектная реализация модели динамического объекта позволяет легко добавлять звенья с любыми характеристиками. Для этого требуется создать производный класс и перекрыть в нем виртуальную функцию Fc, описывающую зависимость его выходного сигнала от входного. Основной код моделирующей системы при этом не требует никакой модификации и может находиться в отдельно компилируемой библиотеке.

То обстоятельство, что каждое звено структурной схемы имеет свою функцию, описывающую зависимость его выходного сигнала от входного, позволяет осуществлять его интегрирование со своим собственным шагом по времени. Такой подход снимает проблему жестких систем и позволяет ограничиться реализацией только одного метода интегрирования: например, метода Рунге-Кутты [2].

Дополнительные возможности раскрываются, если виртуальные методы каждого динамического звена, определяющие его тип, и статический метод базового класса, координирующий движение системы во временной области, поместить в отдельные потоки. После такого преобразования исходный код программы становится намного проще, что позволяет

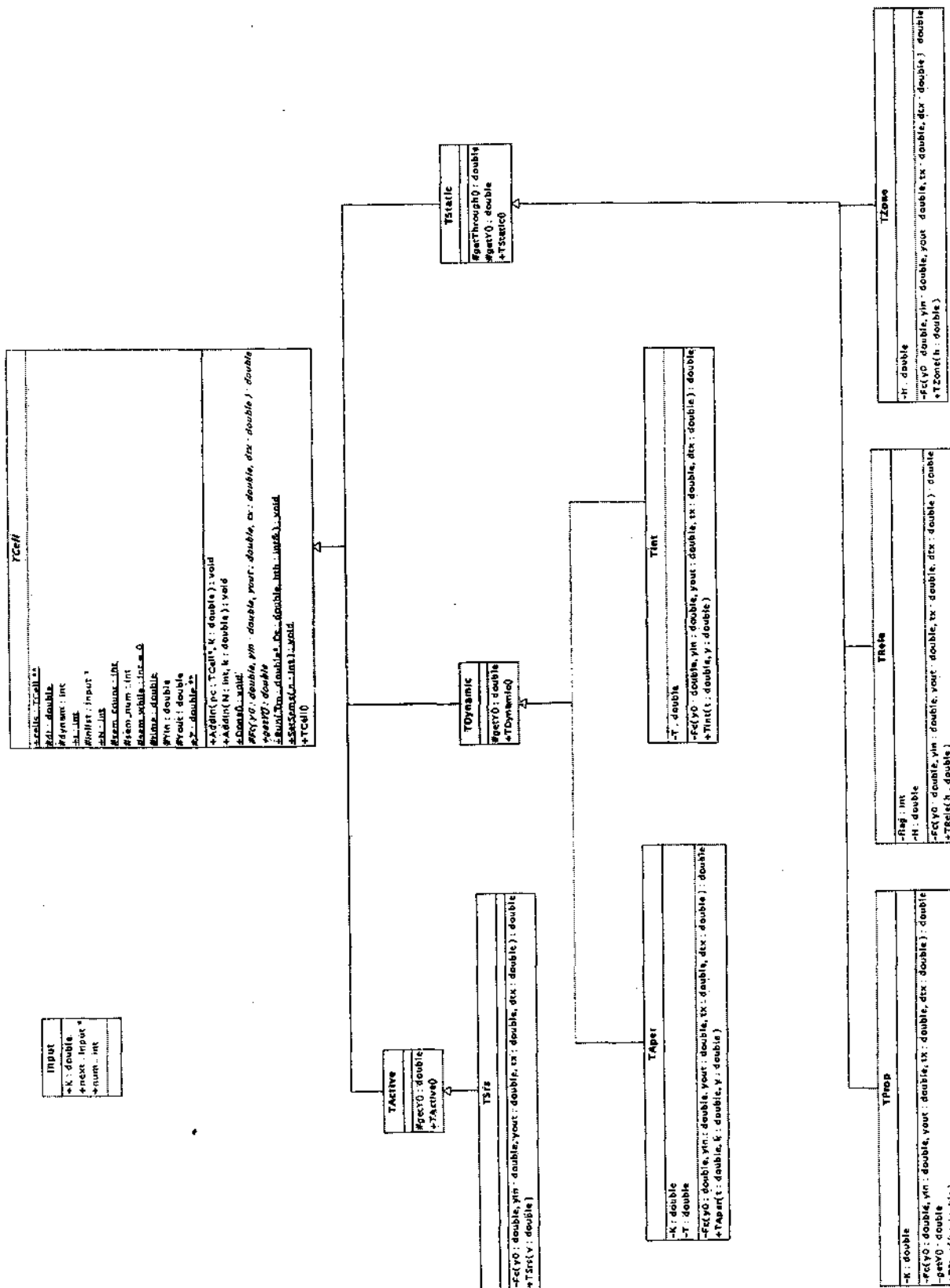


Рис.1. UML-диаграмма объектной модели системы автоматического управления

легко ввести для каждого звена свой шаг интегрирования. И более того, такой подход позволяет легко развести по отдельным процессам различные функциональные части системы, такие как объект управления, наблюдатель состояния, управляющая система, исполнительный механизм. Если шаг интегрирования для модели объекта сделать много меньшим, чем шаг интегрирования для наблюдателя и системы управления, то получится модель цифрового регулятора. При этом процесс моделирования будет максимально приближен к реальным условиям эксплуатации, и переход от модели к действующей системе управления будет заключаться в замене процесса, моделирующего объект управления, на процесс, обеспечивающий взаимодействие с реальным объектом управления, то есть опрашивающий датчики выходных величин и выводящий управляющие воздействия [3]. При этом можно осуществлять замену наблюдателя состояния одного вида на наблюдатель другого вида или исполнительного механизма одного типа на исполнительный механизм другого типа простым запуском на исполнение процесса, содержащего нужную модель. Остальные процессы не потребуют никакой модификации. В настоящее время данная модель системы управления реализована на языке C++ в следующих вариантах: однопоточковый, многопоточковый с использованием семафоров Win API и многопоточковые с использованием процессных и потоковых семафоров UNIX. Вариант с потоковыми семафорами UNIX выполнен потому, что на его основе можно легко реализовать систему моделирования для виртуальных машин Java и .Net. Тестирование быстродействия данных вариантов реализации производилось на компьютере с процессором Celeron 800 МГц в операционных системах Windows 2000 и ASP Linux 7.2. Тестирование показало, что затраты машинного времени почти линейно зависят от числа динамических звеньев в системе. Результаты для системы из 10 звеньев представлены в табл. 1.

Таблица 1

Затраты системного времени на выполнение 10000 шагов интегрирования для системы, содержащей 10 аperiodических звеньев первого порядка, одношаговым методом Рунге-Кутты 4-го порядка

№ П.П.	ВИД МОДЕЛИ	Затраты системного времени, с
1	Система дифференциальных уравнений в форме Коши	0.05
2	Однопоточковая объектная модель	1.00
3	Многопоточковая объектная модель с использованием семафоров Win API	3.50
4	Многопоточковая объектная модель с использованием процессных семафоров UNIX	2.00
5	Многопоточковая объектная модель с использованием потоковых семафоров UNIX	6.00

Как и следовало ожидать, использование виртуальных методов и нескольких потоков приводит к существенному увеличению затрат времени по сравнению с базовым вариантом, представленным в первой строчке таблицы. Но использование объектной модели значительно снижает затраты «живого» труда при проектировании и отладке систем автоматического управления. Кроме того, затраты машинного времени при выполнении программы на современных компьютерах совсем невелики.

Для тестирования программы, реализующей объектную модель системы автоматического управления, был произведен расчет переходного процесса по управлению в системе, содержащей реле с зоной нечувствительности. Структурная схема данной системы представлена на рис. 2. Система описывается дифференциальным уравнением (1), а реле — уравнением (2). Решение уравнения (1) было выполнено в среде MathCAD при помощи функции `rkfixed` [4], реализующей одношаговый метод Рунге-Кутты четвертого порядка с постоянным шагом интегрирования. Моделирование этой же системы было выполнено при помощи программы, реализующей однопоточковую объектную модель и использующей тот же самый одношаговый метод Рунге-Кутты четвертого порядка с постоянным шагом интегрирования.

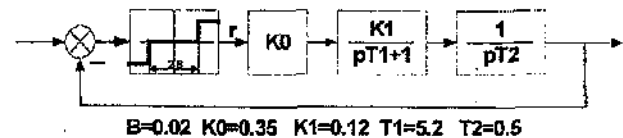


Рис 2. Структурная схема системы автоматического управления

$$y'' = \frac{K_0 \cdot K_1 \cdot f(V - y)}{T_1 \cdot T_2} - \frac{y'}{T_1}; \quad (1)$$

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq B; \\ -1 & \text{if } x \leq -B; \\ 0 & \text{if } -B < x < B. \end{cases} \quad (2)$$

Для взаимодействия с моделью была создана следующая интерфейсная программа, которая считывает из входного потока информацию о типах и числовых параметрах звеньев и вызывает соответствующие конструкторы, а затем при помощи статического метода базового класса `AddIn` устанавливает связи между звеньями системы и, получив из входного потока значение шага по времени и времени моделирования, вызывает метод `Run`, который и реализует процесс моделирования системы. Результаты моделирования помещаются в динамический двумерный массив `Z`, являющийся статическим полем базового класса `Tcell`, и передаются в выходной поток.



## Листинг 1

Программа, обеспечивающая интерфейс с библиотекой классов объектной модели системы автоматического управления

```
int main(int argc, char* argv[])
{
    double Tx, dt;
    int Num;
    char buff[120];
    char T;
    float Tc, Kc, Vc, Y0;
    int N1, N2;
    float Kx;
    char *pc;
    fgets(buff, 120, stdin);
    sscanf(buff, "%d", &Num);
    TCell::SetSems(Num);
    do{
        fgets(buff, 120, stdin);
        switch (*buff)
        {
            case 'A':
                sscanf(buff, "%c %d %f %f %f", &T,
                    &Num, &Tc, &Kc, &Y0);
                new TAPER(Tc, Kc, Y0);
                break;
            case 'V':
                sscanf(buff, "%c %d %f", &T, &Num, &Vc);
                new TSrs(Vc);
                break;
            case 'I':
                sscanf(buff, "%c %d %f %f", &T, &Num,
                    &Tc, &Y0);
                new Tint(Tc, Y0);
                break;
            case 'P':
                sscanf(buff, "%c %d %f", &T, &Num, &Kc);
                new TProp(Kc);
                break;
            case 'H':
                sscanf(buff, "%c %d %f", &T, &Num, &Kc);
                new TRele(Kc);
                break;
            case 'Z':
                sscanf(buff, "%c %d %f", &T, &Num, &Kc);
                new TZone(Kc);
                break;
        }
    } while (*buff != '&');

    while(*fgets(buff, 120, stdin) != 'T'){
        sscanf(buff, "%d", &N1); N1--;
        pc=buff; while(*pc++ != '-');
        sscanf(pc, "%d %f", &N2, &Kx); N2--;
        TCell::cells[N1]->AddIn(N2, Kx);
    }
    float delt, tmx;
    fscanf(stdin, "%f", &delt);
    fscanf(stdin, "%f", &tmx);
    dt=delt; Tx=tmx;
    static HANDLE thx;
    TCell::Run(&Tx, dt, thx);
    for(int i=0; i<TCell::N-1; i++)
    {
        printf("%12.5e ", TCell::Z[i][Num]);
        for(int j=0; j<Num; j++)
            printf("%12.5e ", TCell::Z[i][j]);
        printf("\n");
    }
    TCell::Done();
    return 0;
}
```

Для получения переходного процесса на вход программы, представленной в листинге 1, была подана информация, представленная в листинге 2.

## Листинг 2

Данные, подаваемые на вход интерфейсной программы, для численного моделирования переходного процесса по управлению в системе автоматического управления на рис.2

```
5
V 1 1.0
Z 2 0.02
P 3 0.35
A 4 5.2 0.12 0.0
I 5 0.5 0.0
&
2 <- 1 1.0
2 <- 5 -1.0
3 <- 2 1.0
4 <- 3 1.0
5 <- 4 1.0
T
0.02
50.0
```

Данные, полученные в MathCAD и в результате выполнения программы, представлены в табл. 2.

## Таблица 2

Значение выходной величины системы автоматического управления на рис. 2 в функции времени, полученное решением системы дифференциальных уравнений в MathCAD и в результате выполнения программы, реализующей объектную модель динамической системы

Время, с	Значение выходной величины	
	MathCAD	Объектная модель
0	0.00000E+00	0.00000E+00
0.02	3.22700E-05	3.22663E-06
0.04	1.28900E-07	1.28900E-05
0.06	2.89700E-07	2.89654E-05
0.08	5.14300E-05	5.14282E-05
0.1	8.02500E-05	8.02540E-05
0.12	1.10000E-04	1.15418E-04
0.14	1.50000E-04	1.56896E-04
0.16	2.00000E-04	2.04665E-04
0.18	2.50000E-04	2.58699E-04
0.2	3.10000E-04	3.18974E-04
0.22	3.80000E-04	3.85468E-04
1.66	2.00700E-02	2.00660E-02
1.68	2.05300E-02	2.05275E-02
15.92	9.20900E-01	9.20929E-01
15.94	9.22500E-01	9.22531E-01
24.24	1.03300E+00	1.03328E+00
24.26	1.03200E+00	1.03241E+00
35.36	9.94100E-01	9.94297E-01
35.38	9.93800E-01	9.94024E-01
49.96	1.01400E+00	1.01153E+00
49.98	1.01400E+00	1.01151E+00
50	1.01400E+00	1.01149E+00

Как видно из данных, представленных в табл. 2, значения, полученные в результате выполнения функции `rkfixed` в среде MathCAD, практически совпадают с данными, полученными в программе, реализующей предлагаемую объектную модель системы автоматического управления. График переходного процесса, построенный по данным, полученным в результате выполнения программы, представлен на рис. 3.

Данные таблицы 1 указывают на то, что затраты машинного времени на численное моделирование переходных процессов в системах автоматического управления при помощи программы, реализующей объектную модель, находятся на приемлемом уровне. А данные таблицы 2 подтверждают достоверность результатов, полученных в ходе такого численного моделирования.

В дальнейшем для объектной модели системы автоматического управления планируется разработка графического интерфейса с редактором структурных схем.

Данная программа может использоваться при проектировании и настройке систем автоматического управления, в научных исследованиях и в учебном процессе.

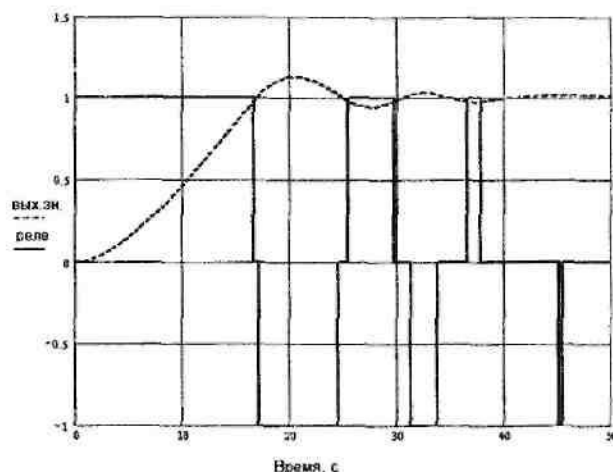


Рис. 3. Зависимость от времени выходного значения  $y$  и значения на выходе реле  $r$  в системе на рис.2, полученная в результате выполнения программы, реализующей объектную модель системы автоматического управления

#### Литература

1. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Control System Toolbox. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999.
2. Инженерные расчеты на ЭВМ / Под ред. В.А. Троицкого. — Л.: Машиностроение, 1979.
3. Остром К., Виттенмарк Б. Системы управления с ЭВМ. — М.: Мир, 1987.
4. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 6.0 PRO. — М.: СК ПРЕСС, 1997.

V.V.Olonichev, M.V.Olonicheva

CLASS LIBRARY FOR THE AUTOMATION CONTROL SYSTEM SIMULATION

## ИТУ КО ЦНИТ

### Предлагаем Вам:

- бесплатное размещение некоммерческой информации в "Ленте новостей"
- размещение информации о Вашем предприятии в справочной базе данных
- размещение страниц предприятия
- размещение ссылок на Вашу страницу

Надеемся, что сотрудничество с нами будет плодотворным и принесет Вам ощутимую выгоду!

Адрес Интернет-класса:

156005 г. Кострома, ул. Дзержинского, 17, КГТУ, ауд. 117.

Справки: ☎ 53-78-23

E - mail: [cnit@kstu.edu.ru](mailto:cnit@kstu.edu.ru)

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 677.025

### МАТРИЧНОЕ КОДИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТРИКОТАЖА\*

*В.Р. Крутикова, Л.А. Крутикова*

В статье предложен способ кодирования структуры трикотажа, в основу которого положено определение длины нити, расходуемой на образование элемента трикотажа, с учетом ее деформации в процессе вязания.

Представление рисунка трикотажа в матричной форме (по аналогии с патроном рисунка) является последним направлением автоматизированного проектирования трикотажа. Узор трикотажа любого переплетения представляется патроном, в котором в условной форме обозначены узорные эффекты (цветные, рельефные, ажурные и т.д.). Содержащейся в таком патроне информации недостаточно даже для разработки программ управления узоробразующими механизмами вязального оборудования и тем более недостаточно для определения количества элементов структуры трикотажа. Это связано с тем, что при одном и том же узоре, изображенном на патроне рисунка, трикотаж может иметь различную структуру за счет возможного использования как различных переплетений (для одинарного и двойного трикотажа), так и способов кладки нити на изнаночную сторону (для двойного трикотажа). В связи с этим, большое внимание уделяется разработке системы кодирования патронов узоров, позволяющей автоматически получать информацию для прогнозирования структуры трикотажа и разработки программ управления вязанием.

Существующие алгоритмические языки для описания сложной структуры трикотажа строятся на буквенно-цифровой основе и различаются по универсальности их применения: одни могут использоваться для моделирования больших групп трикотажных переплетений, другие только для трикотажа конкретных переплетений, вырабатываемых на данной вязальной машине. Необходимым условием для использования алгоритмических языков является однозначное определение порядка вязания — кладки нити на иглы.

Описание структуры трикотажа практически все фирмы, специализирующиеся на его автоматизированном проектировании, осуществляют с помощью деления на отдельные элементы строения уже гото-

вого (чаще отделанного) полотна. Это — остоны петель, протяжки и наброски разных видов [1].

Предлагаемый нами метод расчета количества нити, с точки зрения ее расхода на образование конкретного элемента трикотажа [2], позволяет сократить количество элементов строения трикотажа до трех (петля, протяжка и набросок), а при матричном кодировании раппорта узора — до двух (петля и протяжка), поскольку на формирование наброска (при неполном заключении) расходуется столько же нити, как и на формирование петли.

Суть метода состоит в следующем. На патроне узора выделяются раппорты по ширине  $R_x$  и высоте  $R_y$ , определяющие количество столбиков и рядов матрицы. Формируется кодированная матрица раппорта узора. Эта матрица отражает лицевую сторону трикотажа, на которую выходят узорные и фоновые нити для многоцветного трикотажа или узорные и базовые элементы однотонного рисунка. Эта же матрица может быть использована для изнаночной стороны в случае проектирования двухстороннего трикотажа. Если разрабатывается односторонний трикотаж, то необходимо формирование отдельной матрицы изнаночной стороны. В этом случае надо разделять полное заполнение петлями, черезигольное и неполное.

По кодированной матрице лицевой стороны формируются матрицы длин элементов структуры трикотажа, выходящих на лицевую сторону. При проектировании многоцветного трикотажа формируются отдельные матрицы для всех узорных и фоновых нитей. При разработке однотонного трикотажа достаточно одной матрицы длин элементов структуры. Формирование матриц осуществляется путем замены соответствующего кода на длину элемента. При анализе этих матриц не требуется подсчета индексов петель и набросков, как это необходимо в существующих методах обработки кодированных матриц.

По кодированной матрице изнаночной стороны так же осуществляется формирование отдельных

\* Работа выполнена под руководством д.т.н. проф. Н.В. Лустартен

матриц для всех нитей, участвующих в вязании изнаночной стороны.

Расчет расхода сырья на выработку проектируемого трикотажа осуществляется по следующей методике.

Определяется длина узорной  $L_y$  и фоновой  $L_\phi$  нитей в раппорте как сумма длин элементов структуры трикотажа по сформированным матрицам. Затем рассчитывается масса узорной  $M_y$  и фоновой  $M_\phi$  нитей в раппорте:

$$M_y = L_y \cdot T_y, \quad M_\phi = L_\phi \cdot T_\phi, \quad (1)$$

где  $T$  — линейная плотность нити.

Определяется площадь раппорта

$$S = A \cdot R_b \cdot B \cdot R_h, \quad (2)$$

где  $A$  — средний петельный шаг;

$B$  — средняя высота петельного ряда. Параметры  $A$  и  $B$  рассчитываются, исходя из прогнозируемой длины нити в петле.

Поверхностная плотность трикотажа характеризует массу одного квадратного метра:

$$m_s = (M_y + M_\phi) / S. \quad (3)$$

При прогнозировании структуры трикотажа, кроме расхода сырья, необходимо знать размеры элементов строения трикотажа. Для этого рассчитывается суммарная длина нити в раппорте  $L_{сум}$  отдельно для изнаночной и лицевой сторон по соответствующим матрицам и определяется средняя длина нити в петле на изнаночной и лицевой сторонах.

Для лицевой стороны и изнаночной при черезригольном вязании

$$L_{cp} = \frac{L_{сум}}{R_b R_h}. \quad (4)$$

Для изнаночной стороны при полном вязании

$$L_{cp} = \frac{L_{сум}}{2 \cdot R_b R_h}. \quad (5)$$

По модели геометрического подобия петли [1], предложенной А.С.Далидовичем, можно определить петельный шаг  $A$  и высоту петельного ряда  $B$  для соответствующей стороны трикотажа:

$$A = \frac{L_{cp} - \pi d}{0,5\pi}. \quad (6)$$

$$B = \frac{L_{cp} - \pi d}{4}. \quad (7)$$

При формировании полного трикотажа часть длины петель лицевой стороны перетянута из петель изнаночной. В то же время петельный шаг на лицевой и изнаночной сторонах должен быть одинаковым, что не соответствует расчету для полного трикотажа по (5)—(7). Поэтому при одинаковом петельном шаге высоту петельного ряда на изнаночной стороне необходимо сократить, т.е. произвести перерасчет:

$$B = 0,5(L_{cp} - 0,25 \cdot \pi \cdot A_{лиц} - \pi \cdot d). \quad (8)$$

Далее рассчитываются плотности полотна по вертикали  $\Pi_b$  и горизонтали  $\Pi_r$ , определяющие количество петель, приходящихся на 100 мм:

$$\Pi_b = 100 / B, \quad \Pi_r = 100 / A. \quad (9)$$

Пример формирования матрицы реализован в математическом пакете Mathcad.

Раппорт двойного двухцветного одностороннего трикотажа жаккардового переплетения при полном вязании: ширина раппорта  $R_b = 3$ , высота  $R_h = 4$ .



Кодированная матрица раппорта узора:

лицевая сторона	$U = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	изнаночная сторона	$U_g = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
--------------------	--	-----------------------	--

Формирование матрицы длины элементов структуры лицевой стороны трикотажа:

$l_n$  — длина нити в петле трикотажа, рассчитанная как разность расхода нити на образование этой петли и величины деформации нити, полученной в процессе вязания [2], мм;

$p$  — длина нити в протяжке, мм.

Матрица узорной нити

Матрица фоновой нити

$$U1_{R_{ij}} = \begin{cases} l_n & \text{if } U_{ij} = 1 \\ p & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U2_{R_{ij}} = \begin{cases} l_n & \text{if } U_{ij} = 0 \\ p & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U1_R = \begin{bmatrix} p & l_n & p \\ l_n & p & l_n \\ l_n & p & l_n \\ p & l_n & p \end{bmatrix}$$

$$U2_R = \begin{bmatrix} l_n & p & l_n \\ p & l_n & p \\ p & l_n & p \\ l_n & p & l_n \end{bmatrix}$$

Аналогично формируются матрицы для обратной стороны ( $U_{1L}$  и  $U_{2L}$ ).

Длина узорной нити в раппорте, мм:

$$\text{mm}U1 := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 1..R_b \\ s \leftarrow s + \sum_{j=1}^{R_b} U1_{R_i,j} + \sum_{j=1}^{R_b} U1_{L_i,j} \end{cases}$$

Аналогично определяется длина фоновой нити в раппорте. Далее, по приведенной выше методике (1)-(9) осуществляется расчет расхода сырья на выработку проектируемого трикотажа.

Разработанный алгоритм матричного кодирования структуры трикотажа позволил упростить задачу автоматизированного проектирования сложных рисунчатых и комбинированных переплетений.

#### Литература

1. Шалов И.И., Кудрявин Л.А. Основы проектирования трикотажного производства с элементами САПР. — М.: Легпромбытиздат, 1989.
2. Крутикова Л.А., Крутикова В.Р., Лустгартен Н.В. Деформация нити в процессе вязания // Сборник научных трудов молодых ученых. — Вып. 4. — Кострома: КГТУ, 2003.

V.R.Krutikova, L.A.Krutikova  
JERSEY STRUCTURE MATRIX CODING

УДК 681.3.06

### КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕВЫХ АТАК М.А.Ральников, А.В.Саблин

В статье рассмотрены вопросы системной классификации методов атак на информационные сети.

Наблюдаемый в последнее время большой рост компьютерных преступлений, связанных с попытками атаковать компьютерные сети, требует пристального внимания. В связи с глубокой интеграцией информационных технологий во все важнейшие бизнес-процессы безопасность сетевой инфраструктуры стала жизненно важным явлением.

Для того чтобы успешно бороться с явлением, требуется для начала его классифицировать. Имеются различные подходы к классификации сетевых атак. К сожалению, многие из них пытаются свести в один список признаки различных категорий, признаки, зависящие друг от друга, другие классификаторы не обладают полнотой. Предлагаемая автором классификация строится на основе классификации независимых критериев атаки.

#### 1. Цель атаки:

1.1. Угроза конфиденциальности. Информация становится известной персонам, которые не имеют права на доступ к ней.

1.2. Угроза целостности.

1.2.1. Уничтожение информации (частично или полностью).

1.2.2. Модификация информации.

1.3. Угроза работоспособности. Информация может оставаться целостной и конфиденциальной, но доступ к ней авторизованных персон может быть затруднен или невозможен. На сегодня это одна из самых популярных целей, так как она требует в большинстве случаев мень-

шей квалификации и легче реализуется, особенно при наличии подключения к Internet. Пример – DDoS<sup>1</sup> атаки.

#### 2. Намерения:

2.1. Злоумышленник имел четко поставленные цели. В большинстве случаев это означает, что злоумышленник квалифицирован и имеет весомую мотивацию.

2.2. Злоумышленник не имел четкого представления о цели атаки. Зачастую малоквалифицированные хакеры<sup>2</sup> проводят сканирование сетей автоматизированными программными продуктами, после чего могут попытаться применить свои знания по отношению к найденным уязвимым системам.

2.3. Виновник атаки не имел намерения причинить вред. Сам факт наличия атаки может быть обусловлен ошибками в системном или при-

<sup>1</sup> DDoS (Distributed Denial of Service) – распределенные атаки с целью нарушения работоспособности. С помощью заражения большого числа вспомогательных ПЭВМ злоумышленник добивается организации в указанное время шквального потока специальным образом искаженных или обычных запросов к атакуемой системе. В результате атакуемая система значительно замедляет отклики на запросы обычных пользователей или приходит в неработоспособность.

<sup>2</sup> Хакер – популярное обозначение неавторизованного пользователя, пытающегося получить доступ в систему. Автор в настоящей статье подразумевает под хакером любого злоумышленника.

- кладном ПО. В большинстве случаев виновник атаки просто прекращает работу с уязвимой системой или даже уведомляет администратора о проблеме<sup>3</sup>.
3. Уровень доступа злоумышленника.
    - 3.1. Административный. Хакер обладает большим уровнем доступа в систему. В этом случае основная задача атаки – нейтрализовать следы своих неправомерных действий, т.к. большинство информационных систем имеют модули журнализации действия пользователя.
    - 3.2. Непривилегированный. В этом случае злоумышленник обладает доступом к системе, но пытается получить доступ с большими правами.
    - 3.3. Отсутствие доступа. В этом случае злоумышленнику приходится полагаться только на ошибки проектирования, или реализации системы, или ошибки администратора.
  4. Расположение злоумышленника.
    - 4.1. Удалённое.
    - 4.2. Локальное.
    - 4.3. С использованием промежуточных агентов.
  5. Метод атаки.
    - 5.1. С использованием стандартных интерфейсов атакуемой системы.
    - 5.2. С использованием ошибок в реализации атакуемой системы.
  6. Характер воздействия.
    - 6.1. Пассивное воздействие на распределённую вычислительную систему. Воздействие, которое не оказывает непосредственного влияния на работу системы, но может нарушать ее политику безопасности.
    - 6.2. Активное воздействие на распределённую вычислительную систему — воздействие, оказывающее непосредственное влияние на работу системы (изменение конфигурации РВС, нарушение работоспособности и т. д.) и нарушающее принятую в ней политику безопасности.
  7. По условию начала осуществления воздействия:
    - 7.1. Атака по запросу от атакуемого объекта.
    - 7.2. Атака по наступлению ожидаемого события на атакуемом объекте.
      - 7.3. Безусловная атака.
  8. По наличию обратной связи с атакуемым объектом
    - 8.1. с обратной связью;
    - 8.2. без обратной связи (однаправленная атака).
  9. По количеству атакующих:
    - 9.1. Распределённая. атака, производимая двумя или более атакующими на одну и ту же вычислительную систему, объединёнными единым замыслом и во времени.
    - 9.2. Нераспределённая. Нераспределённая атака проводится одним атакующим.
  10. По уровню эталонной модели ISO/OSI, на котором осуществляется воздействие:
    - 10.1. Физический.
    - 10.2. Канальный.
    - 10.3. Сетевой.
    - 10.4. Транспортный.
    - 10.5. Сеансовый.
    - 10.6. Представительный.
    - 10.7. Прикладной.
  11. Используемая уязвимость. Эта классификация может быть в полной мере применена только к конкретному типу оборудования или программного обеспечения. Однако, можно выделить наиболее распространённые ошибки:
    - 11.1. Ошибки в архитектуре системы авторизации.
    - 11.2. Отсутствие контроля переполнения буфера.

По мнению автора, данный вид классификации позволяет полно и точно описать любую атаку. Однако, описание и анализ абстрактных атак – дело неблагодарное в плане объёма и сложности задачи. Целью автора является анализ защищённости публично доступных web-серверов и поиск методик защиты их от атак. В связи с этим, автор согласен со следующим мнением: «Перспективным направлением ... является анализ успешно реализованных угроз безопасности (атак) с целью их обобщения, классификации и выявления причин и закономерностей их появления и существования. ... Очевидно, что основой данного подхода является глубокое исследование частных случаев нарушения безопасности и слабых сторон систем защиты... Для этого необходимо провести анализ существующих данных о нарушении безопасности систем и разработать их классификацию.» [2].

#### Литература

1. А.Ю.Щербаков. Введение в теорию и практику компьютерной безопасности. — М.: Издатель Молгачёва С.В., 2001. — 352 с.
2. Зегжда Д.П., Ивашко А.М. Основы безопасности информационных систем. — М.: Горячая линия – телеком, 2000. — 452с.
3. Лукацкий А.В. Обнаружение атак. — СПб.: БХВ-Петербург, 2001. — 624с.

M.A. Ralnikov, A.V.Sablin  
COMPUTER NETWORK ATTACK CLASSIFICATION

<sup>3</sup> Автор статьи, активно работая в Интернете, регулярно получает на web-сайтах характерные ошибки, по которым можно точно определить наличие уязвимостей системы. В ряде случаев наблюдались клинические случаи – например, при ошибке соединения с базой данных выводится ошибка, заключающаяся в своём описании учётное имя и пароль эккаунта БД. Во многих случаях эта информация подходит для получения интерактивного доступа в систему.

УДК 621:658.516.011.56

## МЕТОД ГРУППИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.Р. Денисов, С.А. Круглов

Повышение эффективности мелкосерийного производства может быть достигнуто за счет внедрения групповых и типовых технологических процессов. Одним из этапов их проектирования является группирование изготавливаемых объектов. Наиболее значимые результаты решения этой задачи изложены в работах [1,3,4,5]. Однако предложенные алгоритмы группирования оказались применимы только для ограниченного круга задач (группирование деталей типа «Тела вращения»). Группирование деталей других классов производилось вручную, что существенно снижало производительность технологической подготовки производства.

В настоящей работе предлагается универсальный метод группирования. В качестве исходных данных выступают: размеры партий ( $C_i$ ) группируемых объектов, их трудоемкость ( $T_i$ ) и конструкторско-технологические модели (КТМ), представляющие собой сетевые ориентированные графы [2].

$$i = \overline{1, N},$$

где  $N$  — количество группируемых объектов. Само группирование осуществляется в два этапа: первичная классификация и уточненное группирование.

На этапе первичной классификации КТМ всех группируемых объектов приводятся к одному из нескольких шаблонов, то есть распределяются на заводом не пересекающиеся фасеточные классы, например, на «Валь», «Втулки», «Листовые детали» и «Корпусные детали», что соответствует распределению объектов производства по поддетально-специализированным участкам (цехам). Решение этой задачи приведено в диссертации А.Р.Денисова [2]. По результатам первичной классификации формируется массив векторов конструкторско-технологических параметров ( $R$ ) объектов мощностью  $L$  [2].

На этапе уточненного группирования происходит распределение объектов производства по группам (поточным линиям внутри поддетально-специализированных участков). В основе решения этой задачи лежат современные информационные технологии — нейронные сети. Обязательным условием корректной работы нейронных сетей является единство базиса входных векторов параметров  $R$ , что и достигается первичной классификацией. Результатом группирования является распределение объектов по  $K$  группам, то есть формирование матрицы  $M$ , где  $M_{i,j}$  — размер партии  $i$  объекта в  $j$  группе.

$$C_i = \sum_j M_{i,j}; j = \overline{1, K}. \quad (1)$$

При этом необходимо обеспечить выполнение следующих условий:

1) Объекты производства должны быть равномерно распределены по поточным линиям. Математическое условие выражается:

$$T\Gamma_{\max} \leq T\Gamma_{cp}(1+q), \quad (2)$$

где  $q$  — относительная погрешность распределения трудоемкости по группам;

$T\Gamma_{cp}$  — средняя трудоемкость группы объектов производства;

$$T\Gamma_{cp} = \frac{\sum (C_i \cdot T_i)}{K}; i = \overline{1, N}. \quad (3)$$

$T\Gamma_{\max}$  — максимальная трудоемкость группы объектов производства;

$$T\Gamma_{\max} = \max \{T\Gamma_j\}; j = \overline{1, K}, \quad (4)$$

где  $T\Gamma_j$  — трудоемкость  $j$  группы объектов производства;

$$T\Gamma_j = \sum_i (M_{i,j} \cdot T_i); i = \overline{1, N}. \quad (5)$$

2) Общая технологичность поддетально-специализированного участка, определяемая суммарной технологичностью образованных внутри него групп, должна быть максимально возможной. Технологичность группы определяется технологичностью входящих в нее объектов. Технологичность обработки  $i$  объекта на  $j$  поточной линии ( $t_{i,j}$ ) определяется:

$$t_{i,j} = \sum_k (W_{j,k} \cdot R_{i,k}); k = \overline{1, L}, \quad (6)$$

где  $W_{j,k}$  — весовой коэффициент  $k$  параметра вектора  $R$  в  $j$  группе, определенный с использованием нейронной сети Кохонена [2].

Задачу уточненного группирования можно решить по следующему алгоритму:

Блок 1. Кластерный анализ векторов параметров  $R$  с использованием нейронных сетей Кохонена.

Блок 2. Начальное формирование векторов параметров групп:

$$W_{j,y} \cdot R_{z,y} = \max_i \{W_{j,y} \cdot R_{i,y}\} \rightarrow R\Gamma_{j,y} = R_{z,y}; \\ i = \overline{1, N}; j = \overline{1, K}; y = \overline{1, L}; z = \overline{1, N}. \quad (7)$$

Блок 3. Начальное определение технологичности формируемых групп ( $t_j$ ):

$$t_j = \sum_y (W_{j,y} \cdot R\Gamma_{j,y}); \quad j = \overline{1, K}; y = \overline{1, L} \quad (8)$$

Блок 4. Сортировка объектов в порядке убывания трудоемкости.

Блок 5. Выбор объекта с максимальной трудоемкостью.

Блок 6. Определение группы, в которую будет помещен выбранный объект. Выбор группы осуществляется с соблюдением следующих условий:

$$A) T\Gamma_j \leq T\Gamma_{cp}(1+q) - T_i \quad (9)$$

где  $i$  — номер объекта;

$j$  — номер группы

Б) Технологичность участка при помещении  $i$  объекта в  $j$  группу должна быть максимальной.

Блок 7. Переформирование вектора параметров выбранной  $j$  группы при помещении в нее  $i$  объекта:

$$W_{j,y} \cdot R\Gamma_{j,y} \geq W_{j,y} \cdot R_{i,y} \rightarrow R\Gamma_{j,y} = R_{i,y}; \quad y = \overline{1, L} \quad (10)$$

Блок 8. Перерасчет технологичности выбранной группы по формуле (8).

Блок 9. Определение максимально возможной партии  $i$  объекта, помещаемой в выбранную  $j$  группу:

$$M_{i,j} = \text{int} \left( \frac{T\Gamma_{cp} \cdot (1+q) - T\Gamma_j}{T_i} \right) \quad (11)$$

Блок 10. Перерасчет трудоемкости  $j$  группы по формуле (5).

Блок 11. Повторение шагов 6—10 до полного распределения партии выбранного объекта по группам.

Блок 12. Повторение шагов 6—11 для каждого группируемого объекта.

Предлагаемый метод реализован в виде пакета программ «ГЕОМЕТРИЯ», производственные испытания которого проведены на деталях деревообрабатывающего станка ШЛПС-10. В качестве вершин КТМ были приняты элементарные поверхности этих деталей [6] и их комплексы [1,6].

Результатом первичной классификации стало распределение деталей по четырем классам: «Валь», «Втулки», «Корпусные детали» и «Листовые детали». При уточненном группировании детали каждого класса были распределены по группам, для каждой из которых были сформированы КТМ комплексных деталей. Чертеж комплексной детали одной из групп класса «Листовые детали» и ее КТМ показан на рис. 1. и в табл. 1.

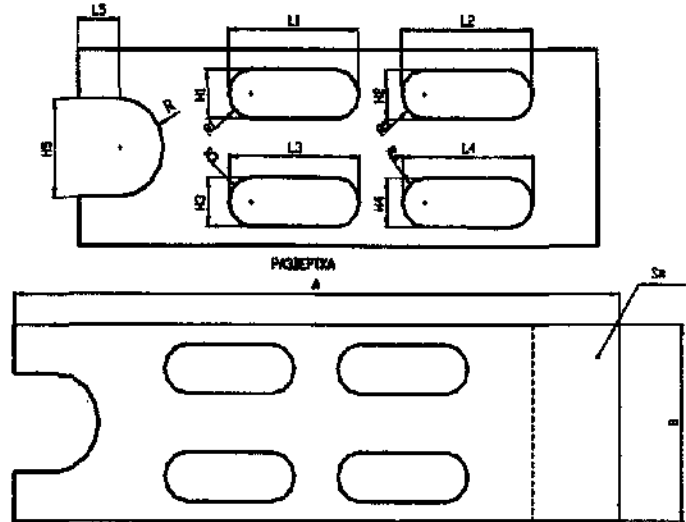


Рис. 1. Чертеж комплексной детали одной из групп класса «Листовые детали»

Производственные испытания показали, что предлагаемый метод позволяет в автоматическом режиме производить группирование объектов машиностроительного производства.

Таблица 1.

Фрагмент КТМ комплексной детали одной из групп класса «Листовые детали»

Элемент	Размер	Об	$R_{\min}$	$R_{\max}$	Ед.
Габаритные размеры	длина*	A	80	300	мм
	ширина*	B	20	220	мм
	толщина листа*	S	3	40	мм
Окно с прямыми стенками т.1	длина*	$L_1$	16	140	мм
	ширина*	$H_1$	6	16	мм
	радиус*	$R_1$	3	8	мм
	.....	.....	.....	.....	.....
Плоскость с 2 прямыми уступами	длина	$L_3$	25	25	мм
	ширина	$H_3$	10	10	мм
Радиусная плоскость	радиус	R	5	5	мм
Изгиб	длина линии изгиба	$L_6$	50	190	мм
	угол изгиба	$\alpha_6$	90	90	град
	радиус изгиба	$R_6$	3	5	мм
.....	.....	.....	.....	.....	.....

\* — обязательный параметр



## Литература

1. Горанский Г.К. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1976. — 239с.
2. Денисов А.Р. Автоматизация группирования объектов машиностроительного производства на основе аппарата нейронных сетей: Дис. ... канд. техн. наук. — Брянск: БГТУ, 2001. — 231с.
3. Митрофанов С.П., Гульнов Ю.А., Куликов Д.Д. и др. Применение ЭВМ в технологической подготовке серийного производства. — М.: Машиностроение, 1981. — 287с.
4. Петров В.А. Групповое производство и автоматизированное оперативное управление. — Л.: Машиностроение, 1975. — 312с.
5. Соколовский А.П. Научные основы технологии машиностроения. — М.: Машгиз, 1955. — 515с.
6. Цветков В.Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов. — М.: Машиностроение, 1972. — 240с.

A.R. Denisov, S.A.Kruglov

## METHOD OF MACHINE-BUILDING MANUFACTURE PLANTS GROUPING

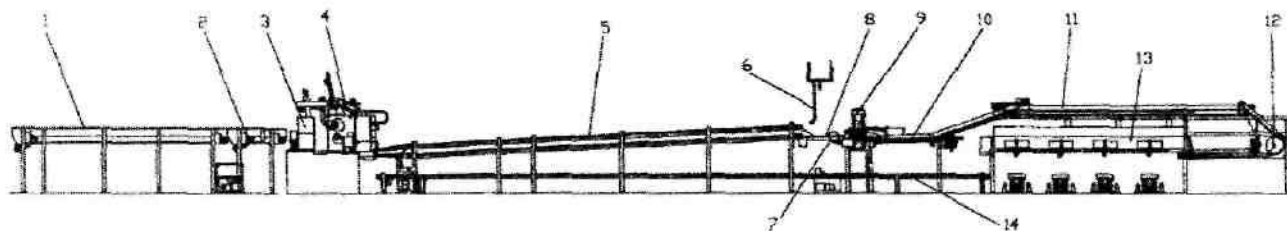
УДК 674.02:004

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФАНЕРНОГО ЛУЩЕНОГО ШПОНА

М.Г. Левин, Л.Г. Фокина, В.Б. Харченко

Повышение эффективности и качества производства сегодня немислимо без автоматизации процессов на основе использования информационных технологий. В настоящей работе рассматриваются вопросы, связанные с построением информаци-

ной модели технологического процесса лущения шпона, реализуемого в условиях предприятия ОАО "Фанплит". Структурная схема рассматриваемого технологического процесса представлена на рис.1.



1—конвейер-накопитель чуряков; 2—ступенчатый дозатор; 3—центровочно-загрузочное устройство; 4—лущильный станок; 5—конвейер; 6—сканирующее устройство; 7—мерное колесо; 8—входной конвейер ножиц; 9—ротаторные ножицы; 10—выходной конвейер ножиц; 11—легочный конвейер стопоукладчика; 12—станция поворота шпона; 13—стопоукладчик шпона; 14—конвейер отходов.

Рис. 1. Схема лущильной линии

При этом можно выделить следующие стадии обработки древесины.

1. Подготовка древесины к лущению. Максимальные размеры исходного сырья (кряжа<sup>1</sup>): длина — 6,5 м; диаметр — 0,6 м. Вся древесина подвергается гидротермической обработке с целью придания ей максимальной пластичности, необходимой для получения гладкого, плотного и прочного шпона. После окончания гидротермической обработки сы-

рье из бассейнов подается на раскаточную площадку для сортировки и поштучной подачи в отделение разделки сырья. Затем следует разделка на чуряки<sup>2</sup> длиной 1,4 м и 1,6 м. Чуряки по продольным цепным транспортерам подаются на окорочные<sup>3</sup> станки с вертикальными ножевыми дисками (тип VK-26). Окоренные чуряки системой цепных транспортеров подают в лущильный цех.

2. Лущение шпона — процесс резания древесины в плоскости, параллельной направлению воло-

<sup>1</sup> Кряж фанерный — круглый лесоматериал для выработки лущеного шпона, фанеры и строганого шпона. Фанерный кряж поставляют в чурках и в долготы. Круглые лесоматериалы — продукция лесозаготовительной промышленности. Круглые лесоматериалы получают из спиленных деревьев после очистки от ветвей и разделения поперек ствола на части требуемой длины.

<sup>2</sup> Чуряк — круглый лесоматериал, размеры которого соответствуют размерам конкретного оборудования (деревообрабатывающего станка).

<sup>3</sup> Окорка — удаление коры по окружности круглого лесоматериала или ствола.

кон, при котором исходный материал (чурак) совершает вращательное движение, а инструмент (луцильный нож — отсекатель, см. рис. 1, поз.5) — поступательное по отношению к нему. Исходными являются круглые лесоматериалы лиственных и хвойных пород, удовлетворяющие требованиям соответствующих стандартов.

В луцильном отделении для разлушивания фанерных чураков установлены шесть луцильных станков. Четыре станка произведены финской фирмой "RAUTE", один — итальянской фирмой "CREMONA" и один, марки "ЛУ-17" выпущен заводом «Пролетарская свобода» (г. Ярославль). На луцильных станках осуществляется центровка, цилиндровка и разлушивание чурака (рис. 1, поз.3, 4) в ленту шпона (толщиной 1,15 и 1,55 мм) до диаметра карапаша, не более 75 мм.

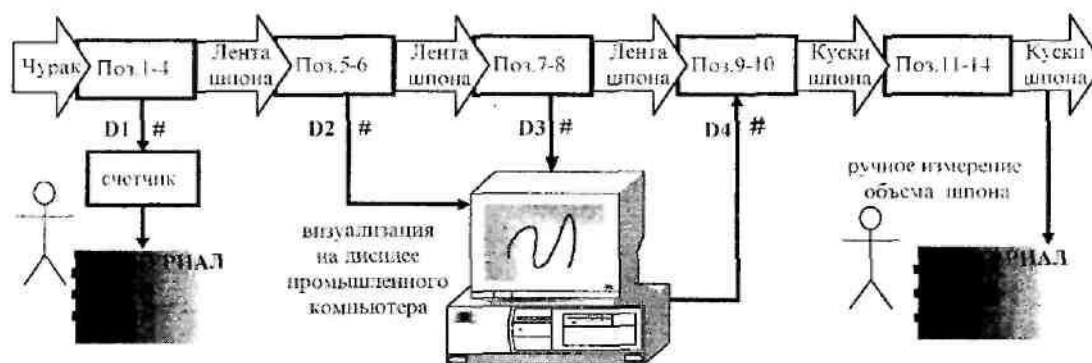
3. Рубка и стопоукладка шпона. Лента шпона от луцильных станков транспортерами - петлеукладчиками подается в автоматические ножницы (рис. 1, поз.9) различных моделей и разрезается на форматные листы, которые транспортными ремнями (рис. 1, поз.11) направляются и укладываются в стопу на подъемном столе (рис. 1, поз.13). Листы шпона должны соответствовать требованиям ГОСТ 99.

Допускаются листы с односторонними торцевыми зазорами длиной до 300 мм или двухсторонними торцевыми зазорами длиной до 150 мм с каждой стороны, а также срединные несквозные зазоры длиной до 100 мм. При накоплении полной высоты платформа стопоукладчика опускается, и стопа шпона ложится на вагонетку для подачи шпона к сушилкам.

Отходами процесса являются сердцевинная часть лесоматериалов (кряжей), кора, опилки и обрезки шпона.

Для контроля параметров технологического процесса необходимо оперативно снимать и обрабатывать соответствующую информацию. Сейчас контроль параметров технологического процесса осуществляется при использовании программного обеспечения, поставляемого в комплекте с луцильными линиями производителями "RAUTE" и "CREMONA". Информационная модель, представленная на рис. 2, отображает доступные в настоящее время сигналы:

- цифровой сигнал D1 о количестве пролуцированных чураков;
- цифровые сигналы D2 и D3 о качестве шпона;
- управляющий цифровой сигнал D4 рубки.



# — цифровой сигнал; D1 — сигнал о количестве пролуцированных чураков; D2, D3 — сигналы о качестве шпона; D4 — управляющий сигнал рубки.

Рис. 2. Информационная модель технологического процесса и существующие в настоящее время сигналы

Кроме того, информация об объеме выработанного форматного<sup>1</sup> шпона может быть получена с выхода со стопоукладки.

Цифровой сигнал D1 о количестве пролуцированных чураков. Непосредственно на луцильном станке (рис. 2, поз.4) установлено устройство, предназначенное для подсчета числа чураков, прошедших

полный цикл переработки на луцильном станке. Выработываемый им цифровой сигнал выводится на табло счетчика, а по окончании рабочей смены результат вручную записывается в регистрационный журнал.

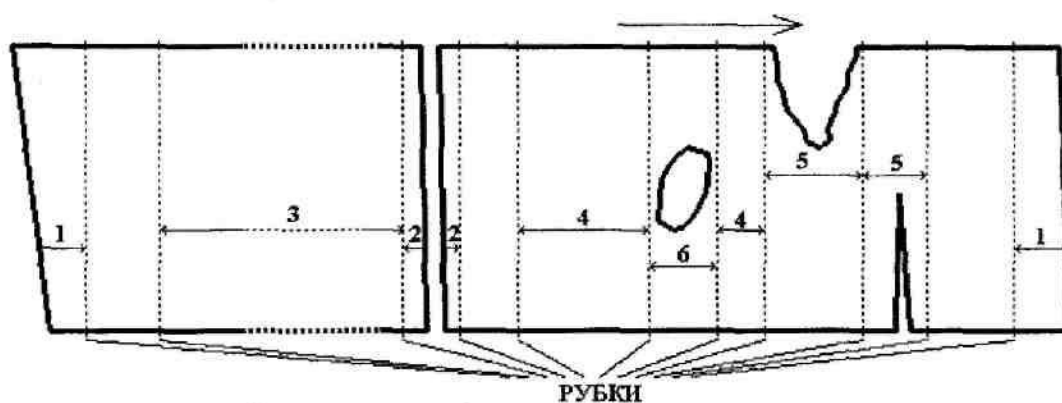
Цифровые сигналы D2 и D3 о качестве шпона. При перемещении ленты шпона на 2 мм (расстояние задано разработчиками луцильного оборудования) мерное колесо (рис. 2, поз.7) тоже поворачивается на 2 мм и передает импульс в виде цифрового сигнала D2 на сканирующее устройство (рис. 2,

<sup>1</sup> Форматный шпон — листы шпона, которые вырублены в соответствии с заданным размером и не имеют рваных дефектов.

поз.б), сигнал также поступает и в промышленный компьютер<sup>1</sup>. Сканирующее устройство – телекамера (или световая балка) снимает информационную характеристику о качестве ленты шпона и передает ее в виде цифрового сигнала D3 по линии передачи в промышленный компьютер. Обмен данными осуществляется в двунаправленном последовательном режиме. В соответствии с полученной информацией промышленный компьютер может запрограммировать типы резки, такие как: резка начала качественной древесины; резка начала бракованной древесины; резка начала древесины с выемками; резка древесины в размер (определено 4 размера, задаваемые

в программе); резка древесины с выемкой слева или справа; первая резка (устранение исходного утолщения); хвостовая резка (устранение хвостового утолщения) и др.

Управляющий цифровой сигнал рубки D4. Промышленный компьютер, получив информацию о шпоне, осуществляет программный раскрой шпона, что проиллюстрировано на рис. 3. Программа промышленного компьютера вырабатывает цифровой сигнал рубки D4 и передает его на роторные ножницы (рис. 2, поз.9). Осуществляется рубка ленты шпона на куски.



1 – прируб в начале и в конце ленты шпона; 2 – прируб в местах разрыва ленты шпона; 3 – листы шпона; 4 – случайные срезки; 5 – куски на переобрезку; 6 – куски отходов.

Рис. 3. Пример раскроя ленты шпона

Информация о фактическом качестве отрубленного шпона хранится в компьютере. Ширина и толщина шпона известны заранее, они заданы в управляющей рубкой программе. Таким образом, программа промышленного компьютера вычисляет выработанные объемы форматного шпона, т.е. фактический выход качественной продукции за текущую смену. Также ведется подсчет неформатных листов. Результаты отображаются на экране монитора. По окончании смены данные сбрасываются.

Объем выработанного форматного шпона. Высота порубленного шпона, вышедшего со стоп-укладчика (поз.13), измеряется работниками вручную линейкой, проградуированной в единицах объема (ширина и толщина шпона известны заранее). Данные измерений заносятся в регистрационный журнал.

Основной целью исследования является по-

лучение реальных данных об объеме поступившего сырья и объеме выработанного форматного шпона для принятия последующих управленческих решений главным технологом предприятия.

Модель, представленная на рис.2, в настоящее время существует только на второй и третьей лущильных линиях (с высокой производительностью), на других интересующих нас линиях (четвертой, пятой и шестой линиях) нет автоматизированной системы подсчета выходной продукции – числа листов шпона. Требуется получать информацию о качестве работы как каждой технологической линии, так и всех линий вместе в любой момент времени. Информация должна передаваться технологу производства для последующей корректировки технологического процесса.

Анализ модели, представленной на рис.2, и требований технологов показал, что:

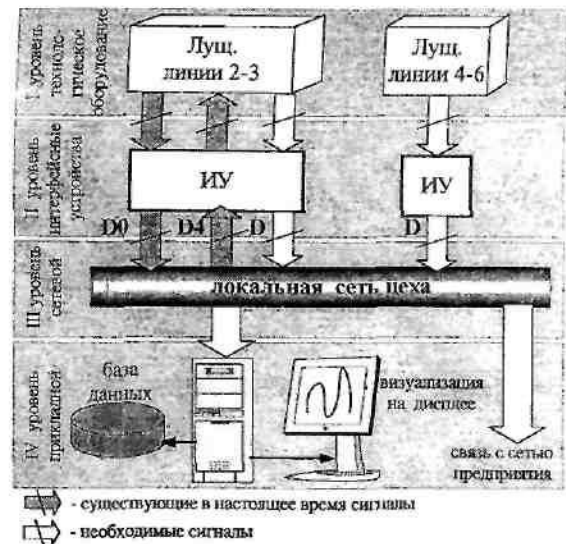
1. По количеству пролущенных чураков нельзя определить объем входного сырья. Введя допущение, что форма чураков цилиндрическая, для вычисления объема каждого из чураков будут необходимы данные о диаметре.
2. Отсутствует информация о диаметре карандаша, поэтому нет возможности контролировать рабо-

<sup>1</sup> Персональный компьютер в промышленном варианте с операционной системой MS DOS обеспечивает сопряжение с пользователем, т.е. обеспечивает ввод через клавиатуру данных по обрабатываемому материалу и параметры станка, а также вывод на экран данных, необходимых для того, чтобы запрограммировать лущильную линию.

ту лущильного станка и вычислять объем карандаша, идущего в отходы.

3. Нет возможности получать информацию о числе выработанных за контролируемый период (час, смену и т.д., определяемый технологом предприятия) форматных листов шпона, поступивших на стопоукладку, и передавать ее в виде цифрового сигнала, таким образом автоматизировав подсчет объема выработанного форматного шпона.
4. Требуется автоматизированное накопление информации о количестве чураков, диаметре (или радиусе) каждого из них и диаметре карандаша. Необходимо автоматизировать подсчет объема выработанного форматного шпона. Нет единой системы передачи информации и дальнейшего ее накопления.

Достижение указанной выше цели требует решения указанных выше задач, устраняющих проблемы, связанных с качеством информации, снимаемой с лущильной линии (см. рис.2). Для чего нами предлагается представленная на рис.4 структура информационной системы управления технологическим процессом типа SCADA-системы. Решение этих задач является дальнейшим предметом исследования.



ИУ — интерфейсное устройство; D0 — существующие выходные сигналы (D1, D2 и D3); D4 — управляющий сигнал рубки; D — требуемые выходные сигналы.

Рис. 4. Структура информационной системы управления технологическим процессом

M.G. Levin, L.G. Fokina, V.B. Kharchenko

## INFORMATION MODEL OF VENEER SHEET PRODUCTION TECHNOLOGICAL PROCESS

УДК 677.019.131.32:004

### РАЗРАБОТКА МЕТОДА ФИЛЬТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ПОРОКОВ ВНЕШНЕГО ВИДА ПРЯЖИ

А.С. Краснов

Разработан метод фильтрации сканированного изображения пряжи, предназначенного для автоматизированного распознавания пороков внешнего вида и определения класса.

Применение вычислительной техники для автоматизированной оценки пороков внешнего вида пряжи основано на анализе ее цифрового изображения, полученного, в нашем случае, сканированием на планшетном сканере пряжи, намотанной при помощи экранного мотовила на черную доску. При этом в зависимости от режима работы сканера можно получить растровое изображение, представляющее собой двумерный массив, элементы которого (пиксели) содержат информацию о цвете в одном из следующих представлений: бинарном, полутоновом, палитровом или полноцветном. В зависимости от способа представления изображения изменяется объем памяти, необходимый для его хранения, сходство с оригиналом, а также существенно зави-

сит сложность алгоритма анализа изображения при распознавании образов.

Выбор типа изображения зависит от решаемой задачи, от того, насколько полно и без потерь должна быть представлена нужная информация, с какой глубиной цвета и разрешением. Также следует учесть, что использование полноцветных изображений требует больших вычислительных затрат.

В рассматриваемой задаче при выборе типа изображения исходим из цветового наполнения анализируемой сцены, его составляет цвет фона и нити, следовательно, выбор ограничивается полутоновым либо бинарным изображением.

Бинарные изображения имеют несомненное преимущество в простоте алгоритмической обра-

ботки, малых размерах, что позволяет существенно понизить требования к аппаратному обеспечению, уменьшить затраты времени на экспертизу.

Полученное сканированием "сырое" изображение содержит различного рода шумы – помехи, возникающие при оцифровке изображения. Обработка изображения с целью удаления различного рода помех, повышения контрастности, яркости, выделения каких-либо объектов, цвета и т.п. производится методами фильтрации. Понятие фильтра в данном случае весьма обширно и включает в себя любое преобразование графической информации. Фильтр может быть задан не только в виде формулы, но и в виде алгоритма, его реализующего.

В дальнейшем, при рассмотрении методов обработки изображений, будем считать, что изображение представляется матрицей чисел (размер матрицы  $N \times M$ ), где значение каждого элемента отвечает определенному уровню его яркости.

Маска фильтра (или скользящее окно, апертура) представляет собой матрицу размера  $n \times m$ . Она накладывается на изображение и осуществляется умножением элементов маски фильтра и соответствующих элементов изображения с последующей обработкой результата. Когда маска передвигается к границе изображения, возникает так называемое явление краевого эффекта, которое заключается в

том, что пиксели по краям изображения не фильтруются. Во избежание этого нежелательного эффекта необходимо, когда маска вышла за пределы исходного изображения, дополнить его не нулевыми элементами, а элементами изображения, симметричными относительно его краев.


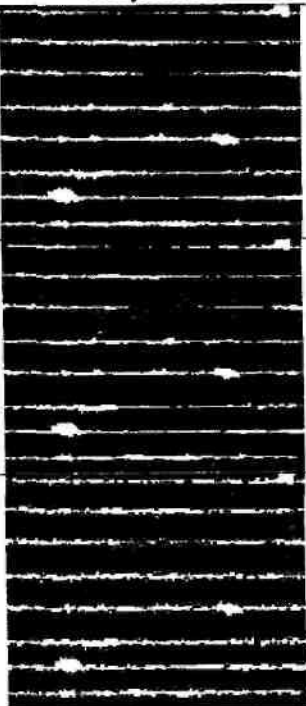
Обработка изображений осуществляется рекурсивными и перекурсивными методами. Рекурсивные методы используют результат обработки предыдущего пиксела, перекурсивные — не используют. В большинстве случаев используются не рекурсивные алгоритмы обработки изображений.

Целью применения фильтрации изображения пряжи в нашем случае является удаление обособленных областей, не принадлежащих нити. Природа их появления носит разнообразный характер, например, неравномерность цвета фона — доски, на которую наматывается нить, либо сор, который отрывается от пряжи при сматывании с бобины и т.п. Все это может вносить помехи и влиять на результаты распознавания пороков пряжи.

Рассмотрим ниже фрагменты изображения пряжи после применения существующих методов фильтрации, которые широко применяются при обработке любого рода растровых изображений, сравним и проанализируем получаемые результаты на предмет применимости к нашей задаче.

Таблица 1

Фильтры для выделения границ объектов

Оригинал	Маска фильтра	Результат
	$\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$	
	$\begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$	
	$\begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{vmatrix}$	

В первых двух случаях можем наблюдать сглаживание контуров нити, повышение четкости границ, уменьшение размеров объектов, не принадлежащих нити, но наряду с этим появляются негативные факторы: уменьшение сечения нити, что недопустимо для пряжи малой линейной плотности, потеря непрерывности нити. В третьем случае присутствуют все негативные факторы двух предыдущих, плюс некоторый обход контура нити одиночными пикселями.

Таблица 2

Фильтры, создающие эффект размытия границ объекта на изображении

Размытие	
$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 9 & 9 & 9 \\ 1 & 1 & 1 \\ 9 & 9 & 9 \\ 1 & 1 & 1 \\ 9 & 9 & 9 \end{bmatrix}$	
$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 10 & 10 & 10 \\ 1 & 2 & 1 \\ 10 & 10 & 10 \\ 1 & 1 & 1 \\ 10 & 10 & 10 \end{bmatrix}$	
$A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 16 & 16 & 16 \\ 2 & 4 & 2 \\ 16 & 16 & 16 \\ 1 & 2 & 1 \\ 16 & 16 & 16 \end{bmatrix}$	

Результаты применения фильтров, представленных в таблице 2, не дают ожидаемого эффекта, более того, вносят дополнительную погрешность и искажения в анализируемый объект. При устранении дефектов изображения размером в несколько пикселей теряется истинный контур нити и небольшие пороки пряжи. Для пряжи большой и средней линейной плотности это несущественно, но при анализе пряжи малых плотностей автоматизированное определение класса становится невозможным.

Так как существующие методы фильтрации не позволяют получить изображение приемлемого качества, то требуется разработка специальной методики фильтрации. Она основана на поиске и удалении замкнутых областей, ограниченного размера, не имеющих общих точек с нитью. Поиск замкнутых областей реализован методом рекурсивного заполнения контура по критерию связности.

Предварительным анализом изображения установлено, что помехи, связанные с наличием отдельных волокон и соринок, существенно меньше по площади самой нити. Обычно площадь этих включений на изображении не превышает определенной величины, ограниченной расстоянием между соседними нитями. При фильтрации эти объекты удаляются с изображения.

Алгоритм метода фильтрации приводится на рисунке 1.

Предложенный метод фильтрации реализован в программном комплексе автоматизированного распознавания пороков пряжи и определения класса чистоты.

Полученное изображение после фильтрации методом рекурсивного заполнения замкнутого контура представлено в таблице 3:

Таблица 3

Изображения до и после фильтрации методом рекурсивного заполнения замкнутого контура

До фильтрации	После фильтрации

Применение разработанного фильтра позволило удалить с изображения помехи, не подвергая изменению контур нити, и применить в дальнейшем методы распознавания образов для подсчета пороков пряжи широкого диапазона линейной плотности, в том числе малой, а затем и дать заключение о классе чистоты анализируемой пряжи.

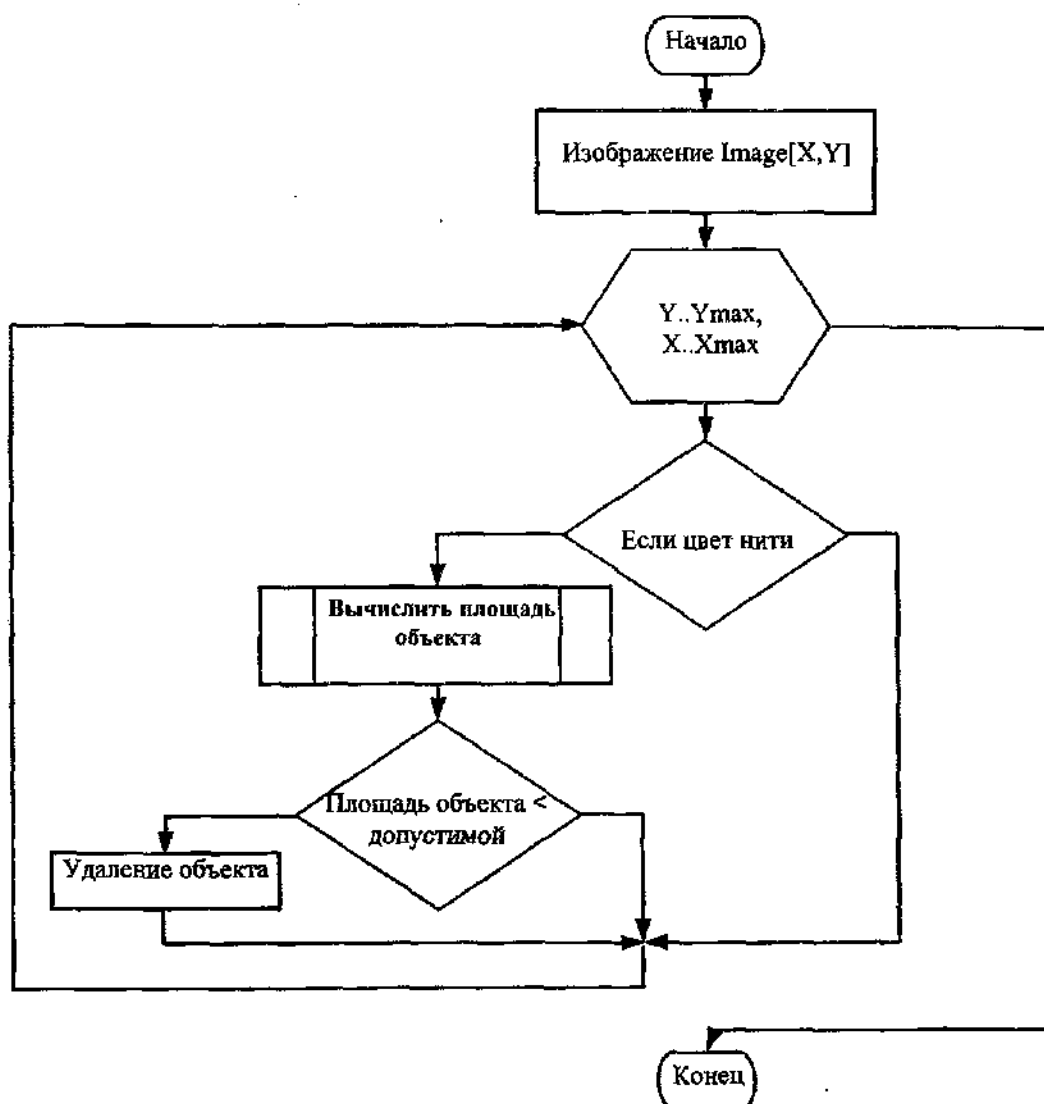


Рис. 1. Алгоритм фильтрации изображения пряжи

## Литература

1. Г.Я. Волошин, А.А. Ильин. Методы распознавания образов. [http://abc.vvsu.ru/books/Metody\\_r/default.asp?p=1](http://abc.vvsu.ru/books/Metody_r/default.asp?p=1).
2. Т. Павлидис. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений/ Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1986.
3. ГОСТ 15818—70. Пряжа хлопчатобумажная и смешанная. Метод определения класса по внешнему виду.

A.S.Krasnov

DEVELOPMENT OF PICTURE FILTRATION METHOD DURING  
YARN APPEARANCE DEFECT ANALYSIS

## ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

УДК 634.0.18

### О СОВРЕМЕННЫХ ПРОБЛЕМАХ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

*С.И. Кожурин, В.А. Дудин, В.В. Шутков*

Анализируется современное состояние лесных ресурсов и уровень их использования в Костромской области, предлагаются основные направления решения современных проблем лесопользования.

Основным богатством Костромской области являются леса, площадь которых постепенно увеличивается, а продуктивность остается стабильно высокой. Сейчас они занимают 4684.1 тыс. га, что составляет 77.8% от общей площади области. Причем лесистость области в последние годы существенно увеличилась, например, в 1949 г. этот показатель был равен 63.5%, в 1973 г. — 68.0% [1], в 2002 г. — 74.3%. Общий запас стволовой древесины равен 729 млн. м<sup>3</sup>, в том числе спелой — 211 млн. м<sup>3</sup>. Средний запас древесины на 1 га в спелых и перестойных насаждениях составляет 249 м<sup>3</sup>, в хвойных — 265 м<sup>3</sup>. Прирост древесины хвойных пород за период с 1966 по 2002 г. повысился с 2.38 до 2.78 м<sup>3</sup> на 1 га покрытых лесом земель. Все эти показатели указывают на большие потенциальные возможности развития в регионе высокоэффективного лесопользования.

В своей работе мы попытались определить наиболее важные проблемы современного лесопользования на территории области.

Наиболее ценными среди всех лесных ресурсов области являются хвойные насаждения. Они расположены на площади 2092 тыс. га, что составляет 47.2% от покрытых лесом земель. Данные учета показывают, что через 15—20 лет за счет части припевающих и средневозрастных насаждений предполагается увеличение доли хвойных насаждений с 47 до 55%. Надо отметить, что, по сообщению Е.Дюбюка [2], в 1910—1912 гг. в лесах Костромской губернии хвойные породы занимали 76% её территории. По-видимому, доля хвойных в пределах 70—80% будет оптимальной для лесного хозяйства области.

Проблема увеличения доли хвойных насаждений в лесах области остается актуальной, но имеет предпосылки к успешному разрешению. В последние годы в практику лесосечных работ все больше внедряются способы разработки лесосек с сохранением на пасаках благонадежного подроста ели. Широко проводятся несплошные рубки главно-

го пользования и рубки перестройки в мягколиственных насаждениях. С 1988 года такими рубками пройдено свыше 30 тыс. га с вырубленным запасом более 4 млн. м<sup>3</sup> древесины. Положительным моментом является и то, что в 2001 году, по сравнению с 1966 годом, удельный вес хвойных молодняков в их общей площади увеличился на 22%. В то же время обостряется проблема разработки и внедрения технологий по ускоренному выращиванию хвойной древесины.

С 1 января 1999 года расчетная лесосека по области составляет по общему объему 9094.8 тыс. м<sup>3</sup>, в том числе по хвойному хозяйству 2628.8 тыс. м<sup>3</sup> [3]. Характеристика использования расчетной лесосеки Управлением природных ресурсов и охраны окружающей среды по Костромской области за 1991—2002 гг. представлена в таблице. Расчетная лесосека по управлению составляет около 90% от общей расчетной лесосеки области. Наименьший уровень использования расчетной лесосеки здесь отмечен в 1997 г. — 25.3%. По сравнению с 1991 г. он снизился в 2.8 раза по общему показателю и в 2.0 раза по хвойному хозяйству. После 1997 г. наблюдается его рост — в 2000 г. он достиг 41.3% по общему показателю и 69.5 % по хвойному хозяйству. Более быстрый рост уровня использования расчетной лесосеки идет по хвойному хозяйству.

С 2001 г. вновь наблюдается некоторый спад уровня использования расчетной лесосеки на 132.6 тыс. м<sup>3</sup>, который продолжился и в 2002 году — еще на 132.2 тыс. м<sup>3</sup>. Пока говорить о дальнейшей динамике этого показателя не представляется возможным, поскольку реформирование лесозаготовительного комплекса области продолжается.

Известно, что недониспользование расчетной лесосеки отрицательно сказывается на состоянии лесных ресурсов, так как происходит рост площадей перестойных насаждений, качество древесины в которых сильно снижается за счет роста фауности



древостоя. Причем в большей мере это относится к лиственным породам, заготавливаемым, по сравнению с хвойными породами, в существенно меньших объ-

емах. Ясно, что такое положение не способствует рациональному использованию лесных ресурсов и улучшению экологического состояния лесов.

Таблица

Использование расчетной лесосеки за 1991—2002 гг., по данным Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды по Костромской области

Год	Расчетная лесосека, тыс. м <sup>3</sup>		Отпущено, тыс. м <sup>3</sup>		Использование расчетной лесосеки, %	
	Всего	По хвойному хозяйству	Всего	По хвойному хозяйству	Всего	По хвойному хозяйству
1991	8103.0	2880.0	5717.0	2235.0	70.6	77.6
1992	8103.0	2880.0	5323.0	2002.0	65.7	69.5
1993	8103.0	2880.0	4465.0	1854.0	55.1	64.4
1994	8124.0	2886.0	2871.0	1427.0	35.3	49.4
1995	8124.0	2886.0	2535.0	1282.0	31.2	44.4
1996	8124.0	2886.0	2120.0	1229.0	26.1	42.6
1997	8124.0	2886.0	2054.0	1100.0	25.3	38.1
1998	8124.0	2886.0	2451.0	1109.0	30.2	38.4
1999	8110.0	2175.0	3153.0	1209.0	38.9	55.6
2000	8110.0	2175.0	3346.2	1512.2	41.3	69.5
2001	8186.0	2222.0	3213.6	1377.0	39.3	62.0
2002	8220.5	2223.5	3081.4	1319.3	37.5	59.3

Структура лесозаготовительного производства Костромской области в последние годы претерпела значительные изменения. В настоящее время насчитывается около 800 лесозаготовительных предприятий различного статуса. Анализ организации производства в 100 случайно выбранных лесозаготовительных предприятиях показывает, что 42% от их общего числа составляют акционерные общества, 38% — частные предприниматели, 9% — сельхозпредприятия, 6% — государственные и 5% — муниципальные предприятия.

Частные предприниматели обеспечивают древесину в основном за счет аукционов и проводят только рубки главного пользования. Более крупные акционерные общества имеют арендованный лесфонд и осуществляют как рубки главного, так и промежуточного пользования. Техническая оснащенность мелких лесозаготовителей часто сводится к наличию 1—3 бензиномоторных пил, 1 трелевочного трактора и 1 лесовозного автопоезда. Лесозаготовительную технику арендуют 29% предприятий, на трелевке используются часто трактора сельскохозяйственного назначения.

Объем заготовок до 1 тыс. м<sup>3</sup> в год характерен для 37% предприятий, от 1 до 2 тыс. м<sup>3</sup> в год — для 10%, от 2 до 4 — для 18%, от 4 до 29 — для 22% и более 20 тыс. м<sup>3</sup> (до 260 тыс. м<sup>3</sup>) в год — для 13%. Чтобы оценить масштабы большинства лесозаготовительных предприятий области, следует учитывать, что заготовка древесины в объеме 1 тыс. м<sup>3</sup> под силу одной малой комплексной бригаде в составе 5—7 человек в течение 2 месяцев.

Территориально малые частные лесопромышленные предприятия сейчас приурочены к таким лесным районам области, как Чухломской, Галичский, Солигаличский, Антроповский и Поназыревский. Имеются предприятия, ведущие заготовки в 2—5 лесхозах [4].

Таким образом, структура главного лесопользования области в основном сложилась, но требует своей оптимизации в новых условиях хозяйствования.

Сложную структуру имеют лесные ресурсы побочного пользования. Запасы плодов и ягод в Костромской области в среднеурожайные годы составляют: черники — 6800 т, брусники — 1300 т, клюквы — 1100 т, голубики — 250 т, малины — 1250 т, рябины — 1600 т. Уровень использования имеющихся ресурсов дикорастущих плодов и ягод не достигает 10%. При этом запасы ягод клюквы используются в настоящее время на 50—60%, брусники — на 30—40%, а остальных ягодников — не более чем на 2—3%. Естественно, что запасы ягод вокруг крупных населенных пунктов и вдоль автомобильных трасс осваиваются значительно полнее, чем в отдаленных местах.

Запасы съедобных грибов исчисляются при среднем урожае приблизительно в 20 тыс. т, а при хорошем достигают 40—50 тыс. т. Природные запасы съедобных грибов используются примерно на 15—20%, причем жители нашей области собирают не более 20—25 видов из 80 пригодных в пищу [3].

Ежегодно без истощения природных ресурсов только на половине территории области можно заготавливать 88 т лапчатки прямостоячей (калгана), 83 т

плодов черники, 51 т побегов багульника, 36 т листьев вахты трехлистной, 27 т листьев крапивы, 25 т травы тысячелистника, 26 т травы хвоща полевого, 19 т травы ландыша, 17 т травы зверобоя и др. Запасы листьев брусники и побегов черники в лесах Костромской области достигают 7—8 тыс. т воздушно-сухого сырья. Современные объемы заготовок этих видов лекарственного сырья по сравнению с имеющимися запасами ничтожны. Заготовками лекарственного растительного сырья в небольшом количестве занимаются аптеки области, а в целом уровень использования его запасов не превышает 0.1% [5].

Уровень использования продукции побочного пользования не вызывает тревоги в отношении истощения их ресурсов. Однако сложившаяся система заготовок дикорастущего сырья в основном сводится к его закупке у населения. В силу этого истощаются ресурсы одних и тех же зарослей, наиболее известных и легкодоступных случайным сборщикам. Кроме того, сырье заготавливается иногда в загрязненных местах, например, вблизи оживленных автомагистралей, поэтому и само оно экологически грязное.

Сейчас в области отсутствует действенная система организации заготовки недровесного сырья, включающая все этапы технологического процесса от сбора до получения товарного продукта.

С экологической точки зрения оптимальным было бы комплексное или многоцелевое использование лесных ресурсов, когда заготовке древесины предшествуют заготовки или использование всех других полезностей леса. Однако это трудно выполнимо в современных условиях и считается экономически невыгодным [6].

Государственное управление в области использования, охраны, защиты лесного фонда и воспроизводства лесов законодательно основывается на следующих принципах: устойчивого развития (сба-

лансированного развития экономики и улучшения состояния окружающей природной среды); рационального, непрерывного, неистощительного использования лесного фонда в интересах страны и субъектов Российской Федерации; несовместимости реализации функций государственного управления с осуществлением рубок главного пользования и переработки полученной при этом древесины.

В соответствии с этими принципами и следует вести разработку программы оптимизации лесопользования на территории Костромской области. Эта программа призвана обеспечить на перспективу сбалансированное решение проблем социально-экономического развития и сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала, удовлетворение потребностей настоящего и будущего поколения людей.

В этих целях в современных условиях очень важно развернуть широкомасштабные научные исследования по совершенствованию организации лесной отрасли, по разработке новых технологий лесовыращивания и лесозаготовки, по научному прогнозированию различных вариантов лесопользования с применением геоинформационных систем.

Необходимо современное районирование области с учетом имеющихся лесных ресурсов, а также производственных мощностей по заготовке и переработке древесины и недровесной лесной продукции, существующей производственной инфраструктуры.

Дальнейшее изучение динамики объемов лесных ресурсов даст возможность разработки и внедрения интегрированной системы комплексного использования лесных ресурсов области, согласования природоохранных факторов с хозяйственной деятельностью в лесу.

#### Литература

1. Дудин В.А., Митешина Н.Н., Комиссарова В.Н. Костромские леса. — Кострома, 1994. — 48 с.
2. Дюбюк Е. Леса, лесное хозяйство и лесная промышленность Костромской губернии. Второй лесной сборник. // Труды Костромского научного общества по изучению местного края. — Кострома, 1918. — Вып.10. — 174 с.
3. Доклад об использовании природных ресурсов и состоянии окружающей среды Костромской области в 2001 году. — Кострома, 2002. — 196 с.
4. Кожурин С.И., Шутов В.В. Современная организация лесозаготовительного производства Костромской области. // Актуальные проблемы переработки льна в современных условиях: Тез. докл. междунар. научно-технич. конф. «Лен-2002». — Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2002. — С.244.
5. Шутов В.В., Миронов К.А., Письмеров А.В. и др. Запасы сырья некоторых дикорастущих лекарственных растений в центральных районах Костромской области. // Раст. ресурсы, 1992. — Т.28. — Вып.1. — С.41—50.
6. Шейнгауз А.С., Сапожников А.П. Оценка сочетания функций лесных ресурсов — основа организации многоцелевого лесопользования. // Лесоведение. — 1989. — № 1. — С. 3—9.

S.I.Kozhurin, V.A.Dudin, V.V.Shutov

MODERN PROBLEMS OF FOREST – UTILIZATION IN THE KOSTROMA REGION

УДК 674.02

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ СМАЧИВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ОБЛИЦОВЫВАНИЯ МЕБЕЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК

Т. Н. Вахнина

В работе проанализированы возможные причины появления дефектов облицовывания мебельных заготовок в ОАО «Костромамебель», предложены рекомендации по улучшению качества отделки.

Процесс приклеивания синтетического шпона к подложке из ДСП можно рассматривать с точки зрения различных теорий адгезии, но некоторые особенности этого процесса хорошо объясняет именно теория смачивания.

Возможность равномерного нанесения клея на любой субстрат будет зависеть от его смачиваемости данным клеевым материалом. Приклеивание шпона к заготовке будет достаточно качественным, если клеевой шов будет прочным и равномерным. Вопрос о корреляции между смачиванием клеем соединяемых материалов и прочностью соединения является достаточно сложным, так как в процессе облицовывания множество факторов влияет и на смачивание, и на прочность соединения. Однако очевидно, что если клей плохо смачивает заготовку или шпон, то не может быть достигнут достаточно плотный контакт между ними для возникновения адгезионных связей любой природы. Ввиду малого времени облицовывания (55с) смачивание также может не достигать равновесия до момента отверждения клея. Смачивание и связанная с ним растекаемость клея по субстрату определяется соотношением поверхностных энергий этих материалов [2].

Подложка из ДСП, как древесный материал, обладает хорошей смачиваемостью и проницаемостью для используемого карбамидоформальдегидного клея, а вот смачивание синтетического шпона клеем является проблемой, зависящей не столько от технологических факторов, сколько от природы явления растекаемости. Смачивание происходит, когда поверхностная энергия твердого тела  $\gamma_t$  больше поверхностной энергии на границе «твердое тело – жидкость»:

$$\gamma_t > \gamma_{t-ж} \quad (1)$$

Данные о поверхностной энергии и поверхностном натяжении материалов, используемых на комбинате, приведены в табл. 1 [2,3,4].

Таблица 1

МАТЕРИАЛ	Поверхностная энергия (поверхностное натяжение), МДж/м <sup>2</sup>
Карбамидный олигомер	60
Карбамидный клей	60—63
КМЦ	26
ПВА	38

В ОАО «Костромамебель» при облицовке мебельных заготовок возникают следующие дефекты: непроклеи и пробитие шпона. Одна из возможных причин этих дефектов — плохая смачиваемость клеем бумажно-смоляной пленки. Для бумаги, пропитанной смолой, и карбамидоформальдегидного клея, используемого для облицовывания, близость молекулярной структуры обуславливает небольшие различия в значениях их поверхностной энергии (см. табл. 1). Условие (1) не выполняется, что осложняет растекание клея по облицовке. Неравномерный клеевой шов может быть причиной непроклея и пробития шпона. Одной из причин данных дефектов может быть неправильная настройка клее-наносящего устройства, однако в таком случае появление дефектов облицовывания было бы систематическим, а оно носит случайный характер.

В работе для количественной оценки равномерности клеевого шва выбран следующий критерий — разнотолщинность облицованных мебельных заготовок. Исследования проводились для трех различных клеевых материалов:

- карбамидоформальдегидный клей, заменяемый на комбинате;
- клей, модифицированный 5% карбоксиметилцеллюлозы;
- клей, модифицированный 30% поливинилацетатной дисперсии.

Замеры проводились по каждой серии на четырех образцах в десяти точках, т.е. число дублированных опытов по каждой серии замеров  $n=40$ . Аргументацией выбора модификаторов было то, что они традиционно применяются для увеличения пластичности клеевого шва [1]. Кроме того, ПВА и КМЦ, обладая более низким поверхностным натяжением, чем карбамидный клей, должны улучшить его свойства в плане текучести. (следует отметить, что для КМЦ этот показатель существенно зависит от вязкости, варьируемой в больших пределах — от 40 до 240 с. по ВЗ-4 [1]).

При прочих равных технологических факторах клей, дающий более ровный шов, даст и меньшую разнотолщинность облицованных мебельных заготовок. Результаты экспериментов приведены в таблице 2. Разнотолщинность заготовок считалась как отклонение от среднего арифметического по толщине.

Для проверки значимости различий между базовым вариантом и предлагаемыми способами был использован метод сравнения средних арифметических по критерию Стьюдента:

$$t_p = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n}}}, \quad (2)$$

где  $\bar{Y}_1, \bar{Y}_2$  — средняя разнотолщинность по базовому и предлагаемому вариантам;

$S_1^2, S_2^2$  — дисперсии;

$n$  — число дублированных опытов.

Табличное значение критерия Стьюдента  $t_{T(g=0,05; f=2n-2=78)}=1,98$ .

Условие значимости различий:

$$t_p > t_{T}. \quad (3)$$

Результаты проверки см. табл.3.

Исследование показало, что модификация клея КМЦ и ПВА улучшает растекаемость клея и уменьшает разнотолщинность облицованных заготовок, причем для КМЦ различие более значимо. Однако при использовании КМЦ в качестве модификатора было пробитие облицовки. Возможная причина — наличие в КМЦ несвязанной влаги (в ПВА вода входит в состав дисперсии, т.е. работают связи на молекулярном уровне).

Проведенное исследование позволяет рекомендовать в качестве модификатора поливинилацетатную дисперсию.

Таблица 2

Разнотолщинность мебельных заготовок

Клеевой материал	Средняя разнотолщинность заготовок $Y$ , мм	Дисперсия серии замеров $S^2$ , мм.	Примечание
КФ-клей	0,059	0,0009	Пробитие, непрочлей
КФ+КМЦ(5%)	0,048	0,00020	Пробитие
КФ+ПВА(30%)	0,049	0,00010	-----

Таблица 3

Клеевой материал	$t_p$	Значимость различий
КФ+КМЦ	2,2	Значимо
КФ+ПВА	2,11	Значимо

#### Литература

1. Доропин Ю. Г. и др. Синтетические смолы в деревообработке. — М.: Лесн. пром-ть, 1987. — 224 с.
2. Куликов В.А., Чубов А.Б. Технология клеёных материалов и плит. — М.: Лесн. пром-ть, 1984. — 344 с.
3. Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений. — М.: Химия, 1981. — 272 с.
4. Фрейдин А.С., Вуба К.Т. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины. — М.: Лесн. пром-ть, 1980. — 224 с.

T.N. Vahniina

#### APPLICATION OF MOISTENING THEORY FOR FURNITURE STORAGE FACING QUALITY ANALYSIS

## ПРОМЭКОЛОГИЯ

УДК 658.382.502.3

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОАО «ФАНПЛИТ» НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*В.Б.Соколов, С.В.Румянцев*

Целью проведения предварительной экологической оценки воздействия предприятия является определение приоритетных воздействий на окружающую среду. Для осуществления качественной оценки экологических показателей предприятия предлагается методика. Определение значимости воздействий (их ранжирование) проведено согласно системе проведения оценок компании COWI.

В условиях ужесточения законодательства, развития экономической политики и других мер, направленных на охрану окружающей среды, а также в условиях общего роста озабоченности заинтересованных сторон вопросами окружающей среды организации всех форм собственности заинтересованы добиться экологической эффективности. Предприятия европейских стран на себе прочувствовали выгоды и преимущества совершенствования управления природоохранной деятельностью на основе внедрения системы управления охраной окружающей среды (СУОС) в рамках административного управления. Делают они это добровольно, учитывая грядущие выгоды и преимущества от внедрения СУОС, затраты на внедрение системы и ее поддержание. Часто проведение оценки помогает выявить возможности не только для совершенствования природоохранной деятельности, но и для улучшения экономических показателей работы предприятия, например, за счет снижения излишних расходов энергии, воды, сырья, материалов.

В Российской Федерации в настоящее время еще только создаются предпосылки к внедрению СУОС на предприятиях. Проводится обучение специалистов, в том числе и в рамках международных программ (например, TACIS), создается сертифицирующий орган. Предприятие может ограничиваться внедрением системы управления окружающей средой, а может получить внешнее подтверждение факта внедрения СУОС, то есть получить сертификат. С 1999 года в России введен стандарт на внедрение системы управления окружающей средой ГОСТ Р ИСО 14001-98 [1].

Работу по внедрению СУОС на предприятии начинают с предварительной экологической оценки воздействия на состояние окружающей среды [2]. На примере ОАО «Фанплит» проведем экологическую оценку и ранжирование воздействий предприятия на состояние окружающей среды.

Оценим воздействие предприятия на окружающую среду по следующим направлениям:

- выбросы вредных веществ в атмосферный воздух;
- сбросы сточных вод;
- образование и размещение отходов на предприятии;
- потребление воды, тепловых и энергетических ресурсов.

Оценку воздействия на окружающую среду проводим по методике, используя следующие способы:

• **Способ измерений.** Наиболее часто измерениями пользуются для определения объемов воздействия при потреблении ресурсов и образовании отходов. Большинство предприятий регистрируют объемы потребления сырья, выпуска продукции, расход электроэнергии, тепла и воды, количество отходов, в том числе и утилизированных. Кроме того, проводятся отдельные выборочные измерения выбросов загрязняющих веществ из источников, сбросов, например, в том случае, когда требуется получение разрешения природоохранных органов после разработки природоохранных проектов (ПДВ, ПДС). К этим измерениям относятся инструментальные замеры по определению концентрации загрязняющих веществ в выбросах и сбросах, проводимые лабораториями предприятий и контролирующими организациями. Значения концентраций пересчитываются в объемы годовых выбросов и сбросов.

• **Расчеты на основе удельных норм.** Удельные нормы обычно используются при расчете выбросов от источников предприятия, объемов образования отходов, при расчете потребления электроэнергии и топлива.

• **Расчеты на основе составления баланса масс.** Способ составления баланса масс используется для оценки порядка величины выбросов, сбросов, образования отходов в тех случаях, когда отсутствуют измерения и стандартные удельные нормы.

Например, выбросы паров растворителей в атмосферу из отстойников очистных сооружений можно рассчитать как разницу между объемом растворителей, использованных для очистки сточных вод в отстойниках, и объемом растворителей, направленных на переработку в качестве опасных отходов.

Дальнейшей целью является установление таких экологических факторов в деятельности предприятия, которые оказывают либо могут оказывать значительное воздействие на состояние окружающей среды.

Определение приоритетного или приоритетных воздействий предприятия на окружающую среду осуществляется при следующих условиях:

- учитывается только та часть сырья и вспомогательных материалов, которые не материализуются в продуктах, а реализуются в выбросах, сбросах или отходах;

- принимаются в расчет только те загрязняющие вещества, которые поступают в атмосферный воздух, сточные воды или отходы в количествах, превышающих 0,1 т/год, или считаются опасными для состояния окружающей среды и здоровья людей (по отходам – отходы 1,2,3 классов опасности);

- учитывается количество загрязняющего вещества, попадающего в сточные воды, а не объем самих сточных вод. При этом фиксируются вредные вещества, которые создают в сточных водах опасные для окружающей среды концентрации, то есть превышающие ПДК;

- учитывается количество загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух в составе выбросов от стационарных источников предприятия. При этом фиксируются вредные вещества, которые создают в приземном слое атмосферного воздуха концентрации, превышающие ПДК за пределами границы санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия, то есть загрязняющие вещества в составе временно согласованных выбросов (ВСВ);

- учитывается количество отходов по лимиту их размещения на промплощадке.

По предложенной методике проводим оценку воздействий ОАО “Фанплит”.

Как было отмечено выше, учитываем выбросы только от стационарных источников предприятия. Стационарные источники выбросов предприятия образуются при работе основного и вспомогательного оборудования на промышленной площадке. Расчет рассеивания вредных веществ в приземном слое атмосферного воздуха, содержащихся в выбросах ОАО “Фанплит”, показал, что временно согласованными выбросами предприятия являются выбросы древесной пыли, диоксида азота, сажи. Таким образом, выбросы в атмосферу именно этих загрязняющих веществ, а также выбросы загряз-

няющих веществ в количестве больше 0,1 т/год будут учитываться для оценки воздействий на состояние окружающей среды.

Количество отходов для оценки воздействия определяем по лимитам их размещения согласно договору предприятия на комплексное природопользование.

Ежегодно с МУП “Костромагорводоканал” заключается договор на условие приема загрязняющих веществ в составе сточных вод, то есть этим договором определяется качество промышленных стоков. Качество сточных вод, подающихся в городской коллектор от канализационной сети промплощадки ОАО “Фанплит”, ежедневно контролирует лаборатория предприятия и ежеквартально — промышленная лаборатория водоканала. Концентрация загрязняющих веществ в промышленных стоках предприятия перед их выпуском в горколлектор не превышает ПДК. Оценка воздействий на окружающую среду документально оформляется в виде заполненных форм по каждому из учитываемых воздействий.

Для того, чтобы ранжировать факторы воздействия на состояние окружающей среды, необходимо определить, какие будут применяться критерии. Обычно используют критерии, понятные и доступные не только специалистам. Прежде всего, проводится оценка последствий воздействия на здоровье людей и состояние окружающей среды.

Если предприятие выработало свою природоохранительную политику, то ее положения, естественно, должны быть учтены при ранжировании. Установленные критерии включаются в матрицу ранжирования, куда также заносятся характерные для данного предприятия факторы воздействия.

Рассмотрим систему качественной оценки факторов воздействия предприятия на состояние окружающей среды, разработанную датской консультационной компанией COWI. Компания COWI предложила специальную систему проведения оценки для ранжирования факторов воздействия. Она используется, прежде всего, для выделения приоритетных направлений природоохранной деятельности на предприятии. Она проста, позволяет составить вполне приемлемую общую характеристику воздействия предприятия на состояние окружающей среды.

Подсчет баллов по каждому фактору воздействия на состояние окружающей среды проводится таким образом, чтобы можно было оценить экологическую значимость данного фактора. Каждый фактор оценивается по трем параметрам:

К: количественная характеристика/объемы;

Р: степень распространения/масштабы (глобальное, региональное, местное);

В: вид/характер (обратимое, необратимое).

По каждому из этих трех параметров в зависимости от значимости фактора воздействия соответствует балльная оценка — от одного до трех. После умножения друг на друга значений балльной оценки по всем трем параметрам получается итоговая оценка, которая характеризует значимость данного фактора воздействия. Всего возможны 10 уровней значений итоговой оценки (1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 18 и 27). Чем больше результат, тем серьезнее экологическая проблема, связанная с данным фактором воздействия. Для определения значения баллов по каждому из трех параметров был разработан ряд критериев, основанных на опыте работы компании COWI в сфере охраны окружающей среды. Важно отметить, что эти балльные оценки в принципе безразмерны и не являются выражением значений каких-либо физических величин. Балльные оценки характеризуют лишь масштабность оцениваемой проблемы и то, в какой степени важно заниматься ее решением.

Значение оценки, равное 1—2 баллам, обычно свидетельствует об отсутствии необходимости предпринимать какие-либо дальнейшие усилия в этом направлении, если принимать во внимание чисто экологическую значимость данной проблемы. С экологической точки зрения значение оценки,

равное 3—8 баллам, является существенным, и над такими проблемами следует начинать и продолжать работать. Баллы от 9 до 18 соответствуют высокой экологической значимости проблемы. Наконец, значения оценки, приближающиеся к 27, вызывают тревогу и должны рассматриваться как свидетельство необходимости принятия немедленных действий.

Для того чтобы провести комплексную оценку экологических факторов, суммируем баллы факторов воздействия с количеством значимых критериев по воздействию, получаем суммарный показатель. Максимальный суммарный показатель по воздействию ОАО «Фанплит» на окружающую среду у выбросов в атмосферу — 27. Второе по значимости воздействие — отходы (13).

#### Выводы:

1. Разработана методика проведения оценки воздействия предприятия на окружающую среду.
2. В ходе работы установлено, что приоритетным воздействием ОАО «Фанплит» на окружающую среду являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.
3. Формирование экологической политики ОАО «Фанплит» следует проводить с учетом выявленного приоритетного воздействия на окружающую среду.

#### Литература

1. ГОСТ Р ИСО 14001—98. Системы управления окружающей средой. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.
2. Соколов В.Б. Предварительная экологическая оценка воздействия предприятий на состояние окружающей среды // Вестник КГТУ. — Кострома, 2002. — №5.

V.B.Sokolov, S.V.Rumyantseva

#### INFLUENCE ECOLOGY ESTIMATION OF LLC (LIMITED LIABILITY COMPANY) «FANPLIT» UPON ENVIROMENT CONDITION

## — ОБМЕН ОПЫТОМ, КРИТИКА, КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ —

УДК 621.9

### АХЕН — ЦЕНТР ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В.А. Садов

Рейн-Вестфальский технический вуз немецкого города Ахена, один из крупнейших технических вузов Европы. Он обладает богатыми традициями и благодаря своим выпускникам, которые занимают ведущие позиции на предприятиях не только Германии, но и других европейских стран, пользуется в мире высокой репутацией.

Довольно большая заслуга в такой репутации вуза принадлежит выпускникам специальностей машиноведения. Большие успехи в деле подготовки высококвалифицированных специалистов этой отрасли достигаются благодаря постоянному использованию научных исследований в образовательном процессе. Высокий научно-технический потенциал вуза позволяет проводить многочисленные исследования в области повышения эффективности производства. Очень часто работы ведутся по заказам производителей, а также в рамках программ Европейского Союза. Все достижения в сфере научных разработок используются при обучении студентов. Нередко и сами студенты выполняют научную работу. Вся работа в вузе ведется по принципу: пример в исследовании — пример в образовании. Ниже приведен краткий обзор тематики исследований, выполняемых в техническом вузе Ахена по направлениям машиноведения и машиностроения [1].

**Стратегия развития машиностроения.** Работа выполняется в лаборатории металлорежущих станков и производственного обучения. Несмотря на то, что машиностроение Германии играет ведущую роль в промышленности (доля продукции машиностроения в экспорте страны составляет 70 %), оно все же является мало привлекательным для инвестиций. На основе изучения состояния отрасли предлагается три ударных направления в развитии машиностроения, направленных на создание добавочной стоимости у потребителей машиностроительной продукции:

1. Внедрение достижений науки и техники в создаваемую продукцию с целью расширения возможностей оборудования для создания прибыли у потребителя.

2. Повышение производительности за счет сокращения времени на обслуживание оборудования у

потребителя, а также введение контроля за параметрами процесса с целью его оптимизации.

3. Создание оборудования с учетом знаний потребностей потребителей во всей цепи создания стоимости продукции.

**Проектирование машиностроительных предприятий XXI века.** Работа выполняется в лаборатории металлорежущих станков и производственного обучения. Она и направлена на создание методик проектирования и планирования предприятий будущего. Разработки ведутся на основании требований экономической ситуации, характеризующейся изменениями в рыночном и конкурентном поле, что проявляется в тенденциях на индивидуализацию и учет стремления потребителей иметь совершенную продукцию. Сотрудничество ученых и производителей сконцентрировано при решении этой проблемы на трех стратегиях:

1. Модульный принцип и стандартизация производств и их вспомогательных средств. Предлагается производить проектирование производств и предприятий на основе стандартных и специальных модулей. Производственные площадки составляются при таком подходе из модульных функциональных «боксов».

2. Мобилизация, что означает перебазирование производства или его составных частей. Мобильное предприятие по необходимости может сменить свое местоположение, переместиться в другой регион с более выгодным экономическим положением. Производственные здания проектируются в виде транспортабельных единиц: например, контейнеров, судов, шатров.

3. Кооперация с предприятиями по обслуживанию и поставкам в форме мобильной модели. Такая модель предполагает возможность преобразовывать постоянные издержки в переменные, а также допускает реверсивные инвестиционные решения.

**Повышение надежности европейских металлообрабатывающих станков.** Работа также выполняется в лаборатории металлорежущих станков и производственного обучения и направлена на систематизацию использования массива данных в разработке и сервисе. Разработки ведутся по дого-



вору с Европейским Союзом совместно с другими европейскими партнерами в рамках проекта TOPFIT. Целью проекта является создание информационного поля между изготовителями, потребителями и поставщиками для обмена данными о состоянии оборудования. В дальнейшем планируется создание специальных программных средств информационного обмена и их стандартизация.

**Разработка современных информационных и коммуникационных технологий для производителей, поставщиков и потребителей.** Работа выполняется в институте производственных технологий и направлена на решение проблем повышения производительности за счет внедрения оптимальных технологий и поддержания машин и устройств в исправном состоянии. Целью работы является создание новых форм информационного обмена, которые должны поддерживаться разработчиками, производителями и потребителями. Разработки ведутся по заказу Европейского Союза совместно с Италией, Нидерландами и Чехией. Разработки сфокусированы на решении следующих проблем:

1. Возможность располагать информацией по всей цепи производства.
2. Накапливание пакета знаний и информации.
3. Фильтрация информации с учетом ее полезности.
4. Трансферт информации от разработчика к потребителю, от рядового сотрудника к руководителю и наоборот.
5. Образование технологических цепей через анализ взаимозависимостей каждого технологического шага.
6. Оценка технологических цепей по затратам.
7. Квалифицированное выполнение технологического проектирования.
8. Автоматическое архивирование основных решений.
9. Оповещение об изменениях при принятии необходимых решений.
10. Поддержка информационных поисков целевыми функциями.

Решение этих проблем позволит повысить производительность в производственной сфере за счет объединения данных разработчиков и их кооперативных партнеров при планировании и внедрении новых технологий, а разрабатываемые программные средства – структурировать процесс технологического менеджмента.

**Разработка методов и программных средств для проектирования конструкций и технологий их изготовления.** Работа выполняется в лаборатории металлорежущих станков и производственного обучения и направлена на оптимизацию выбора конструкции детали и сокращение сроков освоения производства. В основу разработки положены программные средства «Fuzzy zet» (критериальная модель переменных оценок). При разработке конст-

рукции уже на первых стадиях поэтапно рассматриваются технологии изготовления деталей:

1. Сначала составляются технологические маршруты (цепи) возможных процессов изготовления в форме взаимосвязанных операций без ограничений по специфике производства.

2. Затем эти цепи дополняются соответствующим оборудованием и необходимыми вспомогательными средствами, такими как транспорт, межоперационное складирование и т.п. Таким образом, уже здесь проявляется производственная последовательность с присущими ей производственными средствами.

3. На заключительном этапе осуществляется оптимизация технологий относительно параметров обработки и получаемых результатов с помощью специализированных программных средств Tools.

Предлагаемые разработки позволяют уже на ранних стадиях проектирования производить оценку преимуществ и издержек вариантов и предлагать целенаправленное технологическое планирование.

**Имитация производственных процессов.** Работа направлена на исследование физических явлений при обработке материалов с использованием метода конечных элементов. На основании комбинации результатов расчета по всем элементам и после конечного суммирования по пространству и во времени составляется достоверный прогноз производственного процесса. Применение методов конечных элементов при моделировании производственного процесса требует от пользователя глубоких знаний процесса и владения прикладными математическими программами. Программные средства позволяют производить расчеты деформирования материалов с учетом теплопередачи и наблюдать за ходом явлений (имитацией) на экране монитора. Разработанные средства пригодны для процессов штамповки и обработки резанием (как свободным, так и несвободным). Работа призвана обеспечить обязательное применение имитации процесса как вспомогательного средства для производственного планирования на ранних стадиях разработки технологических маршрутов.

**Гибридные процессы как новые пути для обработки труднообрабатываемых материалов.** Работа направлена на применение лазерного излучения для улучшения обрабатываемости ответственных изделий. Такими изделиями являются подшипники качения из керамики на основе нитрида кремния, инструменты из твердых сплавов с легированными добавками кобальта, некоторые детали для авиационной и космической техники, изготавливаемые из высокопрочных, стойких к коррозии материалов, легированных никелем и титаном. Традиционные методы обработки требуют больших затрат для получения таких деталей.

В институте производственных технологий Рейн-Вестфальского технического вуза разработаны методы, обеспечивающие высокопроизводительную обработку этих изделий с применением лазерного излучения. При этом сами методы являются традиционными. В основе разработок лежит применение направленного в зону деформации концентрированного лазерного луча, что приводит к разогреву зоны деформации и уменьшению сил при резании до 70%, а при ротационном выдавливании до 40%. В этом случае происходит значительное повышение обрабатываемости, причем сам процесс происходит без применения охлаждающих средств. В настоящее время уже разработаны методы лазерной поддержки токарной и фрезерной обработки названных материалов, а также их ротационного выдавливания. Применение лазерной поддержки в ряде случаев позволяет отказаться от финишного шлифования, поскольку качество детали соответствует предъявляемым требованиям.

**Резание в миниатюрных форматах.** Работа посвящена разработке концепции по микроструктурированию поверхностей с большими размерами. Необходимость такой работы вызвана увеличением размеров деталей для оптики и дисплейной техники. Микрорельеф на поверхности наносится резанием со снятием стружки инструментом из натуральных алмазов. При этом глубины резания находятся в пределах нескольких микрометров. Основное требование — радиус скругления должен быть в пределах нескольких нанометров. Структурирование поверхностей осуществляется на базе исследований бионики. Обработка может осуществляться точением, фрезерованием и строганием. Институтом производственных технологий Рейн-Вестфальского вуза разработана концепция по конструированию станков для такой обработки. Это станки сверхвысокой точности, позволяющие вести обработку в трех осях, оборудованные современными приводами на сверхточных опорах и соответствующими измерительными системами. На таких станках можно наносить микрорельеф на поверхностях до  $1 \text{ м}^2$  с точностью расположения формы до  $0,1 \text{ мкм}$  на  $100 \text{ мм}$  длины и шероховатостью до  $10 \text{ нм}$  по Ra.

Одной из проблем расширения размеров обрабатываемой поверхности является относительно невысокая стойкость инструмента, которая требует смены после обработки  $50 \text{ см}^2$  поверхности. Для расширения размеров обрабатываемой поверхности ведутся изыскания по обеспечению надежной и точной смены инструмента.

**Развитие и исследования новой станкостроительной концепции для фрезерной обработки.** Работа посвящена разработке конструкций станков с нетрадиционной компоновкой. Предполагается, что такие станки позволят вести точную обработку сколь угодно сложных деталей с высокими

скоростями резания. При традиционной компоновке станки имеют открытую структуру, когда основные узлы станка располагаются друг на друге. Такие станки обладают большой массой и не позволяют в ряде случаев вести обработку с высокими скоростями из-за наличия больших инерционных сил. В противоположность этой компоновке разрабатывается теперь новый класс станков и промышленных роботов, который характеризуется параллельным расположением осей, по которым осуществляется движение. Привод опирается теперь на прочном основании или фундаменте и работает прямо на движущейся платформе, которая несет на себе инструмент. Такой класс механизмов называют движущимися механизмами с параллельной кинематикой. Параллельная кинематика свободна от дополнительных издержек открытых кинематических цепей и поэтому представляет многообещающую альтернативу обычной станкостроительной концепции.

В сотрудничестве с фирмой «Igersoll Milling Machines» лабораторией металлорежущих станков и производственного обучения Ахена разрабатываются первые станки с параллельной кинематикой по «Гексапоед принципу». Главный шпиндель, приводящий в движение фрезерный инструмент, располагается на платформе, позиционирование и ориентирование в рабочем пространстве которой определяется шестью телескопическими штангами, которые располагаются подвижно на остовах станка в виде охватаэдрической формы. В соединении с поворотным столом, на котором крепится заготовка, это позволяет вести обработку с четырех сторон. Для полного спектра обработки станок располагает главным приводом мощностью  $30 \text{ кВт}$  с максимальным вращающим моментом  $360 \text{ Нм}$ . Рабочая точность станка обеспечивается введением высокоточной путевой измерительной системы, основанной на поддержании постоянной температуры остова.

**Мобильные коммуникации — мобильное производство.** Работы выполняются в сфере создания беспроводных коммуникаций в производственном управлении. Предполагается, что такие коммуникации позволят проводить диагностику оборудования и вырабатывать рекомендации по его техническому обслуживанию на большом расстоянии. Разработка таких коммуникационных систем позволяет дополнительно расширить технологические возможности по управлению оборудованием и повысить рентабельность производства.

**Разработка способов надежного определения износа инструмента.** Работы ведутся в рамках создания «автономных производственных ячеек» по автоматическому диагностированию износа фрезерных инструментов. Это позволит освободить производство от брака и минимизировать приведенные затраты. При этом будет получена информация для регулирования процессов и увеличения срока служ-

бы инструментов, который часто может быть оценен только статистически. Контроль за износом инструмента основан на методе оптимального изображения кромки, который базируется на анализе нескольких изображений при варьировании освещенности. При

этом делаются серии фотографий с изменением направления освещения. Представленный способ позволяет определить контуры кромки по интенсивности на изображениях.

#### Литература

1. Das Wissenschaftsmagazin "RWTH-Themen", Januar, 2002.

V.A.Sadov

ACHEN — THE MANUFACTURE TECHNOLOGY CENTRE

УДК 159.937

### ВНИМАНИЕ КАК СВЯЗЬ СОЗНАНИЯ С ОБЪЕКТОМ В ПРОЦЕССЕ ВОСПРИЯТИЯ

*М.Г. Чайковская*

Статья посвящена экспериментальному анализу восприятия в зависимости от профессиональной деятельности человека. В результате выявляются важные аспекты внимания как основы понимания предметной среды.

Все процессы познания — будь то восприятие или мышление — направлены на тот или иной объект, который в них отражается: человек воспринимает определенный поток информации, выраженный в какой-либо форме (визуальный, слуховой, чувственный ряд и т.д.), осмысливает его, интерпретирует, синтезирует через призму своих знаний, опыта, воображения и представлений. В этом определяется и формируется его концепция отношения к окружающему миру как личности, как субъекта к субъекту, как сознания к предмету. Это отношение находит свое выражение во внимании. Внимание проявляется внутри восприятия, мышления. Оно — сторона всех познавательных процессов сознания, и притом та их сторона, в которой они выступают как деятельность, направленная на объект.

Человек внимателен, когда не только слышит, но и слушает или даже прислушивается, когда не только видит, но и смотрит или даже всматривается, т.е. когда подчеркнута или повышена активность его познавательной деятельности в процессе понимания или отражения объективной реальности. Внимание — это избирательная направленность на тот или иной объект и сосредоточенность на нем, углубленность в направленную на объект познавательную деятельность.

За вниманием всегда стоят интересы и потребности, установка и направленность воспринимающего. Они вызывают изменение отношения к объекту. В свою очередь, изменение отношения к объекту выражается во внимании — в изменении образа этого объекта. Чем внимательней прочитывается основная сущность предмета, тем он становится более ясным и отчетливым. Постепенно раскрываются ранее незамеченные подробности, из общего появляются частности. Во внимании наиболее остро представлена связь сознания с предметом, чем ак-

тивнее сознательная деятельность, тем понятнее выступает объект, чем отчетливее выступает в сознании объект, тем интенсивнее и само сознание. Из этой логической цепочки вытекает закономерная двусторонность: с одной стороны, внимание направляется на объект, с другой, объект привлекает внимание.

Процессом внимания можно управлять, прибегая к помощи специфических средств визуализации. Каждый элемент предметной среды несет в себе заложенную его создателем информацию. Если эту информацию «считывает» осведомленный и подготовленный человек, то он в состоянии без особого труда моментально определить представленную его вниманию идею. Восприятие подготовленного человека, несомненно, будет отличаться от восприятия человека, не имеющего конкретных знаний о законах организации того или иного объекта.

Что же происходит, когда не наблюдается консенсуса между воспринимающим субъектом и представленным объектом? Когда объект представляет собой абстрактный образ, вызывающий лишь определенные ассоциации с реальными предметами?

Был проведен эксперимент. В эксперименте участвовали четыре группы студентов: первая и вторая — учащиеся первого и пятого курсов художественной специальности, третья — студенты второго курса технической специальности, у которых ряд изучаемых дисциплин связан с компьютером. В течение нескольких секунд им демонстрировалась сложносочиненная линейная фигура. Студентов заранее попросили приготовить бумагу, карандаш и, не тратя времени на раздумье, по возможности точнее зафиксировать все то, что они увидят. Результаты оказались следующими:

- о студенты художественной специальности первого года обучения: к упрощению образа пришли

50% (упустили значительное количество характерных линий), усложнили прочтение демонстрируемого объекта — 35% (добавили несуществующие детали), 10% зарисовали точную копию и 5% кардинально отошли от аналога;

- студенты художественной специальности пятого года обучения: по 25% — упростили и усложнили образ, точно воспроизвели фигуру — 50%, и ни один не отошел от аналога;
- студенты первого года экономического образования: упростили образ — 40%, усложнили образ — 45%, точное воспроизведение — всего лишь 5% и неверное, даже близко не схожее с первоначальным образом воспроизведение — 10%;
- студенты технической специальности: по 10% упростили и усложнили образ, 80% дали верное прочтение.

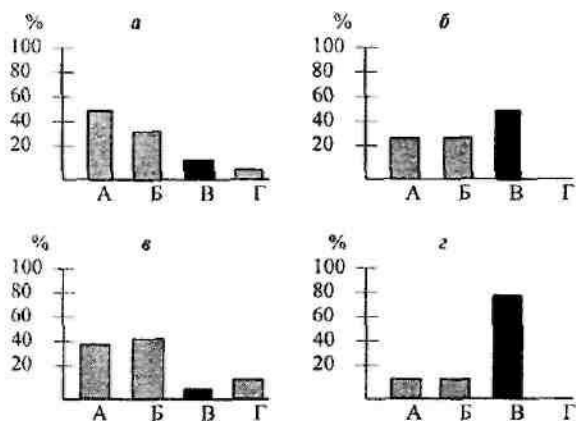


Рис.1. Анализ восприятия сложного графического образа:  
 а — студентами I года обучения художественной специальности;  
 б — студентами V года обучения художественной специальности;  
 в — студентами экономического образования;  
 з — студентами технической специальности;  
 А — упрощение образа; Б — усложнение образа;  
 В — точное прочтение образа; Г — отход от образа

Сравнение результатов первой и третьей групп показали, что студенты художественной специальности, в отличие от студентов-экономистов, хоть и не на много (с разницей в 5%), показали лучший результат. И те, и другие одинаково (по 85%) немного отошли от образа, усложнив или упростив его. Сравнение результатов первой и второй групп показали, что студенты-пятикурсники в силу своего опыта и специфики творческого обучения (когда глаз и рука привыкли к необычным художественным образам) сумели воспроизвести большее количество точного прочтения визуализируемой фигуры (50%). В свою очередь, аналогичный показатель у четвертой группы, самый высокий — 80%. Качест-

венный уровень точного воспроизведения показывает, что студенты технической специальности, благодаря математическому складу ума, быстро схватывают основную сущность демонстрируемого образа, легко выстраивают логичную цепочку организации целостности предмета. Что касается неверного кардинально-неточного прочтения образа, то у второй и четвертой групп нулевой результат (у одной группы — это опыт, у другой — особенность мышления). Сравнение результатов первой и третьей групп показывает, что студенты-первокурсники художественной специальности, в отличие от студентов-первокурсников экономической специальности, находятся в более выгодном положении при восприятии абстрактного образа, их показатель на 5% ниже.

#### Выводы.

Проведенный эксперимент доказывает, что акт восприятия включает в себя решение одной определенной проблемы, а именно создание организованного целого. Внимание в данном случае теснейшим образом связано с профессиональной деятельностью человека. По мере того как у человека из практической деятельности выделяется и приобретает относительную самостоятельную деятельность теоретическая, отвечающая за осмысление увиденного образа, внимание приобретает новые формы. Оно выражается в заторможенности посторонней внешней деятельности и сосредоточенности на созерцании объекта, углубленности и собранности на предмете размышления. Когда направленность мыслей регулируется направленностью деятельности человека, происходит наиболее тесная связь и взаимопереплетение объекта и сознания. Акт восприятия приобретает свою наивысшую значимость адекватного понимания окружающего мира предметной среды. Исходя из этого можно сделать вывод, что независимо от профессиональной деятельности человек и его сознание стремятся наиболее полно осмыслить и организовать целостный образ предмета. При концентрированности внимания необходимо учитывать объективные условия подготовительного процесса визуализации, а также субъективные, изначально присущие человеку особенности восприятия. Эти особенности находятся в прямой зависимости от приобретенного опыта, знаний, профессиональной ориентации. Именно в процессе восприятия происходит связь предметной среды и человека как личности через его сознание, внимание, определенные представления и воображения. Эта связь закономерно приводит к полноценному познанию и пониманию окружающего мира, если выполняются условия правильной организации пространства.

M.G.Chaykovskaya

ATTENTION AS CONSCIOUSNESS TIE WITH OBJECT IN PERCEPTION PROCESS

### ИНФОРМАЦИЯ

о работе семинара по текстильному машиноведению  
(филиал семинара по теории механизмов и машин АН РФ)  
за 2002 год

В 2002 году при Костромском государственном технологическом университете успешно продолжили свою работу Костромской филиал Всероссийского семинара имени В.Н.Аносова по теории машин и механизмов. Заслушаны и обсуждены 9 следующих докладов:

- 17.01.02      Уровень подготовки технологических переходов в системе машин текстильного производства.  
*Докл. Смельский Валерий Витальевич, к.т.н., доцент КГТУ*
- 21.02.02      Организационное проектирование производственного цикла технической эксплуатации оборудования.  
*Докл. Зосимов Матвей Владимирович, аспирант КГТУ*
- 21.03.02      Некоторые вопросы механики процесса модификации льняного волокна.  
*Докл. Разин Сергей Николаевич, к.т.н., доцент КГСХА*
- 18.04.02      Взаимосвязь натяжения основы и движения скальной системы.  
*Докл. Титов Сергей Николаевич, к.т.н., доцент КГТУ,  
Саввин Олег Александрович, к.т.н., доцент КГТУ*
- 16.05.02      Теоретические основы проектирования волоконоочистителей.  
*Докл. Корабельников Андрей Ростиславович, к.т.н., доцент КГТУ*
- 20.06.02      Организационно-технические основы формирования конкурентных преимуществ в производстве ремизной оснастки.  
*Докл. Буянов Михаил Александрович, инженер, МЭЗ-1 (Москва)*
- 19.09.02      Исследование и обеспечение ремонтпригодности технологической оснастки.  
*Докл. Ковальский Павел Григорьевич, аспирант КГТУ*
- 17.10.02      Формирование паковок с проволокой в производстве армирующих текстильных изделий.  
*Докл. Копнин Виктор Александрович, к.т.н., доцент КГТУ*
- 21.11.02      Механика разрушения нитей на ткацких станках.  
*Докл. Сысоева Елена Константиновна, аспирант КГТУ*

Руководитель семинара д.т.н. проф. Г.К.Кузнецов

### ИНФОРМАЦИЯ

о работе семинара по материаловедению производств текстильной и легкой промышленности  
за 2002 год

В июне 1999 г. перед открытием в КГТУ диссертационного совета по «Материаловедению производств текстильной и легкой промышленности» (05.19.01) утверждено Положение о семинаре по материаловедению производств текстильной и легкой промышленности. Одна из основных задач семинара — апробация диссертационных работ по специальности 05.19.01.

В 2002 г. были заслушаны доклады аспирантов кафедры технологии и материаловедения швейного производства КГТУ, а также аспирантов СПГУТД, ИГТА, МГУС. Участие в работе семинара специалистов различных кафедр КГТУ и других вузов — проф. Корабельников Р.В., проф. Лустгартен Н.В., проф. Сорокин А.П., доц. Москаева Т.Б., доц. Борисова Е.А., доц. Мининкова И.В., проф. Гусев Б.Н. (ИГТА), проф. Тюменев Ю.Я. (МГУС), доц. Костина В.Б. (ВГУ) — позволяет сделать апробацию работ разносторонней.

- 15.01.02      Разработка методов оценки и исследование изменений свойств пушно-меховых полуфабрикатов при взаимодействии с влагой.  
*Докл. Красавчикова Анна Павловна, аспирант КГТУ*
- 07.02.02      Разработка методов оценки и исследование пластичности льняных тканей для одежды.  
*Докл. Денисова Ольга Игоревна, аспирант КГТУ*
- 21.03.02      Исследование свойств полотен из отходов мехового производства, изготовленных нетрадиционными способом.  
*Докл. Ветошкина Елена Александровна, аспирант КГТУ*

- 04.04.02 Разработка методов оценки и исследование свойств шубной овчины для оптимизации изготовления одежды.  
*Докл. Кавзинадзе Инга Александровна, ассистент каф. ТМШП,*  
Исследование термомеханических свойств льносодержащих тканей и пакетов одежды.  
*Докл. Пугачева Ирина Борисовна, ассистент каф. ТМШП*
- 08.05.02 Анализ механизма деформирования ниточных соединений.  
*Докл. Погорелова Мария Леонидовна, аспирант СПГУТД*
- 06.06.02 Разработка метода оценки и исследование показателей деформации изгиба льняных тканей.  
*Докл. Воронова Лариса Викторовна, аспирант КГТУ*
- 12.09.02 Разработка метода оценки и исследование анизотропии сминаемости льносодержащих тканей.  
*Докл. Костюкова Юлия Алексеевна, аспирант КГТУ*
- 03.10.02 Разработка методов оценки и исследование геометрических и оптических свойств волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов.  
*Докл. Рассадина Светлана Павловна, аспирант КГТУ*
- 06.11.02 Разработка методов и исследование основных эксплуатационных свойств нетканых фильтрующих материалов для очистки горячих газов.  
*Докл. Воронцова Наталья Владимировна, аспирант МГУС*
- 05.12.02 Разработка методов компьютерного измерения показателей скрученности пряжи.  
*Докл. Зубко Денис Павлович, аспирант ИГТА*

Руководитель семинара д.т.н. проф. Смирнова Н.А.

#### ИНФОРМАЦИЯ

о работе общероссийского научного семинара "Технология текстильных материалов"  
(АИН им. А.М. Прохорова) за 2002 год

- 24.01.02 Технология получения льняной бескруточной ровницы.  
*Ямщиков Антон Владимирович, аспирант кафедры ТМ и СМ*
- 28.02.02 Разработка технологии кольцевого способа получения ровницы.  
*Муравьева Галина Юрьевна, ассистент кафедры экономики отраслей*
- 28.03.02 Моделирование релаксационных явлений, протекающих в процессе шлихтования.  
*Ерохова Марина Сергеевна, аспирант кафедры ткачества*
- 25.04.02 Моделирование гибкости и прочности чесаного льна.  
*Киселева Марина Владиславовна, зам. начальника РИО*
- 28.11.02 Задачи САПР технологического режима процесса образования ткани.  
*Исаева Мария Владимировна, аспирант кафедры ВТ*
- 28.11.02 Исследование свойств льна-межеумка и обоснование метода прогнозирования его технологической ценности.  
*Федосова Наталья Михайловна, аспирант кафедры ТПЛВ*
- 5.12.02 Новый подход к получению фасонной пряжи.  
*Пищиков Олег Александрович, аспирант МГТУ*
- 26.12.02 Деформационные свойства льняной пряжи.  
*Общанская Ирина Вячеславовна, аспирант кафедры МТВМ*

Руководитель семинара д.т.н. проф. Лустгартен Н.В.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

---

Развитие научной работы студентов в Костромском государственном технологическом университете	3
P.V.Korabellnikov, A.V.Novikov	
STUDENT RESEARCH DEVELOPMENT AT THE KOSTROMA STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY	
R.V.Korabellnikov, A.V.Novikov	

### ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. Анализ деформации льняного волокна в валковой паре в целях оценки его свойств	5
A.V.Куликов, E.L.Папшин	
ANALYSIS OF FLAX FIBRE DEFORMATION IN ROLLER PAIR IN ITS CHARACTERISTIC EVALUATION PURPOSES	
A.V.Kulikov, E.L.Pashin	
2. Влияние тыльной кромки бильной планки на силу давления и натяжения пряди при трепании льна	8
A.Б. Лапшин, С.М. Вихарев, А.В. Безбабченко	
INFLUENCE OF BEATER PLATE REARED EDGE ON TENSION FORCE AND STRAND STRETCH DURING FLAX SCUTCHING	
A.V.Lapshin, S.M.Viharev, A.V.Bezbabchenko	
3. Изменение натяжения льняной пряжи при сновании	10
A.Б.Брут-Бруляко	
STRETCH FLAX THREAD CHANGE DURING WARP	
A.V.Brut-Brulyako	
4. О заполняемости паковки с медной проволокой	12
В.А.Копнин, Л.В.Сухова	
ABOUT COPPER WIRE PACKAGE FILLING	
V.A.Kopnin, L.V.Suhova	
5. Определение релаксационных параметров системы заправки ткацкого станка	13
М.С.Богатырева, А.Н.Ступников	
DEFINITION OF RELAXING PARAMETERS OF LOOM FILLING UP	
M.S.Bogatyreva, A.N.Stupnikov	
6. Исследование зависимости между геометрическими параметрами конической бобины при проектировании технологического процесса ткачества	15
А.А. Назаров, З.В. Брагина	
DEPENDENCE RESEARCH OF CONIC BOBBIN GEOMETRY PARAMETER IN WEAVING TECHNOLOGICAL PROCESS DESIGN	
A.A.Nazarov, Z.V.Bragina	
7. Влияние скорости выхода иглы из ленты на дробление волокон	18
С.А. Панасенко, В.Б.Симонов	
INFLUENCE OF RIBBON NEEDLE GOING ONT SPEED UPON FIBRE CRUSHING	
S.A.Panasenko, V.B.Simonov	

8. Влияние типа тормозка подвески на величину натяжения ровницы при сматывании ее с катушки в питающей рамке прядильной машины Б.А. Соркин, М.М. Бутовский INFLUENCE OF BRAKE BRACKET ON TENSION ROVING SIZE AT ITS TAKING-UP FROM BOBBIN IN SPINNING MACHINE NOURISHING FRAME B.A. Sorkin, M.M. Butovsky	21
9. Оптимизация технологических параметров формирования бескруточной ровницы, получаемой мокрым способом А.В. Ямщиков, П.Н. Рудовский, С.В. Палочкин TECHNOLOGIC PARAMETER OPTIMIZATION OF NONTWISTED WET-PRODUCED ROVE A.V. Yamshchikov, P.N. Rudovsky, S.V. Palochkin	23
10. Изменение свойств льняной пряжи при ее взаимодействии с пластинчатыми галевками Н.В. Лустgarten, Е.Ю. Старцева LINEN YARN QUALITY CHANGE IN ITS INTERACTION WITH PLATED HEDDLES N.V. Lustgarten, E.Y. Startzeva	26
11. Влияние неоднородности волокнистой ленты на процесс захлестывания С.Н. Разин INFLUENCE OF FIBROUS TAPE HETEROGENEITY IN SWAMP PROCESS S.N. Razin	28
12. Получение бескруточной пряжи двухвыюрковым способом Л.С. Ильин, С.Е. Проталинский UNROLLED JARN OBTAINING WITH BISCROLLED METHOD L.S. Ilyin, S.E. Protalyensky	30
13. Аналитическая зависимость силы натяжения слоя лубяного волокна при трепании как функция двух переменных Н.И. Коваленко ANALYTICAL DEPENDENCE OF FIBRE LAYER TENSION STRENGTH IN SCNTCHING AS TWO CHANGEABILITY FUNCTION N.I. Kovalenko	32
14. Модель дробления комплексов льняного волокна при механических воздействиях Р.В. Корабельников, А.Р. Корабельников, Д.А. Лебедев FLAX FIBRE COMPLEX CRUSHING MODEL IN MECHANICAL INFLUENCE R.V. Korabellnikov, A.R. Korabellnikov, D.A. Lebedev	34

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

1. Изменение свойств бескруточной льняной пряжи в паковке А.П. Болотный, Ю.Л. Папугин PROPERTY CHANGES OF NONTWISTED FLAX YARN IN PACKAGES A.P. Bolotny, Yu.L. Papugin	38
2. Об оценке усадочной способности кожаной ткани меха с учетом слоистости структуры И.А. Кучерова, Ж.Ю. Койтова ESTIMATION OF FUR SKIN SHRINKAGE CAPACITY TAKING IN TO ACCOUNT FLAKY STRUCTURE A.I. Kucherova, J. Yu. Koytova	39



3. Прогнозирование сминаемости льняных тканей  
Ю.А.Костюкова  
FORECASTING OF LINEN FABRICS CRUMPLING  
J.A.Kostyukova ..... 43

### ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И АППАРАТЫ

1. Инерционные характеристики основного рычажного тормоза новой конструкции и создаваемая им статическая составляющая натяжения основы  
О.А.Саввин, К.Б.Левин, А.М.Башлаков  
INERTIA CHARACTERISTICS OF NEW CONSTRUCTION MAIN LEVEL BRAKE AND MAKING ITS STATIC COMPOUND OF WARF TENSION  
O.A.Savvin, K.B.Levin, A.M.Bashlakov ..... 45
2. Разработка автоматизированной системы контроля и стабилизации технического состояния валичной кардочесальной машины  
В.А. Гусев, В.В. Сигачева, И.В. Морозова  
ELABORATION OF CONTROL AUTOMATIZATION SYSTEM AND ROLLER CARD-CORMED MACHINE CONDITION STABILIZATION  
V.A.Gusev, V.V.Segacheva, I.V.Morozova ..... 48
3. Несимметричные аэродинамические крутильные устройства  
И.А. Делекторская, А.А. Телицын  
ASYMMETRICAL AERODYNAMIC TWIST EQUIPMENT  
I.A. Delektorskaya, A.A. Telezin ..... 52
4. Обобщенный алгоритм автоматизированного проектного расчета рогулек  
Б.П.Балабаев, А.П.Соркин  
THE GENERALIZED ALGORITHM OF AUTOMATIZED DESIGN FLYER CALCULATION  
P.S.Balabaev, A.P. Sorkin ..... 54
5. Оценка изгибных колебаний выпускного цилиндра вытяжного прибора многофункциональной прядильной машины  
Е.П.Погонщикова, С.Н.Титов  
ESTIMATION OF MULTIFUNCTIONAL SPINNING MACHINE EXHAUST SET EXHAUST CYLINDER BEND VIBRATION  
E.P.Pogonshikova, S.N.Titov ..... 55
6. Восстановление работоспособности кулачковых валиков батанных коробок станков СТБ  
В.В. Данилов  
RECONSTRUCTION OF STB LOOM SLAY BOX CAM EFFICIENCY  
V.V. Danilov ..... 58
7. Расчет норм расхода запасных частей при проектировании машин  
В.П. Калашник  
CALCULATION OF SPARE PARTS EXPENSE NORMS IN MACHINE DESIGNING  
V.P. Kalashnik ..... 59
8. О захвате и самоторможении в валковых механизмах  
Л.Г. Городисский, Г.К. Кузнецов  
ABOUT CATCHING AND SELF-BRAKING OF ROLLER MECHANISMS  
L.G. Gorodissky, G.K. Kusnetsov ..... 62

9. Кинематика пространственных рычажных механизмов с вращательными и цилиндрическими кинематическими парами В.А.Мартышенко KINEMATICS OF SPATIAL LEVEL MECHANISMS WITH ROTARY AND CYLINDRICAL KINEMATIC PAIRS V.A.Martyshenko .....	64
10. Червячные передачи с вогнутым профилем витков червяка для привода вытяжного прибора универсальной самокруточной прядильной машины С.К. Миндовский, Г.М.Горячкин, Н.И.Филатова WORMED GEARS WITH WORM WIND CONCAVE PROFILE FOR MULNIPURPOSE AUTO-TWISTING SPINNER EXHAUSTING DEVICE DRIVE S.K. Mindovsky, G.M. Goryatchkin, N.Y. Filatova .....	68
11. Влияние погрешностей изготовления многовалкового механизма на колебания нагрузки в зоне контакта В.С.Петровский INFLUENCE OF MULTIROLLED MECHANISM MANUFACTURE ERRORS ON LOAD FLUCTUATIONS IN CONTACT ZONE V.S.Petrovsky .....	70
12. Расчетная формула крутящего момента аэродинамического вьюрка А.К. Наумов, А.Г. Шутова, Е.С. Хомяков CALCULATION FORMULA OF AIRODYNAMIC SCROLL TUBE TWISTED MOMENT A.K.Naumov, A.G.Shutova, E.S.Homyakov .....	74
13. Распределение напряжений и смещений внутри трещины на поверхности эластичного покрытия В.В. Фарукшин STRESS DISTRIBUTION AND DISPLACEMENT INSIDE CRACK ON ELASTIC COATING SURFACE V.V. Faroukshin .....	76
14. Математическая модель изнашивания ролика роликового натяжного прибора Г.К.Букалов MATHEMATICAL MODEL OF ROLLER STRETCH DEVICE ROLL WEAR G.K.Bukalov .....	78

### ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

1. Влияние механического и термического воздействия на структурные свойства сплава СrМ925 С.И.Галанин, Е.П.Гришина, О.А.Иванова, Ю.Л.Нельмина INFLUENCE MECHANICAL AND THERMAL AFFECT UPON OF SILVER M925 ALLOY STRUCTURE PROPERTIES S.I.Galanin, E.P.Grishina, O.A.Ivanova, Yu.L.Nellmina .....	81
2. Управление формой и направлением движения сливной стружки при резании металлов С.В.Михайлов, Д.С.Скворцов POUR CHIP MOVEMENT FORM AND DIRECTION DURING METAL CUTTING S.V.Mikhailov, D.S.Skvortzov .....	83

3. "Консервативная" модернизация устройств числового программного управления  
 В.В.Романов  
 "CONSERVATIVE" MODERNIZATION OF COMPUTER NUMERICAL CONTROL DEVICES  
 V.V.Romanov ..... 86

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1. Автоматизированный контроль качества фанеры методом звуковой диагностики  
 Е.В.Саликова, Б.А.Староверов, В.П.Чулков  
 PLYWOOD AUTOMATIC DIAGNOSTICS BY ACOUSTIC METHODS  
 E.V.Salikova, B.A.Staroverov, V.P.Chulkov ..... 90
2. Автоматический контроль и оптимизация положения слоя льнотресты с целью улучшения его пригодности к механической обработке  
 Ю.В. Дроздов  
 FLAX STOCK LAYER POSITION AUTOMATIC CONTROL AND OPTIMIZATION IN ORDER TO IMPROVE ITS SUITABILITY TO MECHANICAL PROCESSING  
 Yu.V.Drozhdov ..... 92
3. Библиотека классов для моделирования системы автоматического управления  
 В.В.Олоничев, М.В.Олоничева  
 CLASS LIBRARY FOR THE AUTOMATION CONTROL SYSTEM SIMULATION  
 V.V.Olonichev, M.V.Olonicheva ..... 94

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1. Матричное кодирование структуры трикотажа  
 В.Р. Крутикова, Л.А. Крутикова  
 JERSEY STRUCTURE MATRIX CODING  
 V.R.Krutikova, L.A.Krutikova ..... 99
2. Классификация сетевых атак  
 М.А.Ральников, А.В.Саблин  
 COMPUTER NETWORK ATTACK CLASSIFICATION  
 M.A. Ralnikov, A.V.Sablin ..... 101
3. Метод группирования объектов машиностроительного производства  
 А.Р.Денисов, С.А.Круглов  
 METHOD OF MACHINE-BUILDING MANUFACTURE PLANTS GROUPING  
 A.R. Denisov, S.A.Kruglov ..... 103
4. Информационная модель технологического процесса получения фанерного лущеного шпона  
 М.Г. Левин, Л.Г. Фокина, В.Б. Харченко  
 INFORMATION MODEL OF VENEER SHEET PRODUCTION TECHNOLOGICAL PROCESS  
 M.G. Levin, L.G. Fokina, V.B. Kharchenko ..... 105
5. Разработка метода фильтрации изображения при анализе пороков внешнего вида пряжи  
 А.С. Краснов  
 DEVELOPMENT OF PICTURE FILTRATION METHOD DURING YARN APPEARANCE DEFECT ANALYSIS  
 A.S.Krasnov ..... 108

## ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

1. О современных проблемах лесопользования в костромской области  
С.И.Кожурин, В.А.Дудин, В.В. Шутов  
MODERN PROBLEMS OF FOREST – UTILIZATION IN THE KOSTROMA REGION  
S.I.Kozhurin, V.A.Dudin, V.V.Shutov ..... 112
2. Использование теории смачивания для анализа качества облицовывания  
мебельных заготовок  
Т.Н. Вахнина  
APPLICATION OF MOISTENING THEORY FOR FURNITURE STORAGE FACING  
QUALITY ANALYSIS  
T.N. Vahnina ..... 115

## ПРОМЭКОЛОГИЯ

1. Экологическая оценка воздействия ОАО «Фанплит» на состояние окружающей среды  
В.Б.Соколов, С.В.Румянцев  
INFLUENCE ECOLOGY ESTIMATION OF LLC (LIMITED LIABILITY COMPANY) «FANPLIT»  
UPON ENVIROMENT CONDITION  
V.B.Sokolov, S.V.Rumyantseva ..... 117

## ОБМЕН ОПЫТОМ, КРИТИКА, КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

1. Ахен — центр производственной техники  
В.А. Садов  
ACHEN — THE MANUFACTURE TECHNOLOGY CENTRE  
V.A.Sadov ..... 120
2. Внимание, как связь сознания с объектом в процессе восприятия  
М.Г.Чайковская  
ATTENTION AS CONSCIONSNESS TIE WITH OBJECT IN PERCEPTION PROCESS  
M.G.Chaykovskaya ..... 123
3. Информация о работе семинара по текстильному машиноведению за 2002 год  
INFORMATION ABOUT WORK OF TEXTILE MACHINERY SCIENCE SEMINAR IN 2002 ..... 125
4. Информация о работе семинара по материаловедению производств текстильной  
и легкой промышленности за 2002 год  
INFORMATION ABOUT WORK OF TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY  
MANUFACTURE MATERIAL SCIENCE SEMINAR IN 2002 ..... 125
5. Информация о работе семинара о работе общероссийского научного семинара "Техноло-  
гия текстильных материалов" за 2002 год  
INFORMATION ABOUT WORK OF ALL-RUSSIAN SCIENCE SEMINAR  
"TECHNOLOGY OF THE TEXTILE MATERIALS" IN 2002 ..... 126

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Редакционно-издательский отдел просит авторов, направляющих статьи в "Вестник КГТУ", руководствоваться следующими правилами:

1. К публикации принимаются оригинальные исследования в виде статей и кратких сообщений, ранее не опубликованных в других изданиях.
  2. Рукопись статьи представляется в двух вариантах: печатном (на одной стороне белого стандартного листа А4 формата, отпечатанного на пишущей машинке или принтере шрифтом №14) и электронном (на дискете 3,5" в формате txt, rtf, Word, шрифт №10, гарнитура "Таймс", в шаблоне point, без табуляций, без архивирования). Печатный и электронный вариант должны быть идентичны. На дискете не должно быть других файлов, кроме файла статьи. Название файла обязательно указать на распечатке.
  3. Объем статей, включая таблицы и рисунки, не должен превышать 5 машинописных страниц. Материал излагается в следующей последовательности: УДК, название, инициалы и фамилии авторов, аннотация не более 8 строк, основной текст, выводы, библиографический список, инициалы и фамилии авторов на английском языке, название на английском языке.
  4. Иллюстрации (чертежи, графики, структурные схемы) выполняются чисто и четко черной тушью на белом листе. Размер рисунка не более 10х15 см. На обороте указывается номер рисунка, "верх", "низ". Название и все обозначения вносятся в текст в месте расположения рисунка, после ссылки на него. Все рисунки помещаются, не сгибая, в отдельный конверт, сопровождаются описью с указанием их номеров и названий. Вклеивать рисунки в текст недопустимо. Количество рисунков не должно превышать четырех. В электронном варианте допускается представить рисунок отдельным файлом в формате, совместимом с Word (все элементы рисунка должны быть сгруппированы).
  5. Таблицы в печатном варианте и электронном, если он создан в редакторе Word, даются полностью, с указанием номера таблицы (если она не одна) и ее названия. В электронном варианте, созданном в другом текстовом редакторе, в месте расположения таблицы указывается ее номер и название, далее каждая ячейка таблицы набирается отдельной строкой.
  6. В электронном варианте, созданном в Word, формулы набираются в редакторе формул. В печатный вариант статьи, набранный в формате, отличном от Word, формулы следует вписывать от руки крупно, четко и разборчиво, соблюдая соотношение размеров надстрочных и подстрочных индексов, показателей степени, прописных и строчных букв, особенно аккуратно вписывать сходные по начертанию буквы (h и n, l и e и т.д.), буквы греческого алфавита обводить красным кружком. Между текстом и формулой оставлять пустую строку.
  7. Литература должна быть приведена в конце статьи в виде библиографического списка по ГОСТ 7.1—84 "Библиографическое описание документа" в порядке упоминания ссылок в тексте статьи. Ссылки на литературный источник даются в тексте статьи в квадратных скобках (например: "В докторской диссертации профессора Бурнашева Р.З. [1] принята ...").
  8. Оригинал статьи в конце должен быть подписан автором (авторами). Здесь же надо указать почтовый адрес и номер контактного телефона.
  9. Дискету необходимо проверить на исправность и наличие вирусов.
  10. К статье прилагается заверенная выписка из протокола заседания кафедры с рекомендацией к публикации статьи в журнале.
- РИО оставляет за собой право производить литературное редактирование и корректуру рукописей.  
Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, возвращаются авторам.

Редакционно-издательский отдел КГТУ (к. 225)  
т. 57-82-68

## ВЕСТНИК КОСТРОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 7

*Рецензируемый периодический научный журнал*

Редактор	<i>Тройченко О.В.</i>
Редактор	<i>Донских Р.И.</i>
Компьютерная верстка	<i>Поповой Н.И.</i>

Лицензия на издательскую деятельность ИД № 06548  
выдана 16 января 2002 года Министерством РФ  
по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Подписано в печать 26.08.03. Формат бумаги 60х84/8.  
Печать трафаретная. Печ. л. 16,5. Усл.п.л. 15,3. Заказ 590. Тираж 125.

Редакционно-издательский отдел  
Костромского государственного технологического университета

156005, г. Кострома, ул. Державинского, 17